

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕСОВИХ ПРОЦЕСІВ

УДК 656.13:658.5

С. В. Білобловський

Національний транспортний університет

РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ МОДЕЛІ ОПЕРАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ ВАНТАЖНИХ АТП

На числовому прикладі проілюстровано результати впровадження моделі бюджетування операційної діяльності вантажних автотранспортних підприємств. Апробовано механізм практичного застосування моделі гнучкого планування граничних витрат під час вирішення завдань планування вартості послуг. У результаті проведених розрахунків визначено сценарні варіанти формування тарифів на основні види послуг, які надаються автотранспортним підприємством – відрядні та погодинні перевезення в прогнозованому часовому проміжку.

It is illustrated on figures example results of implementation of the Budgeting model of operational activity of cargo truck companies. It was approbation of application mechanism of model flexible planning of marginal costs during solving problems of fee's defining. It were defined scenario' variants of tariffs forming for the main services that are provided by cargo truck company – piece rate pay carriages and hourly pay carriages in projection time gap.

Ключові слова: бюджетування; модель гнучкого планування граничних витрат; формування тарифів на вантажні перевезення; визначення собівартості.

Вступ. Перехід вітчизняних підприємств до функціонування в умовах відкритого ринку вимагає принципово нового підходу до процесу управління їх діяльністю. У поточних умовах важливою детермінантою, яка визначає фінансовий стан суб'єктів господарювання, є стохастичний характер навколишнього середовища, тобто його невизначеність та мінливість. Тому для вірного прийняття управлінських рішень необхідно прогнозувати розміри витрат та надходжень з урахуванням вищенаведених чинників.

На цей момент у практиці функціонування АТП майже не застосовується методологічно виважене та обгрунтоване планування витрат як елемент фінансової стратегії розвитку. Як показало попередньо проведене вивчення проблеми, наразі поточне управління, а саме планування витрат операційної діяльності на переважній більшості вітчизняних АТП адекватним чином не здійснюється.

У зв'язку з цим виникла потреба у розробці адекватної методики бюджетування операційної діяльності на автомобільному транспорті.

Критичне вивчення літературних джерел показує, що в роботах таких фахівців, як З. І. Аксьонова, Н. Т. Белухі, А. Я. Коваленко, У. Ф. Палія, Е. В. Петрової, У. І. Шеметова, Н. Е. Чембер, Б. І. Хуцидзе та інших економістів розроблені окремі пропозиції і рекомендації з удосконалення обліку витрат, проте вони не вичерпують усю багатогранність згаданої проблеми на сучасному етапі розвитку виробничих сил в Україні. Більшість науковців приділяють увагу питанням загальнооблікового та методологічного характеру, без визначення приналежності досліджуваних елементів до умов конкретного бізнес-середовища, яке стосується автомобільних перевезень.

Невідповідність наявної обліково-калькуляційної практики сучасним вимогам менеджменту, недостатньо розроблена база методологічних аспектів обліку у сфері перевезень, необхідність дослідження новітніх та невирішених у цій галузі питань, пошук шляхів і засобів їх вирішення, майже повна відсутність вітчизняних наукових розробок з досліджуваної проблеми в сучасних умовах ринкового середовища визначає актуальність теми дослідження.

Постановкам завдання. Метою наукової роботи є удосконалення системи планування доходів та виробничих витрат основної (виробничої) діяльності вантажних АТП як засобу підвищення ефективності її функціонування.

Реалізація поставленої мети знайшла відображення у вирішенні ряду завдань, ключовими з яких можна виділити такі:

- розробка моделі формування виробничих бюджетів;
- проведення експериментального дослідження за моделлю та узагальнення отриманих результатів;
- розробка методичних вказівок із планування доходів та виробничих витрат на вантажних АТП.

Методологія. В основі теоретичної частини дослідження покладено загальнонаукові методи пізнання (діалектика, аналіз, синтез, системність, аналогія, історизм), методологічні засади системного підходу. Для вирішення поставлених завдань у роботі використовувались такі методи: функціонально-вартісний аналіз, економіко-математичне моделювання, зокрема такий числовий метод ймовірно-статистичного моделювання, як метод Монте-Карло.

Інформаційною базою дослідження служили нормативно-правові та акти ненормативного характеру України, інструктивні матеріали, які регламентують діяльність суб'єктів підприємництва, монографії, дані бухгалтерської, статистичної й управлінської

звітності підприємств, матеріали періодичної преси, інформаційні ресурси глобальної мережі даних Internet.

Розрахунки були здійснені з використанням функціоналу програмного комплексу @RISK (Et Pick) Palisade Risk Analyze (Пелісед Ріск Снелайз) (версія @Risk Professional Edition 4.5.7) – програмного середовища, розробленого для аналізу бізнес та технічних ситуацій, які наражаються на ризик. Техніки ризик-аналізу використовуються як потужний інструмент, який допомагає відповідальним особам успішно керувати ситуаціями, які мають ознаки невизначеності. Використання таких технік зазвичай обмежене через їх витратність, складність у використанні, необхідність мати виключні вимоги до розрахунків. Однак розвиток комп'ютерних технологій дав можливість використання таких технік серед широкого кола спеціалістів, які приймають рішення. Таке використання в кінцевому випадку стало можливим із програмним модулем @RISK – системою, котра принесла ці техніки в середовище стандартизованих розрахункових таблиць, Microsoft Excel. З використанням @RISK та Excel будь-яка ситуація, пов'язана з ризиком, може бути змодельована, від сфер бізнесу до науки та машинобудування. @RISK використовує власні можливості, що комбінуються з можливостями моделювання, які закладені в Excel. Виступаючи як вбудований модуль до Microsoft Excel, @RISK ув'язує Excel з можливостями Risk Analysis (Аналіз Ризиків, модуль компанії Palisade).

Програмний комплекс @RISK дає змогу визначати ймовірнісний розподіл даних, які задаються користувачем. Таке визначення здійснюється коли є набір даних, які являють собою базис для розподілу вхідних даних. Як приклад можна визначити розподіл ймовірностей для майбутніх даних на підставі існуючого ряду даних відповідного типу. Визначення розподілу ймовірностей здійснюється за допомогою програмного модуля Best Fit (Бест Фіт), який є пакетом програмного забезпечення, розробленим Palisade Corporation (Пелісед Корпорейшен).

Основні результати дослідження. Основні положення, що формують наукову новизну дослідження, полягають у такому:

- вперше розроблено модель формування виробничого бюджету в умовах вантажних автотранспортних підприємств, яка забезпечує планування доходів та витрат за центрами їх виникнення з урахуванням ймовірнісного характеру формування попиту на ринках транспортних послуг;

- надано наукове обґрунтування практичного застосування моделі бюджетування з використанням інструментарію функціонально-вартісного аналізу та методів стохастичного моделювання (зокрема, використано метод імітаційного моделювання Монте-Карло).

Розробляючи тему бюджетування операційної діяльності в умовах вантажних АТП наведено результати запровадження моделі, виходячи з визначених вихідних умов.

Для аналізу обрано дані фінансової, статистичної та управлінської звітності одного з автотранспортних підприємств, яке займається транспортним обслуговування будівельної галузі та розміщене у місті Києві (далі – Підприємство) за період, який складається з десяти звітних кварталів.

Важливим етапом експерименту є побудова статистичних законів розподілу значень обсягів перевезень (класифікованих за видами перевезень), заробітної плати водіїв та витрат на пальне.

Для кожного з елементів, які є вхідними даними для моделі, – виробничої програми, витрат матеріалів й витрат на оплату праці водіїв – були визначені параметри відповідних законів розподілу. Для відбору найбільш прийнятного закону розподілу кожного із вхідних параметрів використані відповідні критерії згоди. Зокрема, було здійснено розрахунки критеріїв згоди Андерсена-Дарлінга, Колмогорова-Смірнова та Пірсона, які були отримані за наслідками аналізу рядів даних таких елементів: обсяги перевезень (відрядний та погодинний принцип тарифікації), заробітна плата водіїв (у розрізі відрядних та погодинних перевезень) та витрати на пальне (у розрізі відрядних та погодинних перевезень).

Згідно з такими розрахунками, для характеристики природи поведінки обсягів перевезень (класифікованих за видами перевезень), заробітної плати водіїв та витрат на пальне найбільш прийнятним є нормальний закон розподілу.

Моделювання тарифів та суми прибутку здійснювалось у середовищі Microsoft Office Excel та програмного комплексу Palisade Risk Analyze. Під час розробки варіантів бюджету на наступний щодо базового року ми виходили із різного рівня виробничої програми підприємства, пов'язаної з виконанням підприємством функції постачальника транспортних послуг на будмайданчики столиці для холдингу, який контролює суттєву частину столичного ринку первинного житла. Такий підхід зумовлений тим, що діяльність підприємства переважно обумовлена метою його створення саме як обслуговуючої ланки при будівельному холдингу. Очевидно, що ключовими факторами, які впливають на показники діяльності підприємства, є показники будівельної активності холдингу. Сам тому, провівши дослідження на ринку будівництва у столиці, нами було прийнято рішення як ключові показники, які визначають та впливають на поведінку моделі діяльності підприємства, обрати такі показники: кількість метрів квадратних приміщень, які споруджуються за одиницю часу та приведений індекс вартості квадратного метра споруджуваних приміщень.

У межах обраних показників розглядалися такі стратегії:

- інтегральний показник темпу приросту цінового та натурального індексів є незмінним;
- інтегральний показник темпу приросту цінового та натурального індексів є негативним;
- інтегральний показник темпу приросту цінового та натурального індексів є позитивним.

Вплив інфляційних процесів розглядався за таких значень річного індексу інфляції: 9 % – мінімальний, 12 % – найбільш імовірний та 15 % – максимальний. Вибір саме цих значень обумовили результати проведеного аналізу тенденції динаміки індексу інфляції в Україні.

Таким чином, приймаємо такі коефіцієнти, які характеризують вплив інфляційних процесів та ключових показників, що визначають та впливають на поведінку моделі діяльності підприємства (коефіцієнти сценаріїв розвитку – L):

Коефіцієнт сценарію	Номер	1	2	3
	Значення (L)	1,00	0,85	1,15

Слід відмітити, що модель дає можливість варіювати абсолютними значеннями коефіцієнтів сценаріїв, а тому на цьому етапі пріоритетною метою дослідження є не розрахунок такого коефіцієнту, а врахування його в логіці побудови моделі.

Горизонтом прогнозу обрано часовий проміжок (у параметрах моделі – індекс « i »), який дорівнює чотирьом кварталам. Такий вибір обумовлений тим, що Підприємство має річний цикл у виконанні виробничої програми, і включивши до даних моделі чотири квартали ми максимально охоплюємо всі варіанти розвитку подій.

Часовий проміжок (квартал)	Номер	1	2	3	3
	Значення (i)	1	2	3	4

Натепер Підприємство надає два основних види транспортних послуг – перевезення, які тарифікуються за погодинним тарифом (грн/10 автогодин), та перевезення, які тарифікуються за відрядним тарифом (коп./10 т-км.).

Види послуг	Номер	1	2
	Значення (j)	Погодинні	Відрядні

Кількість реалізацій для моделювання вхідних параметрів визначалася за такою формулою:

$$N = \frac{t_{\alpha}^2 d(1-d)}{\varepsilon^2}, \quad (1)$$

$$t_{\alpha} = \frac{\varepsilon}{\sigma_x^-};$$

де ε – точність оцінки;

σ_x^- – середнє квадратичне відхилення величини $\bar{x}$;

d – частота настання випадкової події.

Кількість реалізацій розрахована при параметрах $t_{\alpha} = 1,96$, $d = 0,95$ та $\varepsilon = 0,01$ і становить 1 824.

Результати тарифу на відрядні перевезення за умови найбільш імовірного розвитку сценарію подано у табл. 1.

Таблиця 1. Величина тарифу на відрядні перевезення за умови найбільш імовірного розвитку сценарію, коп. / 10 т-км

j	1				
l	Коефіцієнт сценарію	1,00	1,00	1,00	1,00
i	Квартал	1	2	3	4
	Вантажообіг, тис. т-км	185,32	145,36	100,93	132,41
	ЗП водіїв, коп./10 т-км	12,35	13,01	12,84	14,02
	Пальне, коп./10 т-км	13,95	14,53	15,32	16,32
	Тариф на відрядні, коп. /10 т-км – повний	50,50	52,89	54,08	58,27
	Тариф на відрядні, коп. /10 т-км – маржинальний	36,81	38,55	39,42	42,47

Результати тарифу на відрядні перевезення за умови найбільш імовірного розвитку сценарію наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Величина тарифу на відрядні перевезення за умови несприятливого розвитку сценарію, коп. / 10 т. км

j	1				
l	Коефіцієнт сценарію	0,85	0,85	0,85	0,85
i	Квартал	1	2	3	4
	Вантажообіг, тис. т-км	157,52	123,56	85,79	112,55
	ЗП водіїв, коп./10 т-км	10,50	11,06	10,91	11,92
	Пальне, коп./10 т-км	11,86	12,35	13,02	13,87
	Тариф на відрядні, коп. /10 т-км – повний	42,93	44,96	45,97	49,53

Тариф на відрядні, коп. /10 т-км – маржинальний	31,29	32,77	33,51	36,10
---	-------	-------	-------	-------

Результати тарифу на відрядні перевезення за умови найбільш сприятливого розвитку сценарію наведено у табл. 3.

Таблиця 3. Величина тарифу на відрядні перевезення за умови несприятливого розвитку сценарію, коп. / 10 т-км

<i>j</i>	1				
<i>l</i>	Коефіцієнт сценарію	1,15	1,15	1,15	1,15
<i>i</i>	Квартал	1	2	3	4
	Вантажообіг, тис. т-км	213,12	167,16	116,07	152,27
	ЗП водіїв, коп./10 т-км	14,20	14,96	14,77	16,12
	Пальне, коп./10 т-км	16,04	16,71	17,62	18,77
	Тариф на відрядні, коп. /10 т-км – повний	58,08	60,82	62,19	67,01
	Тариф на відрядні, коп. /10 т-км – маржинальний	42,33	44,33	45,33	48,84

Результати тарифу на погодинні перевезення за умови найбільш імовірного розвитку сценарію наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Величина тарифу на погодинні перевезення за умови найбільш імовірного розвитку сценарію, коп. / 10 т-км

<i>j</i>	2				
<i>l</i>	Коефіцієнт сценарію	1,00	1,00	1,00	1,00
<i>i</i>	Квартал	1	2	3	4
	Автомобіле-години в роботі, тис.	65,21	72,23	68,54	74,25
	ЗП водіїв, грн/10 автогодин	85,32	86,56	87,30	90,56
	Пальне, грн/10 автогодин	48,60	62,35	68,98	71,52
	Тариф на погодинні грн/10 автогодин – повний	255,07	283,63	297,66	308,71
	Тариф на погодинні грн/10 автогодин – маржинальний	190,27	211,57	222,04	230,28

Результати тарифу на погодинні перевезення за умови найбільш імовірного розвитку сценарію наведено у табл. 5.

Таблиця 5. Величина тарифу на погодинні перевезення за умови несприятливого розвитку сценарію, коп. / 10 т-км

<i>j</i>	2				
<i>l</i>	Коефіцієнт сценарію	0,85	0,85	0,85	0,85
<i>i</i>	Квартал	1	2	3	4
	Автомобіле-години в роботі, тис.	55,43	61,40	58,26	63,11
	ЗП водіїв, грн/ 10 автогодин	72,52	73,58	74,21	76,98
	Пальне, грн/ 10 автогодин	41,31	53,00	58,63	60,79
	Тариф на погодинні грн/ 10 автогодин – повний	216,81	241,08	253,01	262,40
	Тариф на погодинні грн/ 10 автогодин – маржинальний	161,73	179,84	188,74	195,74

Результати тарифу на погодинні перевезення за умови найбільш сприятливого розвитку сценарію наведено у табл. 6.

Таблиця 6. Величина тарифу на погодинні перевезення за умови несприятливого розвитку сценарію, коп. / 10 т-км

<i>j</i>	2				
<i>l</i>	Коефіцієнт сценарію	1,15	1,15	1,15	1,15
<i>i</i>	Квартал	1	2	3	4
	Автомобілегодини в роботі, тис.	74,99	83,06	78,82	85,39
	ЗП водіїв, грн/ 10 автогодин	98,12	99,54	100,40	104,14
	Пальне, грн/ 10 автогодин	55,89	71,70	79,33	82,25
	Тариф на погодинні грн/10 автогодин – повний	293,34	326,17	342,31	355,02
	Тариф на погодинні грн/10 автогодин – маржинальний	218,81	243,31	255,35	264,83

У табл. 7–10 наведено узагальнені дані щодо результатів моделювання собівартості (базового тарифу) транспортних послуг Підприємства.

Таблиця 7. Величина повного тарифу на відрядні перевезення, коп. /10 т-км

Квартал Коефіцієнт сценарію	1	2	3	4
1,00	50,50	52,89	54,08	58,27
0,85	42,93	44,96	45,97	49,53
1,15	58,08	60,82	62,19	67,01

Таблиця 8. Величина маржинального тарифу на відрядні перевезення, коп. /10 т-км

Квартал Коефіцієнт сценарію	1	2	3	4
1,00	36,81	38,55	39,42	42,47
0,85	31,29	32,77	33,51	36,10
1,15	42,33	44,33	45,33	48,84

Таблиця 9. Величина повного тарифу на погодинні перевезення, грн/ 10 автогодин

Квартал Коефіцієнт сценарію	1	2	3	4
1,00	255,07	283,63	297,66	308,71
0,85	216,81	241,08	253,01	262,40
1,15	293,34	326,17	342,31	355,02

Таблиця 10. Величина маржинального тарифу на погодинні перевезення, грн/ 10 автогодин

Квартал Коефіцієнт сценарію	1	2	3	4
1,00	190,27	211,57	222,04	230,28
0,85	161,73	179,84	188,74	195,74
1,15	218,81	243,31	255,35	264,83

Висновки. У результаті проведеного дослідження щодо моделювання операційної діяльності вантажного автотранспортного підприємства був розроблений механізм практичного застосування моделі гнучкого планування граничних витрат для вирішення завдань планування вартості послуг. Такий механізм, як показує проведений аналіз функціонування систем подібного виду на підприємствах галузі, у результаті якого не було отримано достовірних даних щодо їх застосування, використано вперше.

Результатом функціонування розробленої системи є управлінські рішення щодо встановлення цін на транспортні послуги, прийняття або відмови від впровадження окремих проектів на підставі запропонованих множинних варіантів тарифів, які є похідними від визначених вхідних умов.

Авторська модель операційної діяльності дає змогу оперувати показниками тарифів двох типів – маржинального та повного. Перший вид тарифів дає відповідь на запитання щодо граничної економічної можливості надання певних видів послуг, нижче якої не вбачається за доцільне взагалі розглядати запропонований вид послуг як елемент продуктового ряду підприємства. Повний тариф дає змогу оцінити комплексний вплив запропонованого тарифу на діяльність підприємства, чи покриваються всі витрати, які пов'язані із забезпеченням надання певного виду послуги, – як прямі, так і опосередковані, однак визначені економічно-доцільним шляхом. Отримані тарифи визначають так звану нульову рентабельність, тобто формують собівартість послуги.

Модель у ході апробації оперує двома видами послуг – перевезення, які ґрунтуються на почасовій формі оплати, та перевезення, які ґрунтуються на відрядній формі оплати. Як результат було отримано тарифи в розрізі видів перевезень та з виділенням маржинальної і повної складових.

Так, на прикладі вантажного підприємства, умови та особливості функціонування якого детально розглянуто в ході роботи, було отримано такі результати:

- визначено сценарні варіанти формування тарифів на основні види послуг, які надаються автотранспортним підприємством – відрядні та погодинні перевезення в прогностичному проміжку до чотирьох кварталів;
- для забезпечення можливості розгорнутого аналізу структури собівартості, такі тарифи сформовано в розрізі як маржинальної, так і повної собівартості.

Наступним кроком розвитку наряду дослідження є визначення стратегії поведінки автотранспортного підприємства на ринку тих чи інших видів послуг, тобто формування реального тарифу на перевезення для замовників.

Література

1. Каплан Р., Нортон Д. Сбалансированная система показателей. – М.: Олимп-Бизнес, 2003. – 245 с.

2. Савчук В. Стратегическое целеположение и управление менеджментом. – Журнал «&Стратегии», февраль 2004, с. 8–16.
3. Миддлтон Д. Бухгалтерский учет и принятие финансовых решений : пер. с англ. / под ред. И. И. Елисеевой. – М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. – 408 с.
4. Радугин А. А. Основы менеджмента: учебное пособие для вузов. – М.: Центр, 1998. – 432 с.: ил.
5. Балабанов И. Т. Основы финансового менеджмента: учеб. пособие. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 528 с.: ил.
6. Белолипецкий В. Г. Финансы фирмы: курс лекций / под ред. И. П. Мерзлякова. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 298 с.
7. Вальтер О. Э., Понеделькова Е. Н., Корнилин Д. А. Финансовый менеджмент. – М.: Колос, 2002. – 176 с.: ил.
8. Ирвин Д. Финансовый контроль: пер. с англ. / под ред. И. И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 256 с.: ил.
9. Ковалев В. В. Управление финансами: учеб. пособие. – М.: ФБК-ПРЕСС, 1998. – 160 с. – (Серия «Академия бухгалтера и менеджера»).
10. Савчук В. П. Финансовый менеджмент предприятий: прикладные вопросы с анализом деловых ситуаций. – К.: Издательский Дом «Максимум», 2001. – 600 с.
11. Семь нот менеджмента / Бочкарев А., Кондратьев В., Краснова В. и др. / Под ред. Красновой В. и Привалова А.; изд. 5-е, доп. – М.: ЗАО «Журнал Эксперт», 2001. – 656 с.
12. Терещенко О. О. Фінансова діяльність суб'єктів господарювання: навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2003. – 554 с.
13. Друри К. Управленческий и производственный учет: учеб.; пер. с англ.; – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 1071 с.
14. Хруцкий В. Е., Сизова Т. В., Гамаюнов В. В. Внутрифирменное бюджетирование: Настольная книга по постановке финансового планирования. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 400 с.

УДК 519.866

В. О. Васильева,

к. ф.-м. н.

В. С. Гостинець,

Національний технічний університет України «КПІ»

ПРО ЗНАХОДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ КІНЕТИЧНОЇ МОДЕЛІ ІНФЛЯЦІЇ

Запропоновано підхід до знаходження кінетичних коефіцієнтів у кінетичній моделі інфляції, за допомогою якого можна оцінити рівень інфляції в наступному періоді. Чисельно показано, що кінетичні коефіцієнти різні для різних періодів, оскільки вони зв'язані зі швидкістю зміни індексу цін та ВВП у цьому періоді.

Approach for finding kinetic coefficients of kinetic model of inflation is presented. By this approach one could estimate level of inflation in next period. By numerical investigation it is shown that kinetic coefficients are different for different time periods, because they are connected with the velocity of price index and GDP change at the time period.

Ключові слова: інфляція, кінетична модель, кінетичні коефіцієнти.

Вступ. Інфляція є характерною практично для всіх ринкових економічних систем. Інфляція [1; 2] – це перепоповнення каналів обігу грошовою масою понад потреби товарообороту, що призводить до знецінення грошей. Серед головних причин інфляції є скорочення реального обсягу національного виробництва, зростання державних витрат, для фінансування яких держава застосовує емісію, збільшуючи грошову масу понад потреби товарообігу. Механізм виникнення інфляції відомий: загальний обсяг товарів зростає повільніше, ніж обсяг грошової маси, за яку їх можна придбати. Наслідками інфляції є скорочення реальних доходів населення, зростання дефіциту бюджету, неналежне фінансування бюджетних програм, зокрема соціально-економічних, що призводить до погіршення рівня життя.

Побудова та дослідження моделей, які описують інфляцію, сприяє кращому усвідомленню чинників, що впливають на темпи зміни індексу споживчих цін, а отже допомагають точніше підбирати антиінфляційні заходи. Цій темі присвячено чимало дослідницьких робіт [3–10]. Інфляції в економіці перехідного періоду присвячено роботи [6; 8; 9]. Для розвинутої економіки та для перехідної економіки моделі інфляції будуть різними через значну відмінність основних економічних характеристик.

У цій роботі ми досліджуємо кінетичну модель інфляції [9] на статистичних даних зміни індексу споживчих цін в Україні у 2003–2007 рр. з метою розробки методу знаходження кінетичних коефіцієнтів кінетичної моделі інфляції.

Постановка завдання. Класична теорія грошової рівноваги [11] пов'язує кількість M операційних грошей у номінальному виразі, швидкість обертання грошей v (кількість оборотів на рік), рівень реального споживання C та індекс цін P таким рівнянням:

$$Mv = CP. \quad (1)$$

Врахуємо зв'язок між валовим випуском Y та рівнем реального споживання C :

$$C = aY, a < 1. \quad (2)$$

Застосуємо експериментально виявлений факт [9] пропорційності частки заробітної плати W величині Y :

$$Y = bW, \quad (3)$$

причому для країн з розвинутою економікою коефіцієнт пропорційності $b = 2$, а для країн з перехідною економікою $b = 5$.

З рівнянь (1) та (2) випливає

$$P = \frac{Mv}{aY}. \quad (4)$$

Для грошової маси M у кінцевий момент T періоду, що розглядається, маємо

$$M(t) = M_0 + \Delta M(T), \quad (5)$$

де M_0 – грошова маса в початковий момент досліджуваного періоду; $\Delta M(T)$ – зміна грошової маси упродовж цього періоду.

Нехай частка $\delta < 1$ емісійних грошей $\Delta M(T)$ направляється в промисловий сектор для збільшення рівноважної зарплати W_0 . Із врахуванням (5) стаціонарні відношення (3) та (4) будуть мати вигляд:

$$P = \frac{M_0 + \Delta M(T)}{aY} v; \quad (6)$$

$$Y = b \left(W_0 + \frac{\delta \Delta M(T)}{P} \right).$$

У кожен момент часу зміна характеристик P і Y може бути описана системою диференціальних рівнянь. Ці рівняння можуть бути подані в кінетичній формі, в якій припускається, що швидкість відхилення параметрів P і Y пропорційна їх відхиленню від значення в початковий момент періоду T . Тоді на основі (6) маємо [9]:

$$\frac{dP}{dt} = -k_1 \left(P - \frac{M_0 + \Delta M(T)}{aY} v \right); \quad (7)$$

$$\frac{dY}{dt} = -k_2 \left(Y - bW_0 - \frac{b\delta \Delta M(T)}{P} \right),$$

де $k_{1,2}$ – кінетичні коефіцієнти; вони, як і параметри a , b , δ , v в кінетичній моделі інфляції є постійними значеннями для періоду, що розглядається. У разі переходу до безрозмірних величин відносно зміни ВВП: $y = Y/Y - 1$ і нормованого індексу цін $p = P/P_0$, де $Y_0 = bW_0$ та $P_0 = M_0v/aY_0$ – початкові значення ВВП та індексу цін, кінетичні рівняння приймуть такий вигляд:

$$\frac{dp}{dt} = -k_1 \left(p - \frac{1+m}{1+y} \right); \quad (8)$$

$$\frac{dy}{dt} = -k_2 \left(y - \frac{dm}{p} \right),$$

в якому $m = \frac{\Delta M}{M_0}$ – безрозмірна функція емісії. У моделі m може бути як сталою, так і функцією, залежною від часу.

Початкові умови для (8) фіксовані: $p(t_0) = 1$, $y(t_0) = 0$.

Система (8) нелінійна і в загальному випадку може бути розв'язана тільки числовими методами. Очевидно, що розв'язок системи залежить від коефіцієнтів $k_{1,2}$. Для застосування кінетичної моделі потрібно визначити процедуру знаходження кінетичних коефіцієнтів.

Методологія розв'язку. Для дослідження кінетичних коефіцієнтів використаємо дані зростання грошової маси, ВВП та інфляції за останні 5 років [12; 13] (табл. 1).

Таблиця 1

Рік	2003	2004	2005	2006	2007
Грошова маса, млн грн	95043	125801	194071	261063	396156
Індекс ВВП відносно попереднього року	1,096	1,121	1,027	1,073	1,073*
Індекс споживчих цін відносно попереднього року	1,082	1,123	1,103	1,116	1,166

Для знаходження кінетичних коефіцієнтів $k_{1,2}$ ми пропонуємо такий підхід.

Нехай p_0 , y_0 – значення функцій p , y для значення $t = t_0$ незалежної змінної. Значення p_1 , y_1 для $t = t_0 + h$ по – дані виразами

$$p_1 = p_0 + hp_0' + \frac{h^2}{2} p_0'';$$

$$y_1 = y_0 + hy_0' + \frac{h^2}{2} y_0''$$

за

$$\begin{aligned}
 p_0' &= f(t_0, p_0, y_0); \\
 y_0' &= g(t_0, p_0, y_0); \\
 p_0'' &= \left(\frac{df}{dt}\right)_0 + p_0' \left(\frac{df}{dp}\right)_0 + y_0' \left(\frac{df}{dy}\right)_0; \\
 y_0'' &= \left(\frac{dg}{dt}\right)_0 + p_0' \left(\frac{dg}{dp}\right)_0 + y_0' \left(\frac{dg}{dy}\right)_0.
 \end{aligned}$$

Таким чином, змінюючи початкові значення p_0, y_0 знаходимо значення рівня споживчих цін (табл. 2). Для кінетичної моделі інфляції (8) отримаємо:

$$\begin{aligned}
 p_1 &= p_0 + hp_0' + \frac{h^2}{2} p_0''; \\
 y_1 &= y_0 + hy_0' + \frac{h^2}{2} y_0''; \\
 p_0' &= -k_1 \left(p_0 - \frac{1+m}{1+y_0}\right); \\
 y_0' &= -k_2 \left(y_0 - \frac{md}{p_0}\right); \\
 p_0'' &= -k_1 \left(p_0' + \frac{(m+1)}{(y_0+1)^2} y_0'\right); \\
 y_0'' &= -k_2 \left(y_0' + \frac{md}{p_0^2} p_0'\right).
 \end{aligned} \tag{9}$$

Для знаходження кінетичних коефіцієнтів для періоду (t_0, t) знаходимо за допомогою числового інтегрування значення $p(t), y(t)$, виражені через невідомі $k_{1,2}$, величину зміни грошової маси m , індекс y_0 ВВП відносно попереднього періоду та індекс p_0 споживчих цін відносно попереднього періоду; прирівнюємо отримані вирази для $p(t), y(t)$ до відомих статистичних значень $p(t), y(t)$, розв'язуємо систему рівнянь і знаходимо невідомі $k_{1,2}$. Отримані значення наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Отримані значення кінетичних коефіцієнтів	2003	2004	2005	2006	2007
k_1	0,387	0,996	1,595	0,8254	0,7689
k_2	0,959	1,002	0,217	1,1226	0,5228

Очевидно, що кінетичні коефіцієнти не є постійними, а змінюються з часом. За допомогою знайдених для одного періоду (t_0, t_1) кінетичних коефіцієнтів ми спробували спрогнозувати зміни значення індексу цін для наступного періоду (t_1, t_2) . Для цього у формули (9) підставили знайдені $k_{1,2}$ та в усіх формулах збільшили індекси p та y на 1, – отримали формули для знаходження $p(t_2)$. Отримані прогнози значення наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Показники	2004	2005	2006	2007
Статистичне значення:	12,3	10,3	11,3	16,6
Отримані значення	10,5	14,3	12,7	13
Відхилення	1,8	4,0	1,4	3,6

З огляду на відхилення отриманих даних від статистичних можна зробити висновок: кінетичні коефіцієнти, обчислені за певний період, не завжди можна використовувати для прогнозу інфляції у наступному періоді (досить великі відхилення отриманих значень для 2005 та 2007 рр. від статистичних даних), але в певних випадках прогноз є доволі точним. Це свідчить про те, що інфляції притаманна інерційність – як правило, вона змінюється від періоду до періоду не різко. Наведений підхід можна використати для знаходження оцінки значення інфляції в наступному періоді.

Висновки. 1. Запропонований підхід до визначення числових значень кінетичних коефіцієнтів. У кінетичній моделі інфляції [9] числових значень кінетичних коефіцієнтів немає, а саме вони відповідають за швидкість зміни індексу споживчих цін. Отже, без методики знаходження значень коефіцієнтів кінетична модель інфляції становить суто теоретичний інтерес і не може бути застосована на практиці. Таким чином, за допомогою підходу, викладеного в цій роботі, кінетичну модель інфляції можна застосовувати не тільки для аналізу інфляції минулих періодів, а й для оцінювання майбутньої інфляції.

2. Встановлено, що кінетичні коефіцієнти з часом змінюються. Також встановлено, що в деяких випадках кінетичні коефіцієнти, обчислені для відомого періоду, можуть бути застосовані для знаходження оцінки зміни індексу цін у наступному періоді.

Для прогнозування інфляції за допомогою кінетичних коефіцієнтів слід модифікувати кінетичну модель, розглядаючи

кінетичні коефіцієнти не як постійні значення, а як функції, що залежать від часу.

Література

1. Ковалева А. М. Финансы [Текст]: учеб. пособие для студ. экономич. направлений и специальных ВУЗов / А. М. Ковалева. – 2-е изд. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 420 с.
2. Усов И. П. Деньги. Денежное обращение. Инфляция [Текст]: учеб. пособие для ВУЗов / И. П. Усов. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 544 с.
3. Белоусов Р. Инфляция: факторы, механизм, стратегия преодоления [Текст] / Р. Белоусов, А. Белоусов, Д. Белоусов // Экономист. – 1996. – № 4. – С. 39–46.
4. Zhang W. B. Economic Dynamics – Growth and Development. [Text] / W. B. Zhang // Springer, 1990. – 223 p.
5. Зоркальцев В. И. Измерители инфляции [Текст] / В. И. Зоркальцев // Экономика и мат. методы. – 1994. – Т. 30. – Вип. 3. – С. 60–67.
6. Матлин А. М. Особенности инфляционных процессов при переходе к рыночной экономике [Текст] / А. М. Матлин // Деньги и кредит. – 1993. – № 4. – С. 40–44.
7. Никитина Н. И. Инфляция и экономический рост – стандартная модель и современная реальность [Текст] / Н. И. Никитина // Вестн. Моск. ун-та. – Сер. 6. Экономика. – 2005. – № 2. – С. 3–12.
8. Смирнов А. Д. Инфляция или реформы: нелинейная модель переходной экономики [Текст] / А. Д. Смирнов // Проблемы прогнозирования. – 1995. – № 6. – С. 3–34.
9. Накоряков В. Е. Кинетическая модель инфляции [Текст] / В. Е. Накоряков, В. Г. Гасенко // Экономика и мат. методы. – 2004. – Т. 40. – Вип. 1. – С. 129–134.
10. Красавина Л. Н. Регулирование инфляции как фактор экономической стабильности. [Текст] / Л. Н. Красавина // Финансы и кредит. – 2007. – № 4. – С. 36–39.
11. Столерю Л. Равновесие и экономический рост [Текст] / Л. Столерю. // М.: Статистика, 1974. – 471 с.
12. Рівень інфляції в Україні [Електронний ресурс]: Національний банк України. – Електрон. дан. (1 файл). – 2008. – Режим доступу: <http://www.bank.gov.ua/Macro/index.htm>
13. Значення ВВП та грошової маси в Україні [Електронний ресурс]: Національний банк України. – Електрон. дан. (1 файл). – 2008. – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2005/vvp/vvp_ric/vvp_u.htm

Л. Ю. Гальчинський,

к. т. н., доц.

І. А. Веремко,

Національний технічний університет України «КПІ»

ФАКТОРНИЙ АНАЛІЗ ФОРМУВАННЯ ЦІН НА СВІТОВОМУ РИНКУ НАФТИ

Присвячено визначенню та системному аналізу факторів розвитку світового ринку нафти, стан якого прямо впливає на ринок нафти України. Визначено фактори, які впливають на світовий попит та пропозицію нафти, а також на рівень та динаміку світових цін. Проведено факторний аналіз та визначено вплив факторів на ситуацію на світовому ринку нафти.

This publication is dedicated to the determination and system analysis of factors of the world oil market development, which determines the state of the Ukrainian oil market. The authors determine factors, which influence the formation of the world demand and supply of oil and also analyze the dynamic of world oil prices. The authors used the factor analysis and determined factor's influence to the world oil market situation.

Ключові слова: ринок нафти, світові ціни, факторний аналіз, мультиплікативна модель.

Вступ. Розвиток світового ринку нафти головним чином визначається факторами, що формують світовий попит на нафту та її пропозицію. Індикатором стану цього ринку є рівень світових цін на нафту, який залежить від попиту та пропозиції, а також характеризується значною мінливістю і нестабільністю – цінові коливання у різні періоди є досить значними, обумовлені впливом тих чи інших факторів [1].

Розглянемо ситуацію на ринку нафти за останні 5 років (рис. 1). До 2004 р. ціни на нафту були досить стабільними та перебували на рівні 24-29 дол. США за барель. Але, починаючи з 2004 р. динаміка цін різко змінилася: ціни почали стрімко зростати, демонструючи щорічний приріст на рівні 70–90 % (за рахунок впливу обмежень виробництва нафти країнами ОПЕК, за одночасних високих темпів приросту світової економіки). У кінці 2006 р. спостерігалось зниження ціни та певна стабілізація ситуації на ринку (такі тенденції пояснювались збільшенням видобутку нафти та значними обсягами накопичених запасів нафти та нафтопродуктів), проте вже у 2007 р. розпочалось значне зростання цін, що відбулося, насамперед, через значне зниження курсу американської валюти, а також присутності на ринку значної частини капіталу та зростанням попиту на нафту з боку країн, що розвиваються, зокрема Китаю. Так, з початку 2007 р. до липня 2008 р. ціна на сирі нафту підвищилася більше ніж у 2,5 рази. Історичного максимуму ціна за 1 барель сирої нафти досягла в середині липня 2008 р. та склала 143,3 дол. США, після чого відбулось її різке зниження – за два місяці, з липня по вересень 2008 р., відбулось здешевлення сирої нафти на 36 %, до 91–94 дол. США / барель [2–4].

Постановка завдання. Оскільки економіка України як країни з ринковою економікою значною мірою інтегрована у світову економічну систему, то вплив світових факторів на внутрішній стан ринку нафти і нафтопродуктів очевидний. Таким чином, регулювання внутрішнього ринку неможливе без оцінок факторів та тенденцій на світовому ринку. Тому завдання кількісного оцінювання факторів, які впливають на світові ціни на нафту, є надзвичайно актуальним. У цій роботі вибрані узагальнені фактори, які впливають на світовий ринок нафти, котрі можна зобразити у вигляді схеми (рис. 2). Цей вибір частково ґрунтується на експертному аналізі, наведеному у роботі [1]. Вплив факторів у кожен момент часу різний, тому для побудови факторної моделі краще використовувати невеликі періоди часу (у нашому випадку використовується розбиття на квартали).

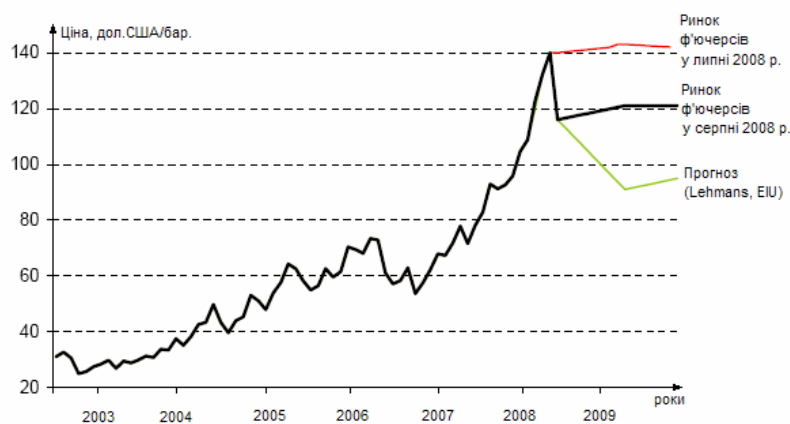


Рис. 1. Динаміка світових цін на нафту (марка Brent), починаючи з 2003 р. (враховуючи прогнози на 2008–2009 рр.), дол. США / барель [4]

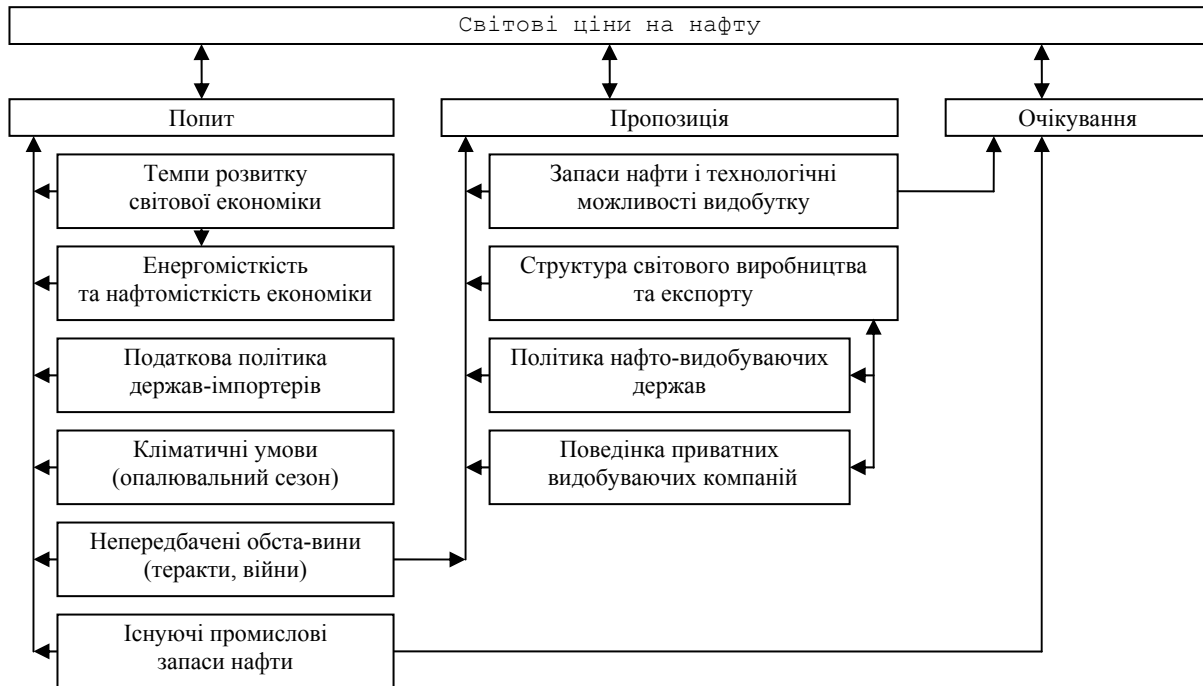


Рис. 2. Основні фактори світового ринку нафти та їх вплив на динаміку світової ціни на нафту (у вигляді схеми)

Методологія дослідження. Методологією дослідження у цій роботі обрано факторний аналіз, точніше інтегральний факторний метод, який передбачає визначення миттєвої швидкості «плавного» переходу рівнів у попередніх відрізках часу до рівнів у наступні відрізки звітного періоду, а потім агрегування моментних темпів росту й абсолютних приростів на інтервальні. Нехай задано функцію зміни результативного показника від факторів

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_m),$$

де x_j – фактори ($j = \overline{1, m}$); y – результативний показник.

Значення факторів x_j відомі у кожні n моментів часу, таким чином, можна подати наявні значення у вигляді матриці:

$$\begin{pmatrix} x_1^1 & x_2^1 & \dots & x_m^1 \\ x_1^2 & x_2^2 & \dots & x_m^2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_1^n & x_2^n & \dots & x_m^n \end{pmatrix},$$

де x_j^i – значення j -го фактора в момент i ($j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}$).

Кожен рядок матриці відповідає вектору в m -вимірному просторі, перший та останній рядки – початковому та кінцевому звітним періодам. Точкам M_i (i -й рядок матриці) у m -вимірному просторі відповідають значення функції y^i .

Розглянемо різницю $y_j^{i+1} - y_j^i = \Delta y_j^i$ ($i = \overline{1, n-1}$), кожне значення Δy^i необхідно подати у вигляді суми:

$$\Delta y^i = \Delta y_1^i + \Delta y_2^i + \dots + \Delta y_m^i,$$

де Δy_j^i – вплив j -го фактора на результативний показник за період, що пройшов з моменту часу i до моменту часу $i+1$ ($i = \overline{1, m-1}, j = \overline{1, m}$).

Траєкторії зміни факторів між кожною сусідньою парою моментів часу відомі, тобто відомо $n-1$ траєкторій L_i . Тоді вважатимемо, що вплив j -го фактора у період між моментами часу i та $i+1$ визначається формулою [7]:

$$\Delta y_j^i = \int_{L_i} f'_{x_j}(x_1, x_2, \dots, x_m) dx_j, \quad (1)$$

де $f'_{x_j}(x_1, x_2, \dots, x_m)$ – часткова похідна функції f за змінною x_j .

Нехай фактори x_j у мультиплікативній моделі $y = x_1 x_2 \dots x_m$ приймають тільки два якісних рівні: x_j^0 та x_j^1 ($j = \overline{1, m}$). Незалежні фактори з моменту часу 0 до моменту часу 1 змінюються пропорційно один одному, а саме по прямій, яка

з'єднує дві точки у m -вимірному просторі ($x_j = x_j^0 + (x_j^1 - x_j^0)t$, де $j = \overline{1, m}$ та $0 \leq t \leq 1$), тоді внесок відповідного фактора у зміну результативного показника буде визначатися формулою [7]

$$\Delta y_j = (x_j^1 - x_j^0) \int_0^1 \prod_{\substack{k=1 \\ (k \neq j)}}^m (x_k^0 + (x_k^1 - x_k^0) \cdot t) dt \quad (2)$$

або

$$\Delta y_j = \Delta x_j \int_0^1 \prod_{\substack{k=1 \\ (k \neq j)}}^m (x_k^0 + \Delta x_k \cdot t) dt.$$

Результати дослідження. Для того, щоб визначити, які саме фактори впливають на стан світового ринку нафти, необхідно визначити початкові умови (середні ціни на ринку за періодами). За базові ціни беремо середньозважені ціни на нафту марки Brent [3], з кроком 1 квартал (табл. 1).

Таблиця 1. Динаміка світових цін на нафту (марка Brent) [3]

Період	I квартал	II квартал	III квартал	IV квартал
2002	21,30	24,90	26,91	26,63
2003	31,62	26,01	28,22	29,27
2004	31,78	35,30	40,60	44,63
2005	47,74	51,56	61,20	57,02
2006	61,71	69,48	69,89	59,73
2007	57,51	68,79	74,46	88,88
2008	98,22	121,29	118,29	90,00*

*Середня ціна станом на 10.10.2008 р.

Формуємо матрицю факторів, які впливають на ціну. Відповідно до схеми, розглянутої вище, найвпливовішими є такі фактори:

- 1) темпи розвитку світової економіки (від чого прямо залежить нафтомісткість економіки);
- 2) структура світового виробництва та експорту (яка корелює з політикою нафтовидобувних держав та компаній), розглядаємо вплив обсягів видобутку за наявних запасів нафти і технологічних можливостей видобутку;
- 3) наявні промислові запаси нафти та політика держав – утримувачів стратегічних резервів;
- 4) спекулятивний фактор (дії приватних компаній на ринку ф'ючерсів, який визначає сподівання покупців);
- 5) кліматичні умови (сезонний фактор);
- 6) непередбачені обставини (війна у стратегічних регіонах видобутку нафти, природні катаклізми).

Для проведення факторного аналізу було застосовано один з різновидів його – метод головних компонент. Найпоширеніші алгоритми факторного аналізу – метод головних компонент (principal component analysis, PCA) і розкладання за сингулярним значенням (singular value decomposition, SVD) [6]–[7]. Метод головних компонент (МГК, в ай пошвній літературі – principal component analysis, PCA) – один із найпоширеніших методів факторного аналізу. Суть методу складається в декомпозиції матриці даних X і поданню її у вигляді добутку двох матриць: T (матриця рахунків, scores) і P (матриця навантажень, loadings):

$$X = TP^T,$$

що, по суті, є переходом до нових змінних. З метою виявлення впливу факторів на предмет аналізу використовуємо ретроспективний аналіз чинників, а саме – за допомогою використання методу обертання, що максимізує дисперсію (маємо зворотний зв'язок, який уточнює вплив факторів).

Для реалізації використано пакет аналізу даних Statistica 6.0.

Таблиця 2. Матриця факторних навантажень (за головними компонентами)

Фактор	1	2	3	4	5	6
1	0,816943	0,389864	0,159049	0,129331	-0,060035	-0,367400
2	0,442519	-0,715745	-0,170718	-0,366682	-0,351842	-0,067031
3	-0,326557	0,559595	-0,728769	-0,177893	-0,112985	-0,068546
4	0,774453	0,015046	-0,146660	-0,442102	0,422844	0,065088
5	-0,768079	-0,479231	-0,081688	-0,052946	0,274902	-0,308780
6	0,507125	-0,391946	-0,476282	0,592035	0,101592	0,039137

Проведений аналіз дає змогу виокремити чинники, які мають найбільш вагомий вплив на ціноутворення та здійснити їх ранжування: темпи розвитку світової економіки (1-й фактор), структура світового виробництва та експорту (2-й фактор) та спекулятивні дії (4-й фактор). У вигляді діаграми ці фактори зображено на рис. 3.

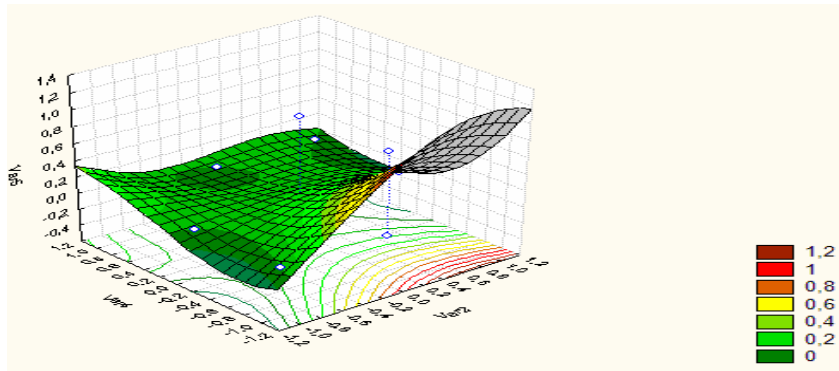


Рис. 3. Діаграма факторних навантажень

Після підстановки отриманих даних маємо матрицю результатуючих показників, які порівнюємо з початковими даними (табл. 3).

Таблиця 3. Динаміка світових цін на нафту (марка Brent) після застосування факторного аналізу

Період	I квартал	Відхилення, %	II квартал	Відхилення, %	III квартал	Відхилення, %	IV квартал	Відхилення, %
2002	21,30	0,0	22,30	-10,5	24,30	-9,7	26,30	-1,3
2003	28,30	-10,5	32,30	24,2	34,30	21,5	36,30	24,0
2004	42,30	33,1	46,30	31,2	50,30	23,9	52,30	17,2
2005	50,30	5,3	52,30	1,4	52,30	-14,5	52,30	-8,3
2006	60,30	-2,3	64,30	-7,5	68,30	-2,3	68,30	14,4
2007	68,30	18,8	76,30	10,9	86,30	15,9	92,30	3,8
2008	96,30	-2,0	102,30	-15,7	100,30	-15,2	100,30	11,4

Графічно результати зображено на діаграмі (рис. 4).

Як бачимо, факторний аналіз досить точно показує загальні тенденції ринку нафти та нафтопродуктів. Проте, оскільки більшість факторів впливають на ринок у довгостроковій перспективі, на окремих періодах, на яких виникає різке подорожчання або зниження цін, запропонована модель не може відобразити такої динаміки та характеризується певною інерційністю. Таким чином, з метою вдосконалення моделі у майбутньому пропонується розширити ряд факторів, що використовуються в аналізі, провести їх більш детальне ранжування та зменшити крок до щомісячного (щотижневого).

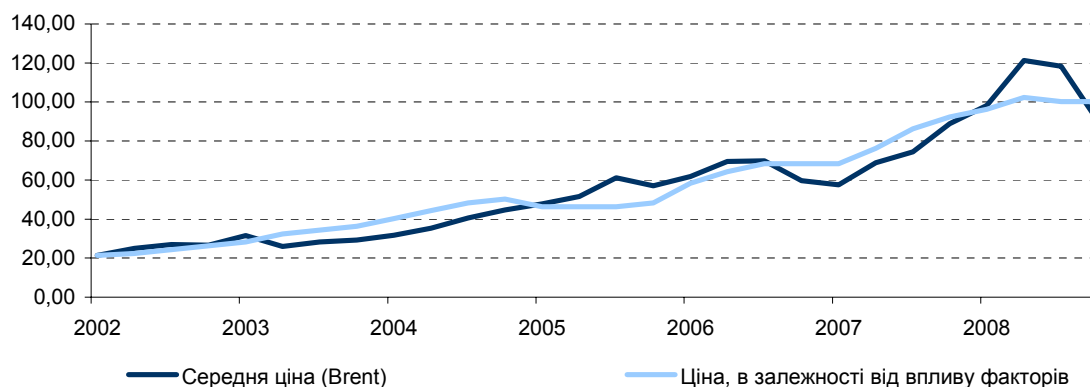


Рис. 4. Результати факторного аналізу

Висновки. Отже, у поданій роботі авторами запропоновано новий підхід до виявлення та узагальнення чинників, які впливають на процес ціноутворення на світовому ринку нафти. Новизна підходу ґрунтується на кількісному системному оцінюванні цін на ринку нафти і нафтопродуктів, а саме шляхом застосування інтегральної факторної моделі було проведено ретроспективний аналіз чинників ціноутворення та виявлено їх мультиплікативний вплив на предмет аналізу.

Результати дослідження дають змогу стверджувати, що найбільш впливовими факторами на світовому ринку нафти є світовий попит та пропозиція нафти, які, у свою чергу, залежать від темпів росту світової економіки, структурних характеристик світового виробництва та експорту нафти, політикою нафтовидобувних держав (квотування обсягів видобутку) та політикою країн-імпортерів (переважно, податковою), а також кліматичними умовами і подіями випадкового характеру. На короткострокові коливання цін впливають очікування тих чи інших подій, проте у довгостроковій перспективі їх вплив нівелюється. Загалом, використовуючи факторний аналіз, можна визначити тенденції подальшого

розвитку ринку та розробити рекомендації стосовно його стабілізації або поживлення.

Література

1. Бобылев Ю. Н., Четвериков Д. Н. Факторы развития рынка нефти [Текст] / Научные труды; Институт экономики переходного периода. – № 100Р. – М.: ИЭПП, 2006. – 179 с. – ISBN 5-93255-210-7.
2. OPEC Annual Report 2007 [Електронний ресурс] : Organization of the Petroleum Exporting Countries, Public Relations and Information Department. – Електрон. дан. (1 файл). – 2007. – Режим доступу: www.opec.org – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. World Crude Oil Prices [Електронний ресурс] : Energy Snformation Administration. – Електрон. дан. (1 файл). – 2008. – Режим доступу: http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_wco_k_w.htm. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Financial Forecast Presentation of the industry outlook based on IATA's financial forecast to 2008 [Електронний ресурс] : International Air Transport Association. – Електрон. дан. (1 файл). – 2008. – Режим доступу: http://www.iata.org/whatwedo/economics/industry_outlook.htm. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Брейли Р. Принципы корпоративных финансов [Текст] / Р. Брейли, С. Майерс. // Пер. з англ. М. В. Беловой и др. – М.: «Олимп-Бизнес», 1997. – 1120 с. – ISBN 5-901028-01-5.
6. Комаринський Я. Фінансово-інвестиційний аналіз [Текст] / Я. Комаринський, І. Яремчук. – К.: «Українська енциклопедія» ім. М. П. Бажана, 1996. – 304 с. – ISBN 5-7763-9829-0.
7. Салимов Л. Н. Интегральный анализ региональной инвестиционной активности [Електронний ресурс] / Л. Н. Салимов, Д. А. Роганов : Вестник ТИСБИ. – № 2. – 2005. – Електрон. дан. (1 файл). – 2006. – Режим доступу: <http://www.tisbi.ru/science/vestnik/2005/issue2/MatMet22.html> – Назва з домашньої сторінки Інтернету.

УДК 331.5.024.5:519.2

Ю. П. Матусов

Д. С. Дмитрієв

О. О. Леонова

Національний технічний університет України «КПІ»

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ОЦІНКИ СТАНУ ОСВІТНЬОГО РИНКУ ПРАЦІ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ ІНДИКАТОРІВ*

Досліджуються деякі задачі побудови інтегрального показника ефективності роботи вищого навчального закладу (ВНЗ) на освітньому ринку праці України з використанням факторного аналізу та експертних оцінок.

Індикатори інтегрального показника ефективності роботи ВНЗ розраховуються методом Бартлетта-Томсона в умовах імітаційного моделювання важелів освітнього ринку праці.

Some problems of the building an integral index of the efficacy work of a higher educational institution (HEI) in an educational market of the labour of Ukraine are investigated with using factor analysis and expert estimations.

Integral index indications of the efficacy HEI's work are calculated by Bartlett-Thomson method in condition of the simulation a predominating values of an educational market of the labour.

Ключові слова: індикатор, інтегральний показник, факторна регресія, оцінка ефективності, експертна оцінка, ринок праці, освіта.

Вступ. Подальше реформування вищої освіти в Україні передбачає: розширення та комплексне вирішення завдань і вдосконалення системи вищої освіти; регулювання чисельності і спеціалізації закладів освіти; забезпечення структурних змін і розвитку недержавного сектора вищої освіти; доцільна автономія вищої освіти у межах державного управління; підвищення фахових вимог до викладачів; розширення творчих зв'язків із закордонними закладами вищої освіти; інтеграція у європейський освітній простір; посилення науково-конструктивної взаємодії вузів і суб'єктів господарювання; запровадження чітких вимог і критеріїв щодо підвищення якості та ефективності системи вищої освіти. Наслідком цього мають бути не тільки зростаючі темпи і масштаби розвитку, але й певні якісні зміни в структурі суспільства, підвищення ефективності економіки. Що стосується ролі держави, то слід підкреслити її значення у довгостроковому прогнозі структури попиту на ринку освітніх послуг, оскільки комерційні інтереси орієнтовані переважно на досягнення

* Робота пов'язана з науковою роботою кафедри ММЕС НТУУ «КПІ»: «Теоретично-методологічні положення щодо визначення та оцінки індикаторів ринку праці в Україні; моделювання шляхів розвитку» (тема № 2958 ф, держ. реєстр. № 0106U002066, КВНТД П.2.29.02.02).

короткострокових ефектів [1].

У прогнозуванні якісних показників освітнього ринку праці для ефективності роботи ВНЗ широко застосовуються експертні оцінки [1; 2] оскільки немає шкал порівнянь якості щодо освіти.

Отже, методи рангової кореляції [3] у цій області прогнозувань набувають значення, що являє собою ледь не єдиний шлях узагальнення експертних оцінок, як в окремих [4], так і в комплексних задачах [5; 6].

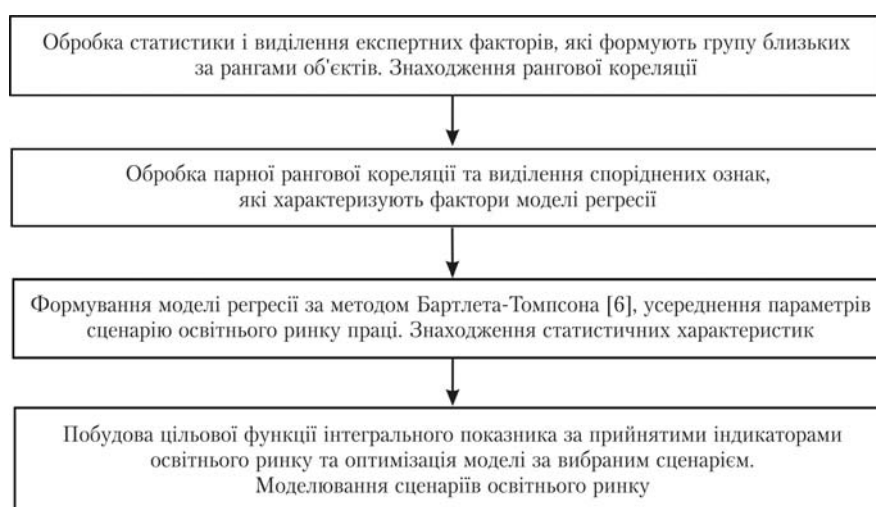
Методи оптимізації швидкозмінної цільової функції (інтегрального показника якості) у таких випадках дають змогу розв'язувати задачі на запропонованих сценарних моделях освітнього ринку праці [6].

Постановка завдання. Якщо розглядається ряд об'єктів у відповідності з деякою латентною ознакою, то така впорядкованість називається *ранжуванням* [3]. Кожному об'єкту в такому ряду надається ранг за класифікатором. Тоді необхідну степінь відповідності між двома послідовностями порядкових оцінок виявляє коефіцієнт рангової кореляції (τ) за Кенделом. Абсолютне значення коефіцієнта кореляції τ за Кенделом відображає відповідну групу споріднених ознак, за якими можна будувати відповідні сценарії розвитку освітнього ринку праці.

Знайшовши, таким чином, споріднену групу ознак, можна розрахувати і числові модельні сценарії розвитку освітнього ринку праці.

Методологія. Теоретичну основу розв'язку задачі становить методика, яка вказана у роботі [4], а методологія є у використанні порівняльного аналізу та логічного узагальнення інформації на основі системного підходу.

Будову моделі отримання розрахунків можна подати у вигляді схеми:



Побудову прогнозовної моделі починаємо з обробки експертної статистики для класичних і технічних навчальних закладів по відношенню, наприклад, до НТУУ «КПІ» [1].

Блок економічних експертних показників освітнього ринку.

Для десяти номерів $I = (1\ 2\ 3\ 4\ 5\ 6\ 7\ 8\ 9\ 10)^T$ номери рейтингових індексів якості навчальних закладів мають такі найменування:

1. Індекс міжнародного визнання навчального закладу.
2. Індекс національного визнання навчального закладу.
3. Індекс доступу до організаційної структури та управління вищої освіти з боку навчального закладу.
4. Індекс науково-педагогічного потенціалу навчального закладу.
5. Індекс відтворення науково-педагогічного потенціалу.
6. Індекс інтеграції науки та вищої освіти навчального закладу.
7. Індекс результативності підготовки фахівців у навчальному закладі.
8. Індекс фінансового забезпечення навчального закладу.
9. Індекс інформаційного забезпечення навчального закладу.
10. Індекс навчальної та соціальної інфраструктури навчального закладу.

Припустимо, що за цією кількістю індексів (10 індексів) формується якість освіти навчального закладу. Прийнята модель ранжування відповідає тематичним напрямам, узагальнює характеристики тематичних напрямів навчального закладу і рекомендується для порівнянь у межах тематичного напрямку. Щоб кожний індекс відповідав деякому фактору, необхідно виділити близьку за деякою ознакою групу навчальних закладів, для якої кожний індекс мав би відповідну шкалу оцінок. Такою ознакою може служити ранговий коефіцієнт кореляції τ за Кенделом.

Результати дослідження. Нехай $C1 = (60\ 49\ 2\ 99\ 23\ 77\ 17\ 80\ 1)^T$ – експертні рейтингові індекси якості оцінки НТУУ «КПІ», а $C1 = (51\ 2\ 16\ 20\ 33\ 79\ 17\ 23\ 90\ 5)^T$ – експертні рейтингові індекси якості оцінки КДУ імені Тараса Шевченка. Тоді підрахунок парної рангової кореляції за Кенделом відповідає алгоритму, після виконання якого можна утворити споріднену групу навчальних закладів:

1. Виявляється тенденція балів рейтингу за кожним індексом:

1-2 1-3 1-4 1-5 1-6 1-7 1-8 1-9 1-10

+1 +1 -1 +1 +1 +1 +1 +1 +1

2-3 2-4 2-5 2-6 2-7 2-8 2-9 2-10

-1 +1 -1 +1 -1 -1 +1 -1

3-4 3-5 3-6 3-7 3-8 3-9 3-10

+1 +1 +1 +1 +1 +1 +1

4-5 4-6 4-7 4-8 4-9 4-10

-1 -1 +1 -1 -1 +1

5-6 5-7 5-8 5-9 5-10

+1 +1 +1 +1 +1

6-7 6-8 6-9 6-10

+1 +1 +1 +1

7-8 7-9 7-10

+1 +1 +1

8-9 8-10

+1 +1

9-10

+1.

2. Підраховуються додатні та від'ємні тенденції:

$N = 45$ – загальна кількість значень,

$N1 = 35 - 10$ – різниця у тенденціях балів рейтингу.

3. Визначається рангова кореляція:

$$r := \frac{N1}{N} = r = 0,556. \text{ Рангова кореляція } \tau = 0,556.$$

4. Формується споріднена група навчальних закладів.

Навчальні заклади об'єднуються у споріднену групу, якщо мають близький коефіцієнт кореляції. Степінь близькості за Кенделом утворюється, коли $\tau > 0,25$.

Розрахунок усіх значень парної рангової кореляції виконується за програмою. Після повного визначення коефіцієнта τ відокремлюються близькі за якістю освіти, у сенсі рангової кореляції τ ($\tau = 0,28 - 0,56$), такі навчальні заклади (по відношенню до НТУУ «КПІ» з рейтинговими індексами якості – $C1 := (60 \ 49 \ 2 \ 99 \ 23 \ 77 \ 17 \ 17 \ 80 \ 1)^T$):

1. Київський національний університет імені Тараса Шевченка ($\tau = 0,556$).

2. Запорізька державна інженерна академія ($\tau = 0,556$).

3. Херсонський державний університет ($\tau = 0,556$).

4. Національна металургійна академія України ($\tau = 0,467$).

5. Запорізький національний університет ($\tau = 0,422$).

6. Одеський національний університет ім. І.І.Мечникова ($\tau = 0,422$).

7. Кіровоградський державний технічний університет ($\tau = 0,422$).

8. Національний університет «Києво-Могилянська академія» ($\tau = 0,356$).

9. Криворізький державний технічний університет ($\tau = 0,333$).

10. Донецький національний університет ($\tau = 0,333$).

11. Харківський національний університет радіоелектроніки ($\tau = 0,289$).

Тепер доцільно проаналізувати звичайні кореляційні співвідношення між цими факторами на предмет мультиколінеарності та наявності значних кореляційних зв'язків.

Отже, близькі індекси (як фактори) по відношенню до НТУУ «КПІ» (із степінню близькості $\tau = 0,289 - 0,556$) мають такий вигляд:

$$I1 := (60 \ 51 \ 71 \ 66 \ 67 \ 84 \ 25 \ 92 \ 87 \ 80 \ 77 \ 81)^T$$

$$I2 := (49 \ 2 \ 68 \ 48 \ 63 \ 93 \ 59 \ 37 \ 16 \ 84 \ 75)^T$$

$$I3 := (2 \ 16 \ 0 \ 91 \ 3 \ 98 \ 2 \ 2 \ 94 \ 7 \ 9 \ 13)^T$$

$$I4 := (99 \ 20 \ 98 \ 90 \ 99 \ 98 \ 26 \ 95 \ 12 \ 92 \ 99 \ 2)^T$$

$$I5 := (23 \ 33 \ 72 \ 87 \ 86 \ 1 \ 99 \ 73 \ 52 \ 1 \ 21 \ 24)^T$$

$$I6 := (77 \ 79 \ 77 \ 98 \ 9 \ 86 \ 94 \ 6 \ 83 \ 32 \ 5 \ 5)^T$$

$$I7 := (17 \ 17 \ 1 \ 63 \ 10 \ 8 \ 21 \ 0 \ 37 \ 3 \ 89 \ 96)^T$$

$$I8 := (17 \ 23 \ 99 \ 81 \ 92 \ 89 \ 25 \ 92 \ 13 \ 75 \ 22 \ 91)^T$$

$$I9 := (80 \ 90 \ 91 \ 70 \ 73 \ 91 \ 3 \ 78 \ 49 \ 99 \ 73 \ 85)^T$$

$$I10 := (1 \ 5 \ 17 \ 17 \ 2 \ 2 \ 1 \ 7 \ 74 \ 90 \ 8 \ 91)^T.$$

Підрахуємо кореляційні співвідношення.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	-0.14	0.303	0.259	-0.419	-0.473	0.101	0.426	0.598	0.432
1	-0.14	1	0.01	0.064	0.323	-0.099	0.48	0.092	-0.516	-0.234
2	0.303	0.01	1	-0.099	-0.096	0.513	0.151	-3.711·10 ⁻³	-0.038	0.115
3	0.259	0.064	-0.099	1	-0.05	-0.155	-0.343	0.379	0.406	-0.446
4	-0.419	0.323	-0.096	-0.05	1	0.174	-0.131	0.119	-0.608	-0.365
5	-0.473	-0.099	0.513	-0.155	0.174	1	-0.267	-0.318	-0.313	-0.246
6	0.101	0.48	0.151	-0.343	-0.131	-0.267	1	-0.168	-0.096	0.311
7	0.426	0.092	-3.711·10 ⁻³	0.379	0.119	-0.318	-0.168	1	0.465	0.107
8	0.598	-0.516	-0.038	0.406	-0.608	-0.313	-0.096	0.465	1	0.18
9	0.432	-0.234	0.115	-0.446	-0.365	-0.246	0.311	0.107	0.18	1

3 матриці кореляцій $R2$ впливає: $\text{corr}(I5, I9) = -0,608$ і $\text{corr}(I5, I9) = 0,598$.

Отже, вилучаємо індекси $I5$ та $I9$ як такі, що мають значний кореляційний зв'язок. Індекси-фактори, які залишилися у матриці $R3$, використовуємо у побудові сценаріїв освітнього ринку:

$$R3 = \begin{pmatrix} 1 & -0,14 & 0,303 & 0,259 & -0,473 & 0,101 & 0,426 & 0,432 \\ -0,14 & 1 & 0,01 & 0,064 & -0,099 & 0,48 & 0,092 & -0,234 \\ 0,303 & 0,01 & 1 & -0,099 & 0,513 & 0,151 & -3,711 \times 10^{-3} & 0,115 \\ 0,259 & 0,064 & -0,099 & 1 & -0,155 & -0,343 & 0,379 & -0,446 \\ -0,473 & -0,099 & 0,513 & -0,155 & 1 & -0,267 & -0,318 & -0,246 \\ 0,101 & 0,48 & 0,151 & -0,343 & -0,267 & 1 & -0,168 & 0,311 \\ 0,426 & 0,092 & -3,711 \times 10^{-3} & 0,379 & -0,318 & -0,168 & 1 & 0,107 \\ 0,432 & -0,234 & 0,115 & -0,446 & -0,246 & 0,311 & 0,107 & 1 \end{pmatrix},$$

$$I1: = (60 \ 51 \ 71 \ 66 \ 67 \ 84 \ 25 \ 92 \ 87 \ 80 \ 77 \ 81)^T$$

$$I2: = (49 \ 2 \ 68 \ 48 \ 63 \ 93 \ 59 \ 37 \ 16 \ 84 \ 75)^T$$

$$I3: = (2 \ 16 \ 0 \ 91 \ 3 \ 98 \ 2 \ 2 \ 94 \ 7 \ 9 \ 13)^T$$

$$I4: = (99 \ 20 \ 98 \ 90 \ 99 \ 98 \ 26 \ 95 \ 12 \ 92 \ 99 \ 2)^T$$

$$I6: = (77 \ 79 \ 77 \ 98 \ 9 \ 86 \ 94 \ 6 \ 83 \ 32 \ 5 \ 5)^T$$

$$I7: = (17 \ 17 \ 1 \ 63 \ 10 \ 8 \ 21 \ 0 \ 37 \ 3 \ 89 \ 96)^T$$

$$I8: = (17 \ 23 \ 99 \ 81 \ 92 \ 89 \ 25 \ 92 \ 13 \ 75 \ 22 \ 91)^T$$

$$I10: = (1 \ 5 \ 17 \ 17 \ 2 \ 2 \ 1 \ 7 \ 74 \ 90 \ 8 \ 91)^T;$$

$$X1: = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 60 & 51 & 71 & 66 & 67 & 84 & 25 & 92 & 87 & 80 & 77 & 81 \\ 49 & 2 & 68 & 48 & 63 & 93 & 59 & 37 & 16 & 84 & 75 & 81 \\ 2 & 16 & 0 & 91 & 3 & 98 & 2 & 2 & 94 & 7 & 9 & 13 \\ 99 & 20 & 98 & 90 & 99 & 98 & 26 & 95 & 12 & 92 & 99 & 2 \\ 77 & 79 & 77 & 98 & 9 & 86 & 94 & 6 & 83 & 32 & 5 & 5 \\ 17 & 17 & 1 & 63 & 10 & 8 & 21 & 0 & 37 & 3 & 89 & 96 \\ 17 & 23 & 99 & 81 & 92 & 89 & 25 & 92 & 13 & 75 & 22 & 91 \\ 1 & 5 & 17 & 17 & 2 & 2 & 1 & 7 & 74 & 90 & 8 & 91 \end{pmatrix};$$

$$|X1 \cdot X1^T| = 1,394 \times 10^{31}.$$

Розрахунок інтегрального показника (індекс освітнього ринку праці)[4].

Інтегральний показник для виявлених 8-факторів має такий вигляд: $\text{Int} = I1 Q_1 + I2 Q_2 + I3 Q_3 + I4 Q_4 + I6 Q_5 + I7 Q_6 + I8 Q_7 + I10 Q_8$, де нелінійні параметри Q_i , $i = 1, \dots, 8$ формують модельні статистичні співвідношення, що показано нижче на рисунках для відповідних сценаріїв ринку праці. Оскільки функція $\text{Int}(i)$ має швидкозмінні складові, то її оптимізація проводиться виявленням лінійного тренду за методом найменших квадратів, що показано на відповідних рисунках.

Відбудовний сценарій розвитку освітнього ринку праці.

Модель: $Z1: = (-2 \ -1,5 \ -1 \ -0,5 \ 0 \ 0,5 \ 1 \ 1,5 \ 2 \ 2,5 \ 3)$.

Розрахунок параметрів: $Q: = (X1 \cdot X1^T)^{-1} \cdot X1 \cdot Z1^T$.

Оптимізація цільової функції (8 індексів).

$$\text{Int} = I1 \cdot Q_1 + I2 \cdot Q_2 + I3 \cdot Q_3 + I4 \cdot Q_4 + I6 \cdot Q_5 + I7 \cdot Q_6 + I8 \cdot Q_7 + I10 \cdot Q_8.$$

$$\text{Int } 1: = \text{inetrcept}(I, \text{Int}) + \text{slope}(I, \text{Int}) \cdot I.$$

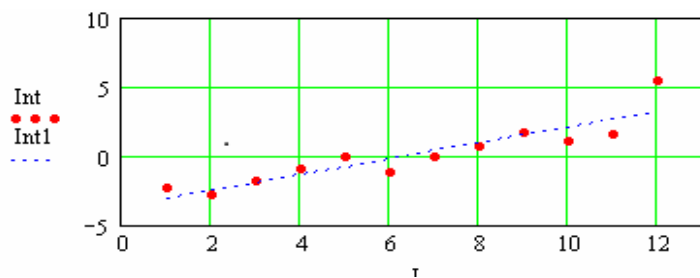


Рис. 1. Інтегральний показник відбудовного сценарію та його тренд

Рис. 2. Модельні статистичні співвідношення

Тренди відповідних модельних складових:

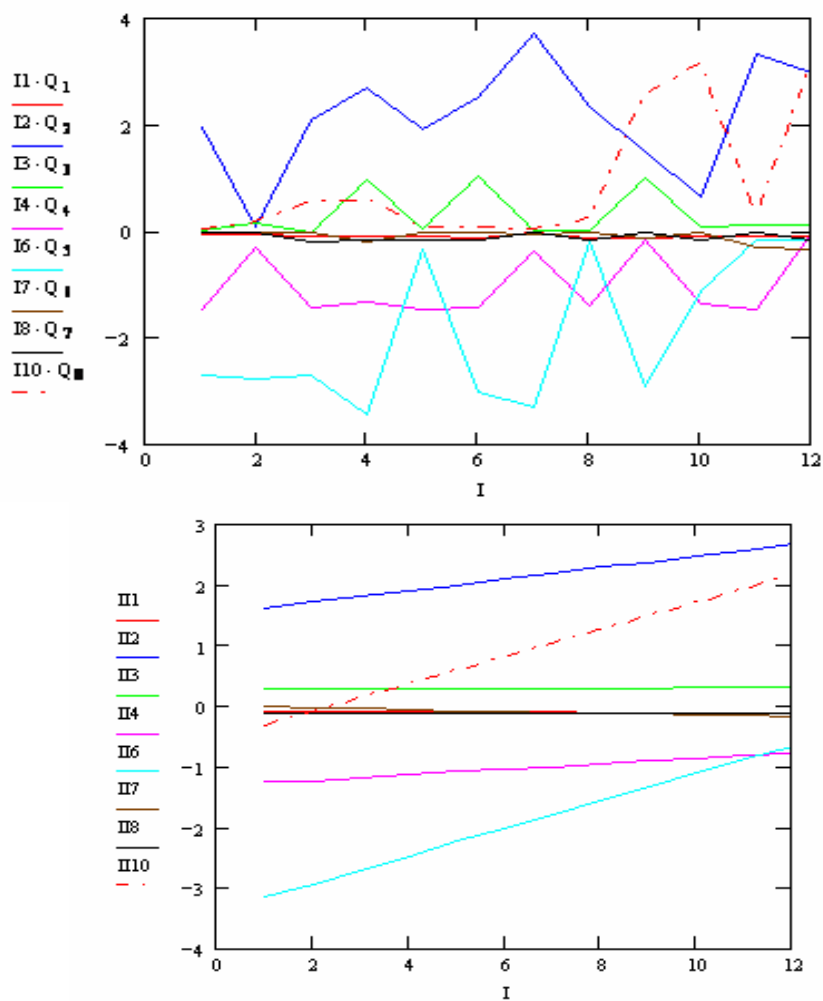


Рис. 3. Модельні тренди статистичних співвідношень

Тренди індексів $I2$, $I6$, $I10$ мають зростання, тренд індекса $I4$ слабо зростає, інші тренди стали. Стабілізаційний сценарій розвитку освітнього ринку праці.

Модель: $Z1: = (-2 - 2,5 - 2,5 - 1,5 - 2,5 - 3 - 2,5 - 3 - 1,5 - 2,5 - 3)$

Розрахунок параметрів: $Q: = (X1 \cdot X1^T)^{-1} \cdot X1 \cdot Z1^T$.

Оптимізація цільової функції (8 індексів).

$Int: = I1 \cdot Q_1 + I2 \cdot Q_2 + I3 \cdot Q_3 + I4 \cdot Q_4 + I6 \cdot Q_5 + I7 \cdot Q_6 + I8 \cdot Q_7 + I10 \cdot Q_8$.

$Int\ 1: = \text{inetrcpt}(I, Int) + \text{slope}(I, Int) \cdot I$.

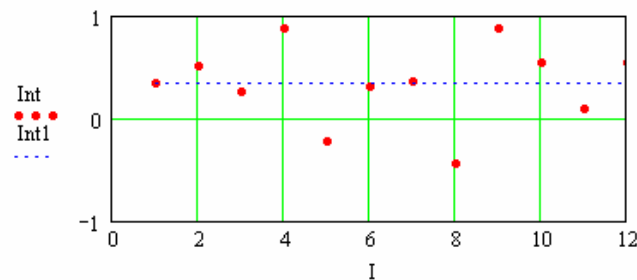


Рис. 4. Інтегральний показник стабілізаційного сценарію та його тренд

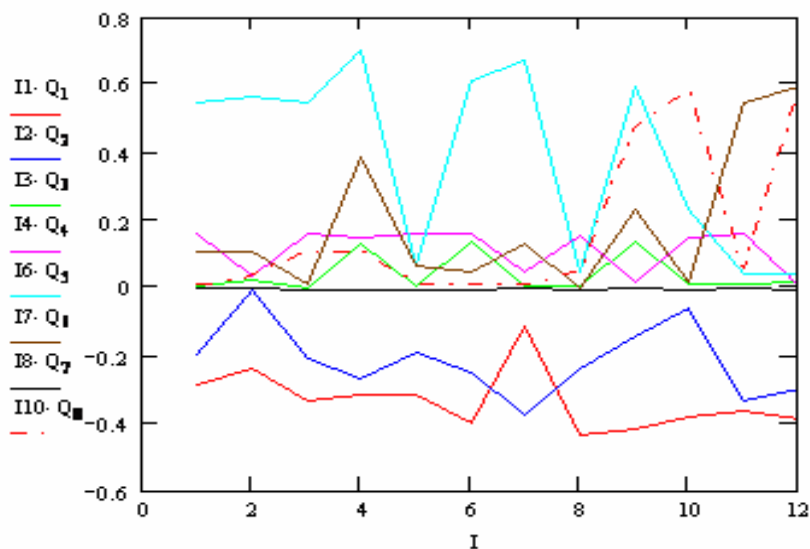


Рис. 5. Модельні статистичні співвідношення

Тренди відповідних модельних складових.

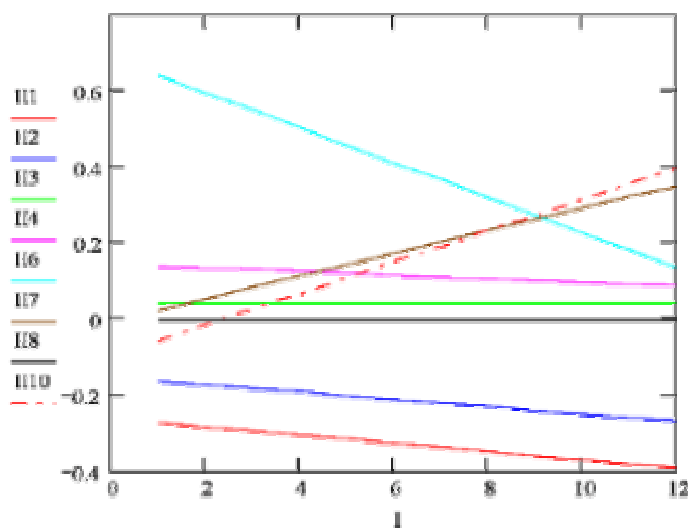


Рис. 6. Модельні тренди статистичних співвідношень

Тренди індексів I2, I6, I4, I1 мають спад, тренд індекса I10, I7 зростає, інші тренди стали.

Висновки. У ході розробленої 8-означної математично-статистичної моделі освітнього ринку праці виявлено, що модельні статистичні співвідношення основних індикаторів цього ринку відповідають прогностичним сценаріям, які показують основні важелі освітнього ринку праці, згідно з [1]. Проведене прогнозування основних характеристик методом Бартлетта-

Томпсона відповідає побудові інтегрального показника за методикою у роботі [4]. Отже, за цією моделлю у межах незначних коливань можна моделювати вплив основних важелів освітнього ринку на показники ефективності роботи ВНЗ на освітньому ринку праці України.

Література

1. Ранжування університетів – крок до відкритості та прозорості вищої освіти // Ранжування вищих навчальних закладів III–IV рівнів акредитації // Статистика МОН відповідно до розпорядження Кабінету Міністрів України № 208-р від 1.04.2004 р. «Про схвалення Концепції створення системи рейтингової оцінки регіонів, галузей національної економіки, суб'єктів господарювання».
2. Жуковська О. А. Інтервальні моделі прийняття колективних рішень в умовах ризику // Автореф. дис. к. ф.-м. н., Ін-т матем. НАН України. – К, 2006. – 19 с.
3. Кендэл М. Ранговые корреляции. ЗСИ; пер. с англ.; под ред. Е. М. Четыркина, Р. М. Энтова. – М: Статистика, 1975. – 212 с.
4. Матусов Ю. П., Дмитрієв Д. С. Оцінки індикаторів інтегрального показника у дослідженні ринку праці України // Актуальні проблеми економіки та управління: зб. наук. пр. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – Вип. 2. – 188 с. – С. 159–164.
5. Багриновский К. А. Имитационные системы принятия экономических решений / К. А. Багриновский, Т. И. Конник, М. Р. Левинсон и др. – М.: Наука, 1989. – 162 с.: – ил. – 15000 экз. – ISBN 5-02-011880-X4.
6. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с. – 7000 экз. – ISBN 5-238-00305-6.

УДК 331.211:519.86

Т. А. Дунаєва,

к.ф.-м.н., доц.

Т. О. Проноза,

Національний технічний університет України «КПІ»

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОННИХ ПЛАТЕЖІВ

Для виявлення можливих шахрайських операцій із платіжними картками запропоновано застосовувати метод карт Кохонена, що самоорганізуються, який ґрунтується на теорії нейронних мереж і належить до алгоритмів навчання без учителя. Цей метод розглянуто у двох випадках, коли нейрони вихідного шару розташовуються у вузлах двовимірної сітки із прямокутними і шестикутними осередками.

In this article for the exposure of possible knavish operations with pay cards we suggest to apply the method of maps of Kohonen that self organization, which is based on the theory of neuron networks and behaves to the algorithms of studies without a teacher. We examine this method in two cases, when: the neurons of initial layer are disposed in the knots of two-dimensional net with rectangular and hexagonal cells.

Ключові слова: транзакція, нейронна мережа, карта Кохонена, профайл, моніторинг, процесинговий центр, прямокутні осередки, шестикутні осередки.

Вступ. Нині вже немає сумнівів у тому, що ринок пластикових платіжних засобів є одним із найбільш динамічно зростаючих сегментів української економіки. Буквально за один рік електронні платежі увійшли в наше життя і зайняли там досить міцні позиції.

Незважаючи на активний розвиток платіжних систем, український ринок ще далеко не наповнений. Проте темпи росту дають можливість зробити висновок, що незабаром розрахунки за допомогою банківських платіжних карток стануть дійсно масовим явищем. Але разом з тим бізнес у сфері грошового обігу з використанням банківських ПК постійно є мішенню для злочинних зазіхань [1].

Платіжні системи і банки для ефективного виявлення й запобігання шахрайствам із пластиковими картками використовують автоматизовані системи моніторингу, які в загальному потоці транзакцій виявляють підозрілі на шахрайство, попереджають про це аналітиків і надають їм інформацію, необхідну для проведення розслідування й ухвалення рішення [2]. Такі системи дають можливість банкам емітентам і еквайерам зміцнювати захист від шахрайства, знижувати ризики й втрати як самих банків, так і їх клієнтів [3]. Побудова таких автоматизованих систем для процесингового центру (ПЦ) і банків вимагає розробки спеціальних моделей, методів і правил аналізу. У цій роботі ми розглядаємо метод карт Кохонена, що самоорганізуються, який ґрунтується на теорії нейронних мереж і відноситься до алгоритмів навчання без учителя для виявлення можливих шахрайських операцій із платіжними картками. Розглядаємо його у двох аспектах: нейрони вихідного шару розташовуються у вузлах двовимірної сітки із прямокутними і шестикутними осередками.

Постановка завдання. Нехай $C_n = \{c_1, \dots, c_k, \dots, c_{k_n}\}$ – множина записів у базі даних про платіжні картки, де $c_k = (c_1^k, c_2^k, \dots, c_s^k)$ – запис у базі даних з відомостями про карту c_k ; c_1^k – унікальний номер платіжної картки.

Позначимо множину транзакцій, виконаних у платіжній системі до деякого моменту часу t_n через $X_n = \{x^1, \dots, x^i, \dots, x^n\}$, а $x^{n+1}, x^{n+2}, \dots, x^{n+k}$ – нові транзакції, зроблені після моменту часу t_n й до t_{n+k} .

Завдання виявлення шахрайських транзакцій у платіжній системі полягає в тому, щоб при надходженні у процесинговий центр кожної нової транзакції $x^{n+1} = (x_1^{n+1}, \dots, x_j^{n+1}, \dots, x_m^{n+1})$, на основі інформації, яка міститься у базі даних C_n про платіжні картки і X_n раніше виконані транзакції, класифікувати транзакцію x^{n+1} , тобто визначити клас, до якого вона належить (законна (*legal*) або шахрайська (*fraud*)).

Методологія. За Кохоненом [4], нейромережа має всього два шари: один вхідний шар з числом нейронів, що дорівнює числу входів, і один схований вихідний шар нейронів, складений з радіальних нейронів упорядкованої структури (вихідний шар називають також шаром топологічної карти).

Нейрони вихідного шару розташовуються у вузлах двовимірної сітки із прямокутними або шестикутними осередками (рис. 1). При цьому нейрони також взаємодіють один з одним. Величина цієї взаємодії визначається відстанню між нейронами на карті.

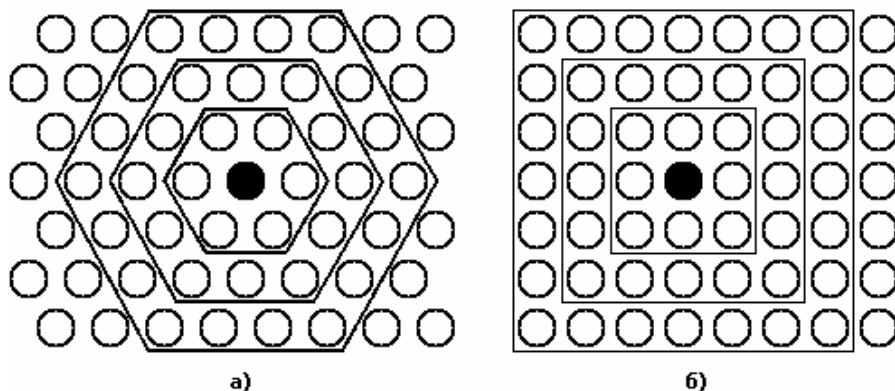


Рис. 1. Відстань між нейронами на карті для шестикутної (а) і чотирикутної (б) сітки

При цьому кількість нейронів у сітці визначає ступінь деталізації результату роботи алгоритму, і в остаточному підсумку від цього залежить точність узагальнюючої здатності карти [3].

У процесі навчання на вхід нейромережі послідовно подаємо навчальні приклади, вибрані випадковим чином з вихідного набору даних. Після подачі чергового прикладу $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ визначаємо найбільш схожий на нього вектор коефіцієнтів нейронів $w^i = (w_1^i, w_2^i, \dots, w_n^i)$. При цьому обираємо нейрон-переможця, що найбільш схожий на вектор входів. Під схожістю розуміємо відстань між векторами. У цій задачі розглядаємо евклідовий простір, відстань між векторами (x) і (y) визначається як

$$d(x, y) = \|x - y\| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}.$$

Таким чином, нейроном-переможцем (c) є такий нейрон, відстань між вектором ваг й вхідним вектором якого є мінімальною:

$$c: \|x - w^c\| = \min_i \{\|x - w^i\|\}.$$

Після того, як знайшли нейрон-переможця, коректуємо ваги нейромережі. Модифікація вагових коефіцієнтів нейрона-переможця і нейронів з його околиці відбувається в декілька етапів.

1. Знаходимо відстані між нейронами: r_{cj} – відстань між нейронами c та j (c – номер нейрона – переможця). Цю величину визначаємо топологією осередків карти Кохонена; r_{cj} – елемент, який знаходиться в c -му рядку і j -му стовпці матриці R , яка має вигляд

$$R = \begin{pmatrix} d(Y_{00}; Y_{00}) & d(Y_{00}; Y_{01}) & \dots & d(Y_{00}; Y_{0m}) & \dots & d(Y_{00}; Y_{n0}) & d(Y_{00}; Y_{n1}) & \dots & d(Y_{00}; Y_{nm}) \\ d(Y_{01}; Y_{00}) & d(Y_{01}; Y_{01}) & \dots & d(Y_{01}; Y_{0m}) & \dots & d(Y_{01}; Y_{n0}) & d(Y_{01}; Y_{n1}) & \dots & d(Y_{01}; Y_{nm}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d(Y_{0m}; Y_{00}) & d(Y_{0m}; Y_{01}) & \dots & d(Y_{0m}; Y_{0m}) & \dots & d(Y_{0m}; Y_{n0}) & d(Y_{0m}; Y_{n1}) & \dots & d(Y_{0m}; Y_{nm}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d(Y_{n0}; Y_{00}) & d(Y_{n0}; Y_{01}) & \dots & d(Y_{n0}; Y_{0m}) & \dots & d(Y_{n0}; Y_{n0}) & d(Y_{n0}; Y_{n1}) & \dots & d(Y_{n0}; Y_{nm}) \\ d(Y_{n1}; Y_{00}) & d(Y_{n1}; Y_{01}) & \dots & d(Y_{n1}; Y_{0m}) & \dots & d(Y_{n1}; Y_{n0}) & d(Y_{n1}; Y_{n1}) & \dots & d(Y_{n1}; Y_{nm}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d(Y_{nm}; Y_{00}) & d(Y_{nm}; Y_{01}) & \dots & d(Y_{nm}; Y_{0m}) & \dots & d(Y_{nm}; Y_{n0}) & d(Y_{nm}; Y_{n1}) & \dots & d(Y_{nm}; Y_{nm}) \end{pmatrix}$$

$N(Y_{00}) \quad N(Y_{01}) \quad N(Y_{0m}) \quad N(Y_{n0}) \quad N(Y_{n1}) \quad N(Y_{nm})$

Якщо топологія карти прямокутна, то $d(Y_{ij}; Y_{k,s})$ обчислюємо за формулою: $d(Y_{ij}; Y_{k,s}) = \sqrt{(i-k) + (j-s)}$.

Якщо топологія карти шестикутна, то $d(Y_{ij}; Y_{k,s})$ обчислюємо за формулою $d(Y_{ij}; Y_{k,s}) = \sqrt{[(i+\alpha)-(k+\beta)]^2 + [(j+\gamma)-(s+\lambda)]^2}$,

де

$$\alpha = \begin{cases} 0, \frac{N(Y_{i,j})+1}{2} \text{ (не ціле число)} \\ 0,5, \frac{N(Y_{i,j})}{2} \text{ (ціле число)} \end{cases}; \beta = \begin{cases} 0, \frac{N(Y_{i,j})+1}{2} \text{ (не ціле число)} \\ 0,5, \frac{N(Y_{k,s})+1}{2} \text{ (ціле число)} \end{cases};$$

$$\gamma = \begin{cases} 1, \frac{N(Y_{i,j})+1}{2} \text{ (не ціле число)} \\ \frac{\sqrt{3}}{2}, \frac{N(Y_{i,j})+1}{2} \text{ (ціле число)} \end{cases}; \lambda = \begin{cases} 1, \frac{N(Y_{k,s})+1}{2} \text{ (не ціле число)} \\ \frac{\sqrt{3}}{2}, \frac{N(Y_{k,s})+1}{2} \text{ (ціле число)} \end{cases}.$$

2. Знаходимо радіус навчання $\delta(t)$:

$$\delta(t) = \delta(0) + (u-1) \Delta\delta,$$

де

$$\Delta\delta = \frac{\delta_{end} - \delta(0)}{q-1},$$

де $\delta(0)$ – початкове значення радіуса навчання (задаємо спочатку навчання як параметр);

δ_{end} – кінцеве значення радіуса навчання (задаємо спочатку навчання як параметр);

q – загальна кількість транзакцій для навчання.

3. Знаходимо функцію сусідства $h(r_{c,j}, t)$:

$$h(r_{c,j}, t) = \exp \left\{ -\frac{r_{c,j}^2}{2\delta^2(t)} \right\}.$$

4. Знаходимо коефіцієнт корегування ваг $h_{cj}(u)$:

$$h_{cj}(t) = h(r_{cj}, t) \cdot a(t),$$

де $a(u)$ – функція швидкості навчання $a(t) = a_0 \cdot \left(1 - \frac{t}{q}\right)$,

де a_0 – початкове значення швидкості навчання (задаємо спочатку навчання як параметр);

a_{end} – кінцеве значення швидкості навчання (задаємо спочатку навчання як параметр).

5. Формуємо нову матрицю вагових коефіцієнтів:

$$w^i(t+1) = w^i(t) + h_{ci}(t) \cdot [x(t) - w(t)],$$

де t – номер епохи (крок навчання);

$x(t)$ – випадковим чином обраний на кроці t вектор з навчальної вибірки;

$w^i(t)$ – вектор ваг i -го нейрона на кроці t ;

$h_{cl}(t)$ – функція сусідства нейронів, що являє собою незростаючу функцію від часу й відстані між нейроном переможцем і сусідніми нейронами в сітці.

Результатом навчання є ваги вхідних з'єднань нейронів, які щонайкраще групують підмножини вхідних даних, утворюючи їх прототипи-профайли:

$$W = \begin{pmatrix} w_1^1 & w_1^2 & \dots & w_1^d \\ w_2^1 & w_2^2 & \dots & w_2^d \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}.$$

Після проведення процесу навчання кожену нову транзакцію x^{n+1} , що здійснюється за картою c_k , перевіряємо на відповідність профайлу W_{c_k} .

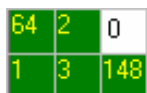
Ступінь подібності $\delta(x^{n+1}, W_{c_k})$ транзакції $x^{n+1} = (x_1^{n+1}, \dots, x_m^{n+1})$ профайлу W_{c_k} будемо визначати як відхилення вектора $p^{n+1} = \phi(x^{n+1})$ від найближчого осередку карти W_{c_k} , тобто як мінімальну з відстаней між вектором $p^{n+1} = (p_1^{n+1}, \dots, p_M^{n+1})$ і векторами ваг нейронів мережі $w^1, \dots, w^d$:

$$\delta(x^{n+1}, W_{c_k}) = \min_{i=1; 2; \dots; d} \|p^{n+1} - w^i\|.$$

Залежно від специфіки простору даних і особливостей очікуваних результатів використовуються різноманітні (квадрат Евклідової відстані, манхтенська метрика, відстань Чебишева і т. д.) метрики.

Ми скористаємось Евклідовою метрикою:

$$\|p^{n+1} - w^i\| = \sqrt{\sum_{k=1}^M (p_k^{n+1} - w_k^i)^2}.$$



а



б

Рис. 2. Карта Кохонена:
а – прямокутна;
б – шестикутна сітка

до процесингового центру, максимальнодопустиму максимальну похибку, то того, що вона є транзакцією, яка перевищує

Для моделі поведінки Кохонена з прямокутними і зображені кластери, типової поведінки власника

З карти кластерів в обох карти має два яскраво транзакції», а також декілька при побудові карти з відбулась більш детально, рожнім.

Після того, як системи було подано дві нові транзакції.

Першою на вхід до системи було подано типову (законну) транзакцію (рис. 3). Зауважимо, що транзакція є законною, коли різниця між допустимими відхиленнями і відхиленнями нової транзакції дає додатні числа. Чим менші відхилення, тим більша вірогідність того, що транзакція є законною.

Результати дослідження. Застосування запропонованого методу було реалізовано на прикладі за допомогою програмного продукту Delphi 7. Для оцінювання транзакцій було обрано такі показники: x_1 – дата та час транзакції, x_2 – тип транзакції (АТМ, POS), x_3 – тип ретейлера, x_4 – код транзакції, x_5 – валюта, x_6 – сума транзакції, x_7 – країна терміналу, x_8 – місто терміналу.

Для того, щоб перевірити точність роботи цієї моделі і порівняти її роботу у двох аспектах: нейрони вихідного шару розташовуються у вузлах двовимірної сітки із прямокутними і шестикутними осередками, – у вибірці для навчання розглядалося 218 транзакцій, із них 24 тестові транзакції, що характеризували поведінку власника карти (дані були змодельовані).

Для карти було побудовано модель типової поведінки власника карти. У результаті проведених розрахунків було знайдено такі дані: $averrl$, $averrt$ – середньодопустима похибка у навчальній і тестовій множинах відповідно, $maxerrl$, $maxerrt$ – максимальнодопустима похибка у навчальній і тестовій множинах відповідно.

Розрахунок відхилення транзакції				
	avverl	maxerrl	avvert	maxerrt
Карта :	0.9428441	3.7115973	1.8694986	3.4521453
Транз-я :	0.0357792	0.0357792	0.0357792	0.0357792
Відхи-я :	0.9070648	3.675818	1.8337193	3.416366

а

Розрахунок відхилення транзакції				
	avverl	maxerrl	avvert	maxerrt
Карта :	0.8853021	3.0159182	1.0359861	2.869473
Транз-я :	0.0319258	0.0319258	0.0319258	0.0319258
Відхи-я :	0.8533763	2.9839924	1.0040603	2.8375472

б

Рис. 3. Результат перевірки типової транзакції для прямокутної (а) і шестикутної (б) сіток

Нові транзакції, які будуть надходити не повинні перевищувати середню та похибку. Якщо транзакція перевищує вона вважається підозрілою і вірогідність шахрайською, досить велика порівняно з лише середню похибку.

власника карти були побудовані карти шестикутними осередками. На рис. 2 отримані в результаті побудови моделі карти для обох випадків.

випадках помітно, що поведінка власника виражені типи, які можна назвати «Типові «Нетипових транзакцій». Відзначимо, що шестикутними осередками кластеризація оскільки жоден з осередків не лишився по-

закінчився процес навчання, на вхід до

Проаналізуємо отримані результати (рис. 3). Першу транзакцію в обох випадках система визнала законною, що повністю відповідає дійсності.

Другою на вхід до системи було подано нетипову (підозрілу на шахрайську) транзакцію (рис. 4). Зауважимо, що транзакція є підозрілою на шахрайську, коли: середні і максимальні відхилення нової транзакції значно перевищують середні і максимальні допустимі відхилення (виділено червоним кольором). Чим більші відхилення, тим більша вірогідність того, що транзакція є підозрілою на шахрайську.

Проаналізуємо отримані результати. Другу транзакцію в обох випадках система визнала підозрілою на шахрайську, що повністю відповідає дійсності (рис. 4). Це транзакція потребує більш детального аналізу з боку аналітика, який повинен прийняти рішення щодо законності нової транзакції. Якщо транзакція, на думку аналітика, є законною, то її приймає система і вносить корективи у створений профайл власника карти, якщо ж вона визнається шахрайською, то система заблокує картку, за якою здійснювалась шахрайська транзакція.

Порівнюючи значення, отримані у випадку з прямокутною і шестикутною сіткою, можна зробити висновок, що у другому випадку отримані результати є більш точними, оскільки відхилення від усіх чотирьох похибок є більшим, ніж у першому випадку.

Можна зробити висновок, що в обох випадках система працює вірно, але при побудові шестикутної сітки результати є більш точними.

Висновки. У роботі запропоновано новий підхід для виявлення підозрілих на шахрайство транзакцій у платіжній системі на основі нейромережного методу карт Кохонена, що самоорганізуються. Цей метод має такі переваги: його зручно використовувати навіть у тих випадках, коли немає попередньої інформації про спостереження за транзакціями з різних класів; достатньо мати інформацію лише з цього класу транзакцій (законних або шахрайських); метод карт Кохонена дає змогу визначити як вже відомі, так і раніше незафіксовані типи шахрайства.

Розглянувши у роботі два підходи до побудови карти Кохонена, а саме коли нейрони вихідного шару розташовуються у вузлах двовимірної сітки із прямокутними осередками та коли нейрони вихідного шару розташовуються у вузлах двовимірної сітки із шестикутними осередками, ми дійшли висновку, що обидва підходи працюють вірно й адекватно; при побудові шестикутної сітки результати є більш точними, оскільки для неї відстань між нейронами більше збігається з евклідовою відстанню, ніж для чотирикутної сітки.

У результаті на основі побудованої моделі виявлення шахрайства з пластиковими картками стає можливим оцінка транзакцій платіжних карт та прийняття рішень відносно законності даних транзакцій. Адекватність моделі експериментально підтверджено.

Література

1. Вертузаев М. С., Кондратьев Я. Ю., Пугачев С. Е. и др. Способы совершения преступлений с использованием банковских платежных карт // Информационные технологии та захист інформації: зб. наук. праць. – Запоріжжя: Юридичний ін-т МВС України, 1999. – Вип. 3. – № 1. – С. 50–67. – ISBN 966-95343-1-3.
2. Гинзбург А. И. Пластиковые карты [Текст]. – СПб.: Питер, 2004. – 128 с. – 2000 экз. – ISBN 546-90016-5-2.
3. Рубинштейн Т. Б., Мирошкина О. В. Пластиковые карты [Текст]. – СПб.: Питер, 2005. – 416 с. – 1000 экз. – ISBN 5-85438-118-4.
4. Kohonen T., Self-Organizing Maps (Third Extended Edition) [Text]. – New York, 2001. – 501 p. – ISBN 3-540-67921-9.
5. Быстров Л. В., Воронин А. С., Гамольский А. Ю. и др. Пластиковые карты [Текст]. – СПб.: Питер, 2007. – 624 с. – 1000 экз. – ISBN 5-93306-066-6.

Розрахунок відхилення транзакції				
	avvertl	maxvertl	avvert	maxvert
Карта :	0,9428441	3,7115973	1,8694986	3,4521453
Транз-я :	15,7123206	15,7123206	15,7123206	15,7123206
Відхил-я :	14,7694765	12,0007233	13,842822	12,2601753

a

Розрахунок відхилення транзакції				
	avvertl	maxvertl	avvert	maxvert
Карта :	0,8853021	3,0159182	1,0359861	2,869473
Транз-я :	16,120732	16,120732	16,120732	16,120732
Відхил-я :	15,2354299	13,1048138	15,084745	13,251259

b

Рис. 4. Результат перевірки транзакції підозрілої на шахрайство для прямокутної (a) та шестикутної (б) сіток

О. П. Заборовець

Національний технічний університет України «КПІ»,

М. О. Лосицька

Міжнародний університет фінансів,

Т. Є. Шевченко,

доц.

Національний технічний університет України «КПІ»

ПОБУДОВА ОПТИМАЛЬНОЇ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Запропоновано методи визначення оптимальних обсягів виробництва за критеріями максимізації чистого прибутку і рентабельності продукції підприємства. За результатами розрахунків, проведених за допомогою розроблених моделей для промислових підприємств Дніпропетровської області, доведено методологічну різницю між абсолютним і відносним критеріями ефективності.

The methods of determination of optimum production after the criteria of maximization of net income and profitability of products of enterprise volumes are offered. As a result of calculations, conducted by the developed models for the industrial enterprises of the Dnepropetrovsk area, a methodological difference is well-proven between the absolute and relative criteria of efficiency.

Ключові слова: оптимальна виробнича програма, чистий прибуток, норма прибутку, критерії максимізації, однофакторна виробнича функція.

Вступ. Важливе економічне та фінансове значення для підприємств корпоративного сектора України в ринкових умовах господарювання приносять такі варіанти розв'язку задачі, результатом яких є формування оптимальної річної виробничої програми як важливого розподілу поточного плану підприємства.

Оптимальна виробнича програма (річний план виробництва) – це програма, яка відповідає структурі ресурсів підприємства та забезпечує найкращі результати його діяльності за визначеними критеріями. Така програма повинна включати певну номенклатуру продукції, її обсяги (у натуральних та вартісних показниках), числові значення критеріальних техніко-економічних, соціальних та інших показників, а також враховувати обмеження щодо матеріальних ресурсів, персоналу, виробничих потужностей тощо.

Номенклатура – це перелік назв окремих видів продукції, а асортимент – це різновид виробів в межах певної номенклатури.

Виробнича програма підприємства є:

- планом виробництва та реалізації продукції;
- основним та вихідним розділом плану господарсько-фінансової діяльності підприємства.

Вона визначає:

- обсяг випуску продукції;
- номенклатуру;
- асортимент;
- кількість;
- якість;
- строки;
- вартість.

Завдання розроблення виробничої програми:

1. Підвищення якості, надійності, поліпшення дизайну виробу з урахуванням попиту, а також дії конкурентів.
2. Забезпечення високих і стійких темпів зростання випуску продукції як у вартісних, так і в натуральних показниках.
3. Формування номенклатури та асортименту виробів відповідно до стадій їх життєвого циклу.
4. Найбільш повне використання виробничих потужностей та ресурсного потенціалу підприємства.

Показниками виробничої програми є:

- кількісні (вартісні, натуральні, умовно-натуральні, трудові);
- якісні (сортність, марка, вміст корисного компонента, частка продукції, що відповідає світовим стандартам, частка експортної продукції).

Натуральні показники характеризують виробничу спеціалізацію підприємства та частку на ринку того чи іншого продукту.

Трудові показники використовуються у внутрішньовиробничому плануванні для оцінювання трудомісткості одиниці продукції та виробничої програми.

Вартісні показники необхідні для узагальненого оцінювання обсягів діяльності підприємства, яке виробляє широкий асортимент продукції, для зіставлення витрат з отриманим прибутком, оцінювання ефективності діяльності підприємства.

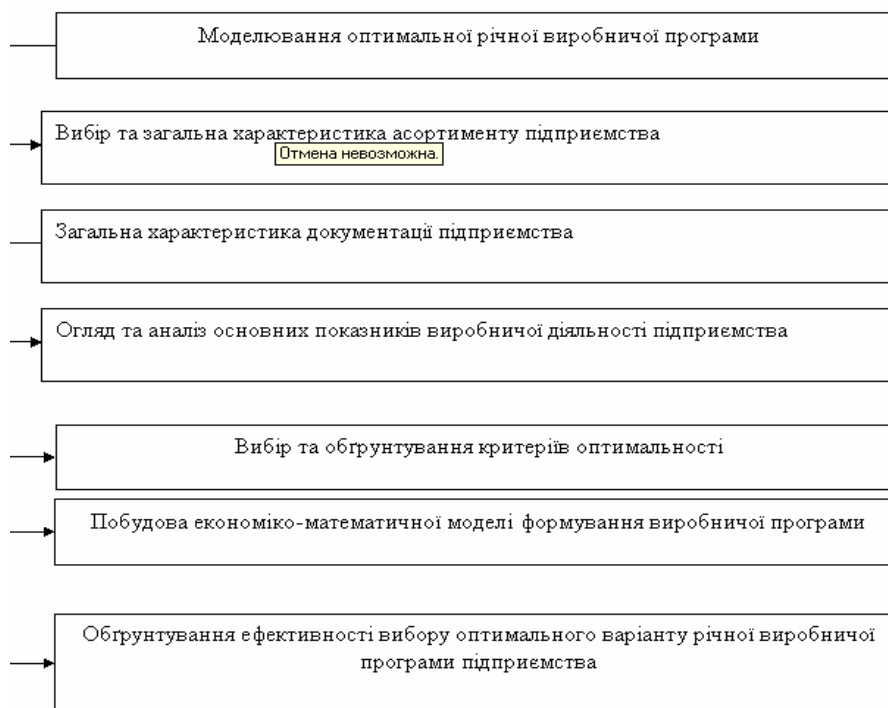


Рис. 1. Процес моделювання оптимальної виробничої програми

Універсальними показниками в системі оцінювання обсягів виробництва та реалізації продукції є вартісні, до яких належать:

- товарна продукція;
- валова продукція;
- реалізована;
- чиста.

Постановка завдання. Для складання оптимальної річної виробничої програми необхідна така методика, в основі якої лежить метод багатокритеріальної оптимізації, який дає змогу використання декількох критеріїв оптимальності. Тому процес моделювання оптимальної виробничої програми є складним і включає шість етапів.

Перший етап «Вибір та загальна характеристика асортименту підприємства» відображає характеристику товарів, що входять до його асортименту, на основі яких буде формуватися оптимальна річна виробнича програма.

Наступний етап визначає основні елементи документації, які використовуються під час складання річної виробничої програми. До них належать: стратегічний план розвитку, перспективний прогноз випуску продукції, результати маркетингових досліджень цільового ринку, довгострокові і поточні договори тощо.

Важливим етапом, пов'язаним із формуванням річної виробничої програми підприємства, є огляд та аналіз основних показників виробничої діяльності підприємства, на основі яких вибираються та обґрунтовуються критерії оптимальності, які послідовно включаються в економіко-математичну модель завдання.

Методологія. До критеріїв оптимальності виробничої програми підприємства рекомендуємо віднести такі: обсяг валового прибутку, обсяг реалізованої продукції та частку освоєного цільового ринку. До обмежень – обмеження щодо використання певних видів ресурсів (сировини, матеріалів) або загальні витрати.

Побудова багатокритеріальної моделі виробничої програми – наступний етап процесу моделювання оптимальної виробничої програми підприємства.

Необхідною умовою досягнення високих темпів економічного зростання промислового підприємства є оптимальне співвідношення обсягу виробництва (реалізації) продукції з витратами і прибутком. Це співвідношення завжди перебуває в деякому визначеному діапазоні ділової активності, тобто в межах реально притаманних певному підприємству значень релевантного ряду (або мінімального і максимального обсягів виробництва). Теоретично абсолютною максимальною межею ділової активності підприємства може бути його проектна потужність, забезпечена відповідною технологією, сировиною, матеріалами, обладнанням, енергією, трудовими і фінансовими ресурсами. Однак у реальних господарських умовах максимальна величина обсягу виробництва є, як правило, нижчою за проектну потужність внаслідок певних обставин, здебільшого ринкового характеру. Натомість мінімальна межа обсягу виробництва може бути визначена на рівні підтримання дієздатності основних видів технологічного обладнання.

А отже, одним із пріоритетів управління розвитком промислового виробництва є визначення оптимальних виробничих програм і формування на їх основі таких економічних стратегій, реалізація яких забезпечить підприємствам максимальну віддачу усіх елементів їх виробничого потенціалу і, відповідно, найвищу ефективність господарювання в умовах динамічного ринкового середовища.

Загалом ділова активність промислових підприємств залежить як від технологічних особливостей виробничих процесів (ресурсомісткості, трудомісткості продукції тощо), так і від ринкових характеристик зовнішнього економічного середовища (рівня цін, заробітної плати тощо) і податкового клімату в країні. Звідси, досягнення високого рівня ділової активності суб'єктів виробничої сфери вимагає системного поєднання декількох груп чинників, серед яких основними є такі: техніко-технологічні характеристики підприємств; ціни на готову продукцію і виробничі ресурси; попит на промислову продукцію; орієнтири грошово-кредитної і бюджетно-податкової політики держави.

Дослідивши основні причини економічних протиріч, характер і частоту впливу випадкових (стохастичних) чинників на виробничу систему, а також враховуючи об'єктивні закономірності розвитку виробництва, за допомогою математичних моделей можна визначити основні варіанти розвитку системи загалом і її окремих елементів зокрема.

Розробка математичних моделей розвитку виробництва полягає у визначенні математичних і логічних залежностей у часі між елементами виробничої системи, між системою і зовнішнім середовищем, а також у визначенні мети цього розвитку шляхом встановлення критерію ефективності.

Класичні оптимізаційні моделі управління промисловим підприємством передбачають максимізацію прибутку шляхом зміни обсягів виробництва. При цьому критеріями ефективності можуть бути показники чистого і балансового прибутку. Ці критерії є абсолютними величинами, які генерують різні оптимальні виробничі програми. Однак, з точки зору інвестора, який має наміри вкладати свої кошти у певне підприємство, абсолютна величина прибутку не має жодного змісту, оскільки його цікавить дохід на вкладені кошти, тобто відносні характеристики (прибутковість) виробничого об'єкта. Такі інтереси може відображати показник рентабельності продукції підприємства.

В умовах розвинутого фондового ринку, відчутної інфляції та досконалої конкурентності відносні критерії відіграють більшу роль у формуванні виробничих програм промислових підприємств, ніж критерії абсолютні. Загалом конкретні форми відносних критеріїв ефективності можуть бути досить різноманітними: частка продукції підприємства на ринках збуту (внутрішньому і зовнішніх), частка виробничих інновацій у загальному випуску тощо. Однак визначальною є не форма того чи іншого критерію, а сам принцип їх (критеріїв) множинності і неоднозначності.

Із позицій класичної економічної теорії і світової господарської практики найважливішими і репрезентативними є два критерії максимізації: чистого прибутку (абсолютний) і норми прибутку (відносний). А тому вважаємо за доцільне теоретично обґрунтувати і методично узагальнити процес визначення оптимальних виробничих програм підприємства саме для цих двох фінансових критеріїв ефективності розвитку виробничого потенціалу.

Відповідно до чинного законодавства [1], чистий прибуток (P) промислового підприємства у спрощеному варіанті можна визначити таким чином:

$$P = (1 - \alpha)[(1 - \beta)(X - Y) - (1 + \gamma)wL - \delta K], \quad (1)$$

де X – обсяг виробництва у вартісному виразі;

Y – вартість сировини і матеріалів, використаних у процесі виготовлення продукції;

L – чисельність промислово-виробничого персоналу підприємства;

w – середня заробітна плата одного працівника;

K – середньорічна вартість основних виробничих фондів;

δ – норма амортизації (у частках одиниці);

α – податок на прибуток (у частках одиниці);

β – податок на додану вартість (у частках одиниці);

γ – нарахування, на заробітну плату (у частках одиниці).

Показник норми прибутку (або рентабельності продукту) R – це відношення чистого прибутку до поточних витрат виробництва V :

$$R = \frac{P}{V}, \quad (2)$$

де

$$V = Y + \delta K + wL(1 + \gamma). \quad (3)$$

Подальший аналіз зосередимо на двох задачах безумовної оптимізації:

$$P(X) \rightarrow \max; \quad (4)$$

$$R(X) \rightarrow \max. \quad (5)$$

Задача (4) відповідає традиційній концепції сучасної економічної теорії і відображає прагнення підприємства до отримання максимального прибутку у визначених умовах. Однак цей критерій ефективності до певної міри спрощено відтворює реальність, оскільки задача (4) є принципово статичною, а отже, фіксує економічну стратегію виробника у чітко визначених межах (умовах).

Задача (5), навпаки, внутрішньодинамічна, оскільки всі фінансові вкладення (інвестиції) в економіці відбуваються з метою максимізації норми прибутку на вкладений капітал. Вона зіставна з такими мікро- і макропараметрами, як курси акцій та дивіденди діючих підприємств, відсотки за депозитами, кредитні ставки тощо. Можливість вибору одного з альтернативних шляхів фінансування і визначає суттєву значимість показника норми прибутку при виборі оптимальної виробничої стратегії підприємства.

Задачі (4) і (5) відрізняються також і з методологічних позицій: якщо абсолютний показник чистого прибутку підприємства у принципі лінійний, то відносний показник рентабельності є нелінійним і, відповідно, за своїм змістом він значно складніший. Як буде далі доведено шляхом відповідних розрахунків, задачі (4) і (5) генерують різні оптимальні виробничі програми, які суттєво відрізняються між собою.

Результат процесу виробництва в кінцевому підсумку визначається дією різноманітних чинників (технічних, економічних, ринкових, соціальних тощо), вплив яких у кожному конкретному випадку може бути різним. Кількісно оцінити, виміряти характер і ступінь впливу цих чинників можна за допомогою виробничих функцій. Відображаючи у стислій формі один із основних економічних процесів – процес виготовлення продукції (а отже, – створення доданої вартості), виробничі функції є тим інструментом, який дає змогу здійснювати різноманітні аналітичні розрахунки: визначати ефективність використання виробничо-фінансових ресурсів і доцільність їх додаткового залучення у виробництво, прогнозувати випуск продукції, а також контролювати хід виконання виробничої програми.

Виробнича функція – це функціональна (кібернетична) модель сфери виробництва або економіко-математичний вираз залежності результатів виробничої діяльності від факторів виробництва, які зумовили ці результати за наявного (досить стійкого) рівня технології та організації виробничого процесу. Іншими словами, виробнича функція – це «компактний опис абстрактної технології, якою у певний конкретний момент часу володіє об'єкт... У цій своїй якості виробнича функція – де база для прийняття економічних рішень, а не їх опис» [2, с. 24]. На практиці економічні рішення приймаються як на основі економічної інформації (ціни, платоспроможний попит тощо), так і на базі інформації технологічної, причому використання виробничих функцій дає змогу абстрагуватися від окремих технічних деталей, враховуючи їх загалом.

Виробничі функції як інструмент прогнозування кінцевих результатів виробничої діяльності можна застосовувати для обґрунтування оптимальних обсягів виробництва на рівні промислових підприємств у межах короткотермінового періоду. Ці функції також дають можливість кількісно проаналізувати важливі економічні залежності у сфері промислового виробництва на галузевому, регіональному чи загальнонаціональному рівні: вони дають можливість визначати варіанти оптимального поєднання ресурсів у моделях стратегічного планування виробництва та оцінювати граничну ефективність виробничих ресурсів, а також еластичність витрат останніх щодо обсягів випуску продукції за наявності достатнього масиву зіставних статистичних даних або часових рядів за тривалий період (не менше 10 років).

Таким чином, усі виробничі функції можна чітко поділити на мікро- і макроекономічні. Останні, як правило, використовуються для опису взаємозв'язків між річними витратами ресурсів у масштабі конкретного регіону і річним обсягом виготовленої продукції або доходом цього регіону чи країни загалом, а також для вирішення завдань, пов'язаних із аналізом, плануванням і прогнозуванням соціально-економічного розвитку. Найтиповіші макроекономічні виробничі функції – це степеневі моделі, одним із варіантів яких є широковідома виробнича функція Кобба-Дугласа.

Мікроекономічні виробничі функції дають змогу описати взаємозв'язок між обсягами використаних ресурсів (y) протягом визначеного періоду та обсягом виготовленої продукції x , отриманої конкретним господарським суб'єктом протягом цього періоду, тобто:

$$x = f(y_1, y_2, \dots, y_n).$$

Для характеристики впливу кожного ресурсу на зростання виробництва використовуються *коефіцієнти еластичності* витрат різних видів виробничих ресурсів щодо випуску продукції. Коефіцієнти еластичності відображають граничне відношення приросту витрат кожного ресурсу до приросту виробництва. Відповідно ці коефіцієнти дають змогу визначити, на скільки відсотків збільшаться відповідні витрати зі зростанням обсягів випуску продукції на 1 %.

Отже, запишемо показники еластичності за випуском продукції:

– витрат сировини і матеріалів у вартісному виразі

$$v = \left(\frac{X}{Y} \right) \left(\frac{dY}{dX} \right); \quad (6)$$

– середньоспискової чисельності промислово-виробничого персоналу

$$\lambda = \left(\frac{X}{L} \right) \left(\frac{dL}{dX} \right); \quad (7)$$

– середньорічної вартості основних виробничих фондів

$$k = \left(\frac{X}{K} \right) \left(\frac{dK}{dX} \right). \quad (8)$$

Із виразів (6)–(8) отримуємо степеневі функціональні залежності (однофакторні виробничі функції) для розрахунку потреби підприємства:

– у сировині і матеріалах

$$Y = aX^v; \quad (9)$$

– у трудових ресурсах

$$L = bX^\lambda; \quad (10)$$

– у основних виробничих фондах

$$K = mX^k \quad (11)$$

для забезпечення виробництва заданого обсягу продукції.

Параметри a , b і m – це константи, які залежать від вихідних параметрів (обсягу і структури) виробничого потенціалу підприємства і співвідношень між цими параметрами. Відповідно ці константи можна інтерпретувати як показники загальної ефективності ресурсів або елементів виробничого потенціалу, що приводять у відповідність одиниці виміру використаних ресурсів і виготовленої продукції.

Підставивши вирази (9), (10) і (11) у рівняння (1), отримуємо вираз для розрахунку чистого прибутку підприємства:

$$P = (1 - \alpha) \left[(1 - \beta) (X - aX^v) - (1 + \gamma) w \cdot bX^\lambda - \delta \cdot mX^k \right]. \quad (12)$$

Максимальний прибуток досягається у деякій точці x_{opt} , для якої

$$\frac{dP}{dX} = 0. \quad (13)$$

Прирівнявши першу похідну до нуля, з урахуванням виразу (12), отримуємо:

$$\begin{aligned} \frac{dP}{dX} &= (1 - \alpha) \left[(1 - \beta) (X - a \cdot vX^{v-1}) - (1 + \gamma) w \cdot b\lambda X^{\lambda-1} - \delta \cdot mkX^{k-1} \right] = \\ &= \frac{1 - \alpha}{X} \left[(1 - \beta) X - (1 - \beta) a \cdot v^2 X - (1 + \gamma) w \cdot b\lambda^2 X - \delta \cdot mk^2 X - \right. \\ &\quad \left. - (1 - \beta)(1 - v)av - (1 + \gamma)(1 - \lambda)wb\lambda - (1 - k)\delta mk \right] = 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Таким чином, виходячи з умови першого порядку (4) і продиференціювавши (12), ми отримали вираз для визначення оптимального обсягу виробництва (14), за якого прибуток підприємства буде максимальним за наявного обсягу і структури його виробничого потенціалу.

У подальшому будемо вважати, що умова другого порядку

$$\frac{d^2P}{dX^2} < 0 \quad (15)$$

виконується, і точка X_{opt} – це точка максимуму.

А отже, з виразу (14) отримуємо:

$$X_{\text{opt}} = \frac{B}{A}, \quad (16)$$

де

$$A = -\delta mk^2 - (1 + \gamma)wb\lambda^2 + (1 - \beta)(X - av^2), \quad (17)$$

$$B = \delta mk(1 - \lambda) + wb\lambda(1 + \gamma)(1 - \lambda) + av(1 - v)(1 - \beta). \quad (18)$$

Теоретична концепція нашого дослідження ґрунтується на законі спаду граничної корисності факторів виробництва: збільшення змінних витрат підприємства сприяє збільшенню обсягів виробництва, виручки від реалізації продукції і прибутку лише до певної межі, за якою економічний ефект від нарощування виробництва починає знижуватися внаслідок необхідного розширення виробничого потенціалу і, відповідно, зростання постійних витрат, які супроводжують це розширення.

Як відомо, випуск додаткової одиниці продукції викликає збільшення загальної виручки від реалізації на величину граничної виручки і збільшення сумарних витрат підприємства на величину граничних витрат. Таким чином, найбільший прибуток підприємство отримує в тому разі, коли різниця між граничною виручкою і граничними витратами є максимальною. Ця різниця і визначає оптимальний обсяг виробництва, який, у свою чергу, забезпечує підприємству максимальний прибуток.

Якщо виконується закон спаду граничної корисності (або граничної віддачі факторів виробництва), тобто якщо $\frac{d^2y}{dX^2} < 0$, $\frac{d^2L}{dX^2} < 0$, $\frac{d^2K}{dX^2} < 0$, то $v < 1$, $\lambda < 1$, $k < 1$. Звідси отримуємо нерівності: $\frac{dX_{\text{opt}}}{d\beta} > 0$, $\frac{dX_{\text{opt}}}{d\lambda} > 0$, які вказують на те, що збільшення ставки податку на додану вартість і зменшення ставок нарахувань на заробітну плату здійснюють стимулюючий вплив на виробництво.

Також із (14) випливає, що податок на прибуток є відносно нейтральним, тобто його збільшення не впливає на виробничу активність підприємства. Однак такий висновок є досить сумнівним, а тому вимагає додаткових пояснень. Нейтральність податку на прибуток зумовлена принциповою статичністю моделі (1), яка фактично відображає лише процес утворення прибутку підприємства, зовсім не торкаючись іншої стадії відтворення – розподілу чистого прибутку. Однак саме на цій другій стадії відтворення податок на прибуток починає відігравати активну роль. Як доведено автором [3; 4, с. 156–161], не стосується передусім оновлення оборотних засобів, а також реінвестування прибутку, тобто виробничого нагромадження, яке, своєю чергою, формує основу для подальшого нарощування виробничого потенціалу підприємства.

Розглянемо результати дослідження оптимального розв'язку задачі (5) з використанням критерію норми прибутку (рентабельності).

З умови першого порядку (5), продиференціювавши (2), тобто

$$\frac{dR}{dX} = \frac{d}{dX} \left(\frac{P}{V} \right) = \frac{\left(\frac{dP}{dX} \right) V - \left(\frac{dV}{dX} \right) P}{V^2} = 0, \quad (19)$$

отримуємо вираз для визначення оптимального обсягу виробництва (X_{opt}^*) за умови максимізації норми прибутку (рентабельності) на вкладені ресурси:

$$X_{opt}^* = \frac{-D \pm \sqrt{D^2 - 4CE}}{2C};$$

$$X_{opt}^* > 0, \quad (20)$$

$$X_{opt}^* \neq \frac{-G \pm \sqrt{G^2 - 4FH}}{2F},$$

де

$$C = X^2 [(1-\beta)(av(1-v) + \delta mk(1-k) + wb\lambda(1-\lambda)(1+\gamma)) + a\beta(wb\lambda(1+\gamma)(v-\lambda) + \delta mk(v-k))]; \quad (21)$$

$$D = X [a\beta \{wb(1+\gamma)(v^2(1-2\lambda) - \lambda^2(1-2v)) + \delta m(v^2(1-2k) - k^2(1-2v))\} + (1-\beta)(a(1-v)^2 + (1-\beta)(a(1-v)^2 + wb(1+\gamma)(1-\lambda)^2 + \delta m(1-k)^2)]; \quad (22)$$

$$E = a\beta(1-v)[wb(1+\gamma)(1-\lambda)(v-\lambda) + \delta m(1-k)(v-k)]; \quad (23)$$

$$F = [av + \delta mk + wb\lambda(1+\gamma)]^2; \quad (24)$$

$$G = 2[av + \delta mk + wb\lambda(1+\gamma)][a(1-v) + \delta m(1-k) + wb(1+\gamma)(1-\lambda)]; \quad (25)$$

$$H = [a(1-v) + \delta m(1-k) + wb(1-\lambda)(1+\gamma)]^2. \quad (26)$$

Результати дослідження. Результати розрахунків, проведених для промислових підприємств Львівської області (табл. 1) за допомогою розробленого пакета прикладних програм «Виробництво», свідчать про безпосередній вплив на обсяги виробництва та прибуток, генерований цими обсягами, коефіцієнтів еластичності (табл. 2) і показників, що характеризують співвідношення між вихідними параметрами виробничого потенціалу об'єктів дослідження (табл. 3).

Для розрахунку виробничих функцій використані первинні дані бухгалтерського обліку, які відображені у звітності (балансах і фінансових звітах) промислових підприємств. Ці дані є одночасовими або перехресними, оскільки належать до одного періоду часу – 2007 р.

Низькі (< 1) коефіцієнти еластичності, передусім сировинно-матеріальних ресурсів, питома частка яких у витратах на виготовлення продукції всіх досліджуваних підприємств становить не менше 60%, забезпечують високу віддачу елементів виробничого потенціалу, тобто ефективну діяльність підприємств, що є реальною підставою для подальшого нарощування виробництва (ВАТ «МК "Стрий"», ЗАТ «Ензим»). Натомість висока еластичність сировинно-матеріальних витрат за випуском гальмує розвиток виробництва (АТЗТ «Світанок», ВАТ «ЛІЗ ГМП», ВАТ «Дніпропетровський хлібокомбінат»).

Таблиця 1. Показники обсягів виробництва і прибутку промислових підприємств Дніпропетровщини

Підприємства	Показники*					
	X_0	P_0	X_{opt}	P	X_{opt}^*	P^*
АТЗТ «Світанок»	17623,1	-991,5	12977,2	3203,3	—	—
ВАТ «ЛІЗ ГМП»	5398,8	-964,3	5037,4	1436,9	1935,1	753,9
ВАТ «Дніпропетр. хлібокомбінат»	47277,6	-57,3	33885,5	10595,2	—	—
ВАТ «МК "Стрий"»	17806,3	59,1	↑	↑	↑	↑
ЗАТ «Ензим»	98906,5	26334,8	190161,5	58973,5	113987,7	42760,2

* X_0 – обсяг виробництва у базовому році;

P_0 – прибуток у базовому році;

X_{opt} – оптимальний обсяг виробництва за умови максимізації прибутку;

P – максимальний прибуток;

X_{opt}^* – оптимальний обсяг виробництва за умови максимізації рентабельності;

P^* – прибуток при максимальній рентабельності;

↑ – зростання без досягнення максимуму за визначеними критеріями.

Що стосується показників, які характеризують співвідношення між параметрами виробничого потенціалу і обсягами виробництва, то їх вплив на

результати діяльності підприємства і обернена до впливу коефіцієнтів еластичності – чим вищими є названі показники, тим більшою є віддача елементів виробничого потенціалу, і навпаки. Наочним доказом цієї тези є надзвичайно низький показник m для ЗАТ «Ензим»: основні виробничі фонди цього підприємства у 2007 р., із підсумками якого проведені розрахунки, збільшилися у 2,45 разу.

Таблиця 2. Коефіцієнти еластичності витрат ресурсів за випуском продукції

Підприємства	Коефіцієнти еластичності		
	ν	λ	k
АТЗТ «Світанок»	2,110	0,072	-0,157
БАТ «ЛЗ ГМП»	2,617	1,822	0,262
БАТ «Дніпропетр. Хлібокомбінат»	2,462	-0,038	0,995
БАТ «МК "Стрий"»	0,470	0,015	0,083
ЗАТ «Ензим»	0,549	0,024	3,890

Таблиця 3. Показники, що характеризують співвідношення між параметрами виробничого потенціалу і обсягами виробництва

Підприємства	Показники		
	a	b	m
АТЗТ «Світанок»	$0,1299 \cdot 10^{-4}$	111,292	21612,210
БАТ «ЛЗ ГМП»	$0,347 \cdot 10^{-6}$	$0,497 \cdot 10^{-4}$	470,025
БАТ «Дніпропетр. Хлібокомбінат»	$0,944 \cdot 10^{-7}$	1281,051	0,196
БАТ «МК "Стрий"»	79,308	390,283	2308,633
ЗАТ «Ензим»	51,410	310,319	$1,675 \cdot 10^{-15}$

За умови відсутності обмежень ринкового характеру передують погіршення кон'юнктури на товарному і сировинних ринках, наявні обсяги і структура виробничого потенціалу меблевого комбінату «Стрий» надасть можливість цьому підприємству нарощувати обсяги виробництва та отримувати при цьому значні прибутки та високий рівень рентабельності. Натомість оптимальні обсяги виробництва для АТЗТ «Світанок» і БАТ «Львівський завод ГМП» є суттєво нижчими від досягнутих у базовому році показників, які призвели до збиткових результатів діяльності цих підприємств за підсумками 2007 р. Потенційна можливість отримання прибутку названими підприємствами при менших обсягах виробництва, як видно з табл. 1, свідчить про наявність диспропорцій у структурі їх виробничого потенціалу і, таким чином, підтверджує дію закону спаду граничної віддачі факторів виробництва, а саме необхідність нарощування, поряд із сировинно-матеріальними, інших елементів потенціалу, передусім основних виробничих фондів (ступінь зносу яких є дуже високим) з метою збалансованого, а отже, ефективного функціонування підприємств.

Висновки. Найважливіша й найактуальніша проблема досягнення високих темпів економічного зростання промислового підприємства це досягнення оптимального співвідношення обсягу виробництва (реалізації) продукції з витратами і прибутком за умови оптимізації виробничої програми і, як наслідок, забезпечення інвестиційного розвитку промислового виробництва.

Результати проведених розрахунків виявили, що абсолютний критерій оптимальності, тобто чистий прибуток підприємств, генерує значно вищі обсяги виробництва, ніж відносний критерій (рентабельність продукції). Це дає підстави стверджувати, що запропоновані методи визначення оптимальних виробничих програм довели попередні припущення стосовно методологічної різниці між цими двома оптимізаційними задачами на користь саме прибутку.

Таким чином, ефективність відтворювальних процесів у вітчизняній економіці залежать, передусім, від результатів діяльності промислових підприємств, оскільки поряд із амортизацією саме чистий прибуток є основним джерелом інвестицій у виробничий розвиток. У таких умовах, як доведено автором [5], основною формою інвестиційного забезпечення розвитку промислового виробництва, яка надасть можливість створити стабільну основу для розширеного відтворення виробничого потенціалу, є реінвестиційний механізм.

Література

1. Про оподаткування прибутку підприємств (у редакції Закону України від 22.05.97 р. № 238/97-ВР, зі змінами та доповненнями на 24.12.2002 р.): Закон України. – Режим доступу: <http://www.rada.kiev.ua/>. – Дата доступу: 11.12. 2003.
2. Плакунов М. К. Производственные функции в экономическом анализе / М. К. Плакунов, Р. Л. Раяцкас. – Вільнюс: Мантис, 1984. – 308 с. – ISBN 5-282-00740-1
3. Ішук С. О. Методи оцінки виробничо-реалізаційного циклу підприємства / С. О. Ішук // Соціально-економічні дослідження в перехідний період. Проблеми оцінки соціально-економічних процесів : щорічник наукових праць. – Львів, 2003. – 192 с. – ISSN 1562-0905.
4. Організаційно-економічне забезпечення інноваційного розвитку промисловості регіону / НАН України. Інститут регіональних досліджень; ред. кол. : наук. редактор д. е. н., проф. Є. І. Бойко. – Львів, 2003. – 192 с. – ISBN 966-02-3116-4.
5. Ішук С. О. Реінвестиційний механізм відтворення основного капіталу у промисловості / С. О. Ішук // Теоретичні та прикладні питання економіки: зб. Наук. праць / за ред. Ю. І. Єханурова, А. В. Шегди. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006. – Вип. 9. – С. 143–149. – ISSN 1562-0905.
6. Гукалюк А. Ф. Моделювання процесу розробки оптимальної виробничої програми / А. Ф. Гукалюк // Актуальні проблеми економіки. – 2006. – № 9. – ISSN 573-1435.

УДК 336.77

О. А. Жуковська,

к. ф.-м. н., доц.

Г. О. Зінов'єва,

Національний технічний університет України «КПІ»

ОЦІНКА КРЕДИТОСПРОМОЖНОСТІ КЛІЄНТА МЕТОДОМ ROC-АНАЛІЗУ

Розглянуто проблематику прийняття кредитних рішень, а саме технології скорингу. Технології скорингу – автоматичної оцінки кредитоспроможності фізичних осіб – нині приділяється підвищена увага, а ROC-аналіз забезпечує керування ризиками залежно від кредитної політики й стратегії організації.

Основна мета дослідження полягає у виявленні неблагонадійних потенційних позичальників, створенні математичної моделі прийняття кредитних рішень, аналізі кредитоспроможності клієнтів банку та окресленні потенційних напрямків подальшого розвитку та удосконалення роботи за цією тематикою.

Побудовано скорингові моделі на основі логістичної регресії та методом k – найближчого сусіда, був проведений їх ROC-аналіз, що показав відмінну ефективність алгоритмів. На основі цього було побудовано модель прийняття колективного рішення з урахуванням неоднозначної відповіді про надання кредиту згаданих раніше моделей.

In this work an author is examine problematika of acceptance of credit decisions, namely technologies of scoring. Technology of scoring – automatic estimation of solvency of physical persons – enhanceable attention is today spared, and a roc-analysis is provided by a management risks depending on a credit policy and strategy of organization.

The primary purpose of research consists exposure of unreliable potential borrowers, creation of mathematical model of acceptance of credit decisions, analysis of solvency of clients, Diamont bank and lineation of potential directions of subsequent development and improvement of work after this subject.

In this work scoringovi models were built on the basis of logistic regression and by the k – neighbors method, was conducted them ROC is an analysis which rotined a next-door neighbour excellent efficiency of algorithms. On the basis of it, the model of acceptance of collective decision was built taking into account an ambiguous answer about a grant the credit of mentioned ranishe models.

Ключові слова: скоринг, ROC-аналіз, скорингова модель, кредитоспроможність, погашення, модель прийняття остаточного кредитного рішення.

Вступ. Скоринг являє собою математичну або статистичну модель, за допомогою якої на основі кредитної історії «минулих» клієнтів банк намагається визначити, наскільки велика ймовірність, що конкретний потенційний позичальник поверне кредит у строк.

В цій роботі проаналізовано підходи до моделювання скорингових систем та їх оцінки методом ROC-аналізу. У зв'язку з тим, що розвиток системи кредитування в Україні стрімко зростає, моделювання цього процесу є важливим і актуальним питанням.

Постановка завдання. Поставимо моделі завдання виявлення неблагонадійних потенційних позичальників. Але, оскільки у скорингу загальноприйнято, що чим вище рейтинг клієнта, тим вище його кредитоспроможність, то будемо вважати позитивним результатом успішне погашення позики, а негативним – дефолт за кредитом.

Тоді, проектуючи за цих умов визначення чутливості й специфічності на скоринг, можна вважати, що скорингова модель із високою специфічністю відповідає консервативній кредитній політиці (частіше відбувається відмова у видачі кредиту), а з високою чутливістю – політиці ризикованих кредитів. У першому випадку мінімізується кредитний ризик, пов'язаний із втратами позички й відсотків і додаткових витрат на повернення кредиту, а в другому – комерційний ризик, пов'язаний з упущеною вигодою.

Основною метою є побудова моделі прийняття колективного рішення, яка б опиралась на дані двох скорингових алгоритмів.

Методологія. У роботі проаналізовані та використані математичні методи для вирішення поставленого завдання.

Розглянувши приклади моделей прийняття рішень і основні методи, які забезпечують підтримку кредиторам при виборі рішень за споживчим кредитом, для роботи було обрано побудову скорингових моделей на основі логістичної регресії та методом k – найближчого сусіда, які відповідають практиці комерційного банку «Діамант».

Логістична регресія є статистичним інструментом для розрахунку коефіцієнтів (балів) скорингової карти на основі накопиченої кредитної історії. Логістична регресія – це різновид множинної регресії, загальне призначення якої полягає в аналізі зв'язку між декількома незалежними змінними (називаними також регресорами або предикторами) і залежною змінною. Бінарна логістична регресія застосовується у випадку, коли залежна змінна є бінарною (тобто може приймати тільки два значення). Іншими словами, за допомогою логістичної регресії можна оцінювати ймовірність того, що подія наступить для конкретного випробуваного (повернення кредиту/дефолт і т. д.).

Логістична регресія – корисний класичний інструмент для рішення задач регресії й класифікації. Без логістичної регресії й ROC-аналізу – апарата для аналізу якості моделей – немислима побудова моделей у банківській системі та дослідженні кредитоспроможності позичальників. В останні роки логістична регресія отримала поширення у скорингу для розрахунку рейтингу позичальників і керування кредитними ризиками [8].

Для побудови рівняння регресії використовуються анкетні дані позичальників: вік, стать, знаходиться у шлюбі (так/ні), кількість утриманців, сукупний дохід, досвід роботи, період проживання в регіоні, ринкова вартість власної нерухомості, щомісячний платіж за кредитом [8; 12].

Таким чином, рівняння регресії матиме такий вигляд:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n. \quad (1)$$

Метод «найближчого сусіда» («nearest neighbour») належить до класу методів, робота яких ґрунтується на зберіганні даних у пам'яті для порівняння з новими елементами. Після появи нового запису для прогнозування знаходяться відхилення між цим записом і подібними наборами даних, і найбільш подібна (або ближній сусід) ідентифікується.

Перевагами методу «найближчого сусіда» вважається простота використання отриманих результатів; рішення не унікальні для конкретної ситуації, можливе їх використання для інших випадків; метою пошуку є не гарантовано вірне рішення, а краще з можливих. А недоліками те, що цей метод не створює яких-небудь моделей або правил, що узагальнюють попередній досвід, у виборі рішення вони ґрунтуються на всьому масиві доступних історичних даних, тому неможливо сказати, на якій підставі будуються відповіді.

Також існує складність вибору міри «близкості» (метрики). Від цього заходу головним чином залежить об'єм безлічі записів, які потрібно зберігати у пам'яті для досягнення задовільної класифікації або прогнозу. Також існує висока залежність результатів класифікації від вибраної метрики. Під час використання методу виникає необхідність повного перебору повчальної вибірки при розпізнаванні, наслідок цього – обчислювальна трудомісткість. Типові завдання цього методу – це завдання невеликої розмірності за кількістю класів і змінних.

Під час розгляду нового клієнта банку, його атрибути порівнюються зі всіма існуючими клієнтами цього банку (дохід, вік і т. д.). Безліч «найближчих сусідів» потенційного клієнта банку вибирається на підставі найближчого значення доходу, віку і т. д.

Один із варіантів оцінки параметра k – проведення крос-перевірки. Така процедура реалізована, наприклад, у пакеті STATISTICA (StatSoft).

Крос-перевірка – відомий метод отримання оцінок невідомих параметрів моделі. Основна ідея методу – розділення вибірки даних на v «складок», які випадковим чином виділені ізольовані підвибірки [9].

За фіксованим значенням k будується модель k -найближчих сусідів для отримання прогнозів на v -му сегменті (решта сегментів при цьому використовується як приклади) й оцінюється помилка класифікації. Для регресійних завдань найчастіше як оцінка помилки виступає сума квадратів, а для класифікаційних завдань зручніше розглядати точність (відсоток коректно класифікованих спостережень).

Далі процес послідовно повторюється для всіх можливих варіантів вибору v . Після вичерпання v «складок» (циклів), обчислені помилки усереднюються і використовуються як міра стійкості моделі (тобто заходи якості прогнозу у точках запиту). Вищеописані дії повторюються для різних k , і значення, відповідне найменшій помилці (або найбільшій класифікаційній точності), приймається як оптимальне (оптимальне у сенсі методу перевірки кросу).

Слід враховувати, що крос-перевірка – для обчислення містка процедура, і необхідно надати час для роботи алгоритму, особливо якщо об'єм вибірки достатньо великий.

Другий варіант вибору значення параметра k – самостійно задати його значення. Проте цей спосіб слід використовувати, якщо є обґрунтовані припущення щодо можливого значення параметра, наприклад, попередні дослідження схожих наборів даних.

Метод k -найближчих сусідів показує достатньо непогані результати у найрізноманітніших завданнях.

Визначивши значення параметра k , ви можете побудувати прогноз, використовуючи спостереження – приклади для методу k -НС. Для завдання регресії прогноз – це усереднювання виходів найближчих сусідів.

Як було описано вище, маючи точку запиту, процедура k -НС будує прогноз на основі виходів k найближчих до цієї крапки сусідів. Отже, для роботи методу k -НС необхідно визначити метрику для обчислення відстані між точкою запиту і спостереженнями зразкової вибірки. Найчастіше використовується евклідова метрика. Застосовуються й інші заходи: квадрат евклідової відстані, манхеттенська відстань, відстань Чебишева:

$$D(x, p) = \left\{ \begin{array}{ll} \sqrt{(x-p)^2} & \text{Euclidean} \\ (x-p)^2 & \text{Euclidean Squared} \\ \text{Abs}(x-p) & \text{Cityblock} \\ \text{Max}(|x-p|) & \text{Chebyshev} \end{array} \right\}, \quad (2)$$

де x і p – точка запиту і спостереження із зразкової вибірки відповідно;

$$y = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K y_i, \quad (3)$$

де y_i – спостереження i зразкової вибірки і y – передбачене значення (вихід) точки запиту. На відміну від регресії, прогноз для завдань класифікації будується на основі схеми голосування, у відповідності з якою як результат береться мітка переможця.

Оскільки метод прогнозу k -НС ґрунтується на інтуїтивному припущенні про те, що близько розташовані один до

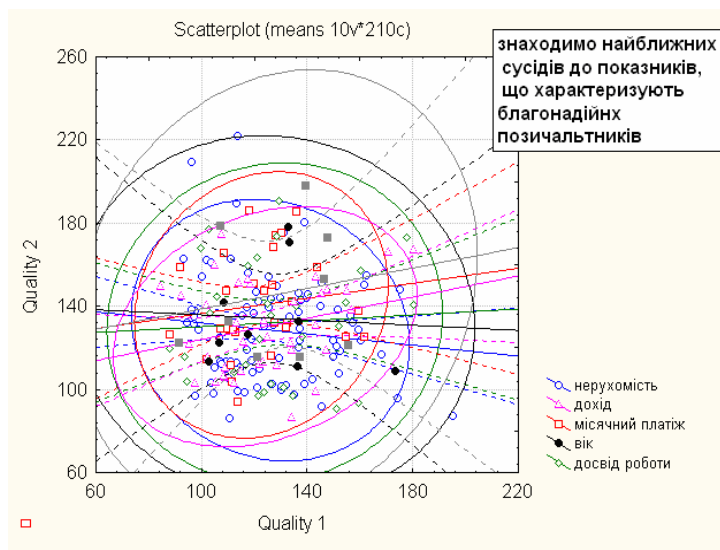


Рис. 1. Моделі на основі методу k -найближчих сусідів

одного об'єкти потенційно схожі, має сенс під час побудови прогнозів розрізняти k -найближчих сусідів за їх відстанню до точки запиту (тобто допустити, що чим ближче сусід до точки запиту, тим істотніше її вплив на прогноз). Це можна реалізувати, використовуючи набір важелів W для кожного найближчого сусіда, який формується на основі відносної близькості кожного сусіда до точки запиту. Таким чином, маємо:

$$W(x, p_i) = \frac{\exp(-D(x, p_i))}{\sum_{i=1}^K \exp(-D(x, p_i))}, \quad (4)$$

де $D(x, p_i)$ – відстань між точкою запиту x і p_i (i -м спостереженням зразкової вибірки). Ясно, що визначені таким чином ваги задовольнятимуть умову

$$\sum_{i=1}^K W(x_0, x_1) = 1. \quad (5)$$

Отже, для завдання регресії маємо:

$$y = \sum_{i=1}^K W(x_0, x_1) y_i. \quad (6)$$

Для завдань класифікації максимум вищенаведеного рівняння береться для кожної змінної класу.

З приведеного тут опису зрозуміло, що $k > 1$ природно визначає стандартне відхилення прогнозу регресійного завдання:

$$\text{errorBar} = \mp \sqrt{\frac{1}{K-1} \sum_{i=1}^K (y_i - y_1)^2}. \quad (7)$$

Проведемо оцінку якості алгоритмів класифікації методом ROC-аналізу. ROC-крива показує залежність кількості вірно класифікованих позитивних прикладів від кількості невірно класифікованих негативних прикладів. Позитивним результатом є успішне погашення позики, а негативним – дефолт за кредитом.

ROC-крива виходить у такий спосіб:

1. Для кожного значення порога відсікання, що міняється від 0 до 1 із кроком dx (наприклад, 0,01) розраховуються значення чутливості Se і специфічності Sp . Як альтернатива порогом може бути кожне наступне значення приклада у вибірці.

2. Будується графік залежності: по осі Y відкладається чутливість $Se = TPR = \frac{TP}{TN + FN} 100\%$ (частка істинно

позитивних випадків), по осі X – $100\% - Sp$ (сто відсотків мінус специфічність), $Sp = \frac{TN}{TN + FP} 100\%$ (частка істинно

негативних випадків),

де TP (True Positives) – істинно позитивні випадки;

TN (True Negatives) – істинно негативні випадки;

FN (False Negatives) – позитивні приклади, класифіковані як негативні (помилка I роду);

FP (False Positives) – негативні приклади, класифіковані як позитивні.

Оцінка моделі отримується обчисленням площі AUC (Area Under Curve) під кривою:

$$AUC = \int f(x) dx = \frac{1}{2} \sum_i (x_{i+1} + x_i)(y_{i+1} + y_i). \quad (8)$$

Таблиця 1. Експертна шкала показника площі під кривою

Інтервал AUC	Якість моделі
0,9-1,0	Відмінне
0,8-0,9	Дуже гарне

0,7-0,8	Гарне
0,6-0,7	Середнє
0,5-0,6	Незадовільне

Ідеальна модель має 100 %-ву чутливість і специфічність.

Спираючись на політику банку: скорингова модель із високою специфічністю відповідає консервативній кредитній політиці (частіше відбувається відмова у видачі кредиту), а з високою чутливістю – політиці ризикованих кредитів [2; 3; 4; 5].

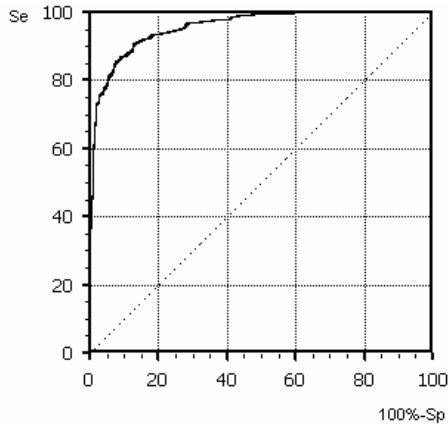


Рис. 2. Графік залежності специфічності і чутливості

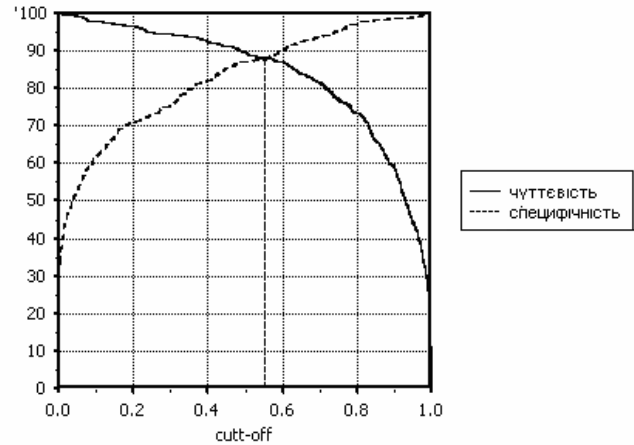


Рис. 3. Поріг відсікання за перетину графіків чутливості

Вимога балансу між чутливістю й специфічністю, тобто коли:

$$Cut_off_0 = \min_k |Se_k - Sp_k|. \quad (9)$$

На самому початку дослідження перед нами була поставлена задача побудувати модель прийняття остаточного кредитного рішення, яка б з легкістю виявляла неблагонадійних позичальників.

Нехай два алгоритми ($N = 2$) незалежно один від одного приймають особисті рішення про надання або ненадання кредиту, який може знаходитись в одному з двох можливих станів ($M = 2$) з апіорними ймовірностями

$$P(V_1) \text{ і } P(V_2) = 1 - P(V_1).$$

Нехай відомі ймовірності помилок першого та другого роду особистих рішень незалежних експертів

$$P^{(i)}(E | V_k) = P(\delta_i = m | V_k), \quad m, k, i = 1, 2, \quad k \neq m. \quad (10)$$

Тоді колективне рішення $D = m$, $m = 1, 2$ є оптимальним з точки зору мінімуму середньої ймовірності помилки на множині можливих ситуацій, якщо в ситуації S_{m1m2} , $m_1 \neq m_2$ колективне рішення $D = 1$ приймається на користь V_1 за умови

$$P(V_1)P^{(m_2)}(E | V_1)[1 - P^{(m_1)}(E | V_1)] > P(V_2)P^{(m_1)}(E | V_2)[1 - P^{(m_2)}(E | V_2)], \quad (11)$$

і рішення $D = 2$ на користь V_2 за

$$P(V_1)P^{(m_2)}(E | V_1)[1 - P^{(m_1)}(E | V_1)] < P(V_2)P^{(m_1)}(E | V_2)[1 - P^{(m_2)}(E | V_2)]. \quad (12)$$

Припускається умовна незалежність ймовірностей помилок експертів:

$$P^{(m_1 m_2)}(E | V_k) = P^{(m_1)}(E | V_k)P^{(m_2)}(E | V_k),$$

де $P^{(m_1 m_2)}(E | V_k)$ – ймовірність помилки обох експертів за умови знаходження об'єкта в k -му стані.

Перепишемо вирази (5) і (6) у більш зрозумілому і простому вигляді, використовуючи позначення специфічності і чутливості:

$$\begin{aligned} Se^{(i)}(1 - Se^{(j)})P &> (1 - P)Sp^{(j)}(1 - Sp^{(i)}), \text{ надання кредиту,} \\ Se^{(i)}(1 - Se^{(j)})P &< (1 - P)Sp^{(j)}(1 - Sp^{(i)}), \text{ ненадання кредиту.} \end{aligned} \quad (13)$$

Результати дослідження. Були побудовані та порівняні дві моделі: модель на основі логістичної регресії, модель на основі методу k -найближчого сусіда. Більш ефективною виявилась побудована модель на основі логістичної регресії.

Рівняння логістичної регресії:

$$\begin{aligned} y = & -3,5276 - 0,0260 x_1 + 0,6694 x_2 - 0,2408 x_3 - 1,8741 x_4 + 0,0007 x_5 + \\ & + 0,0033 x_6 + 0,0094 x_7 + 0,0109 x_8 - 0,0009 x_9. \end{aligned} \quad (14)$$

Модель методом k -найближчого сусіда була побудована використовуючи програмне забезпечення STATISTICA 6. Приклад її реалізації можна подати на рис. 1.

Проведемо оцінку якості алгоритмів класифікації методом ROC-аналізу.

За даними таблиць отриманих значень чутливості і специфічності, були побудовані та порівняні ROC-криві (рис. 4, 5) для скоригових моделей на основі логістичної регресії та на основі методу k -найближчого сусіда. Опираючись на

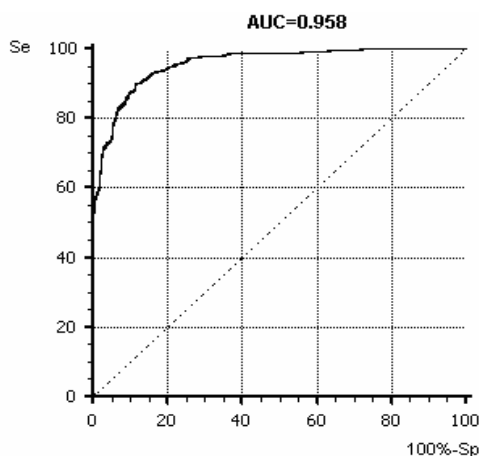


Рис. 4. ROC-крива для моделі на основі логістичної регресії

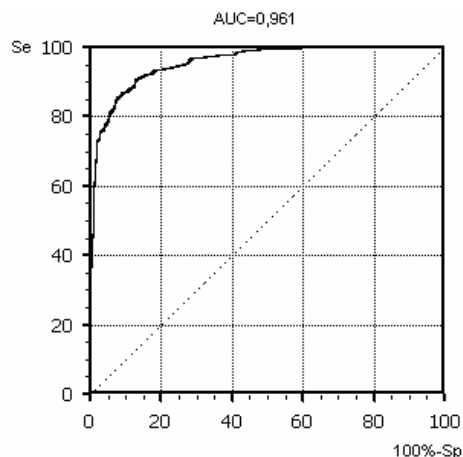


Рис. 5. ROC-крива для моделі методом k -найближчого сусіда

результати виконаної роботи, дані моделі можна охарактеризувати як відмінні (за експертною шкалою якості моделі). Це свідчить про те, що банк надає кредити благонадійним позичальникам, у більшості випадків керуючись даними кредитно скорингової програми.

До банку завітала людина, вона хоче отримати кредит. Застосувавши два скорингові алгоритми для оцінки кредитоспроможності клієнта ми отримали неоднозначні відповіді. Для цього застосуємо модель прийняття остаточного кредитного рішення.

Колективне рішення $D = m$, $m = 1, 2$ є оптимальним з точки зору мінімуму середньої ймовірності помилки на множині можливих ситуацій (4), якщо в ситуації S_{m1m2} , $m_1 \neq m_2$ колективне рішення $D = 1$ приймається на користь V_1 за умови (11) і рішення $D = 2$ на користь V_2 при (12).

Для характеристики умовних ймовірностей (ймовірностей помилок першого та другого роду) використаємо формули чутливості і специфічності.

Оскільки у цій моделі використовуються апіорні ймовірності, то в нашому випадку це ймовірність надання кредиту певній групі клієнтів, до якої відноситься наш позичальник. Апіорна ймовірність $p = 0,023$.

Перепишемо нерівності моделі:

$$\begin{aligned} Se^{(i)}(1 - Se^{(j)})P &> (1 - P)Sp^{(j)}(1 - Sp^{(i)}), \text{ надання кредиту,} \\ Se^{(i)}(1 - Se^{(j)})P &< (1 - P)Sp^{(j)}(1 - Sp^{(i)}), \text{ ненадання кредиту.} \end{aligned} \quad (13)$$

Випишемо результати моделей за такої ситуації.

Модель на основі логістичної регресії.

Специфічність та чуттєвість моделі $Se = 91,1\%$, $Sp = 86,8\%$.

Модель на основі методу k – сусідів.

Специфічність та чуттєвість моделі $Se = 88,6\%$, $Sp = 89,7\%$.

Застосуємо вираз (13):

$$Se^{(i)}(1 - Se^{(j)})P > (1 - P)Sp^{(j)}(1 - Sp^{(i)}),$$

$$0,911(1 - 0,897)0,023 > (1 - 0,023)(1 - 0,868)0,897,$$

$$0,093833 \cdot 0,023 > 0,977 \cdot 0,118404,$$

$$0,002158159 > 0,1158078 - \text{нерівність не виконується;}$$

$$Se^{(i)}(1 - Se^{(j)})P < (1 - P)Sp^{(j)}(1 - Sp^{(i)}),$$

$$0,911(1 - 0,897)0,023 < (1 - 0,023)(1 - 0,868)0,897,$$

$$0,002158159 < 0,11580708 - \text{нерівність виконується.}$$

Під час застосування моделі прийняття остаточного кредитного рішення ми отримали рішення про ненадання кредиту клієнту. Такий результат говорить про те, що модель побудована на основі логістичної регресії є більш ефективною. Таким чином, клієнт банку, що має такі, застосовані під час розрахунків, анкетні дані, кредиту не отримає [23].

Висновок. Розглянуті вище питання розробки й вибору алгоритму кредитного скоринга вирішуються у межах банківської бек-офісної аналітичної системи й ставляться до області діяльності кредитного аналітика.

Після того, як алгоритм кредитного скоринга розроблений, він має бути вбудований у фронтальну систему. Така фронтальна система може використовуватися для підтримки прийняття рішень кредитним офіцером, коли він розглядає

заявки аплікаторів на отримання кредиту, або для самодіагностики аплікаторів за допомогою web-сервісу, представленого на сайті банку в Інтернеті.

У фронтальній системі вирішується досить просте завдання – за інформаційними ознаками апліканта визначити його скоринг-бал і порівняти його з балом відсікання.

Оскільки сучасні інформаційні технології розробки скорингових алгоритмів зазвичай передбачають генерацію програмного коду отриманого скорингового алгоритму, практична реалізація створення фронтального додатка праці не представляє.

Із часом предиктивна потужність скорингового алгоритму в силу об'єктивних причин знижується. Настає час для повторного розрахунку скорингових алгоритмів і заміни у фронтальних додатках колишньої процедури скорингу новою. Вибір моменту перерахунку скорингової моделі є самостійним завданням, що може бути вирішеним на основі відповідних статистичних критеріїв. Однак якщо в банку на ділянку скоринг-аналітика виділений фахівець на постійній основі, то перерахунок скорингових алгоритмів (принаймні теоретично) може здійснюватися з будь-якою періодичністю в міру поповнення бази даних новими кредитними історіями.

В Україні впровадження скоринга повинне здійснюватися поступово. Для початку можна зробити автоматизовану експертну систему попередньої оцінки позичальників, що буде автоматично відсіювати свідомо «погані» ризики, а на розгляд кредитного комітету пропонувати ризики «гарні» і «прикордонні». Застосовані у роботі методи найбільш швидко й чітко зроблять оцінку факторів і видадуть результат – розподіл позичальників по категоріях ризику. Отже, на підставі розглянутих матеріалів у роботі було подано експертну скорингову систему, що використовує методи найближчих сусідів і логістичне регресії. Це система надасть можливість банківським працівникам швидко ухвалювати рішення щодо кредитування, регулювати обсяги кредитування залежно від ситуації на ринку й визначати оптимальне співвідношення між прибутковістю кредитних операцій і рівнем ризику.

Література

1. Черкашенко В. Ріст споживчого кредитування, кризи й скоринг [Текст] / В. Черкашенко // Фінансова консультація, – 2005. – № 1–2. – ISSN 0130-3097.
2. Чиненков А. В. Банківські кредити й способи забезпечення кредитних зобов'язань [Текст] / А. В. Чиненко // Бухгалтерія й банки. – 1996. – № 4. – ISSN 0130-3194.
3. Davis J., Goadrich M. The Relationship Between Precision-Recall and ROC Curves [Text] / J. Davis, M. Goadrich // Proc. Of 23 International Conference on Machine Learning. – Pittsburgh, PA, 2006. – 4000 p. – ISBN 0-8493-0192-0.
4. Fawcett T. ROC Graphs: Notes and Practical Considerations for Researchers [Текст] / T. Fawcett // 2004 Kluwer Academic Publishers. – ISBN 3-540-66992-2. – 1174.21 p.
5. Churchill G. A., Nevin J. R., Watson R. R. [Текст]: The role of credit scoring in the loan decision. Credit World. – March, 1977.; Myers J. H., Forgy E. W. The development of numerical credit evaluation systems // Journal of American Statistical Association. – September, 1963. – 15000 p – ISBN 0-87168-441-1.
6. Челноков В. А. Деньги, кредит, банки [Текст] : учеб. пособие / В. А. Челноков. – М.: ЮНИТИ : ЮНИТИ–ДАНА, 2005. – 366 с. – Библиогр.: с. 362. – 30000 экз. – ISBN 5-238-00817-1.
7. Багатомірний статистичний аналіз в економіці / Під ред. проф. В. Н. Тамашевича. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 598 с. – ISBN 5-238-00099-5.
8. Непман Дж. Математическое понятие решения. Теория игр и математическое поведение [Текст] / Дж. Непман, О. Моргенштерн. – М.: Наука, 1971. – 435 с. – ISBN 5-9692-0050-6.
9. Барабаш Ю. Л. Коллективные статистические решения при распознавании. – М.: Радио и связь, 1983. – 224 с. – 52000 экз. – ISBN 5-484-00920-0.
10. Айзерман М. А. Выбор вариантов: основы теории [Текст] : моногр. / М. А. Айзерман, Ф. Т. Алескеров. – М.: Наука, 1990. – 236 с. : ил. – (Теория и методы системного анализа). – 5200 экз. – ISBN 5-02-014091-0.
11. Бейко И. В. Задачи принятия решений в конфликтной ситуации. – К.: Наук. думка, 1994. – 137 с. – 32000 экз. – ISBN 5-12-000994-8.
12. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с. – 20000 экз. – ISBN 5-12-001584-0.
13. Евланов Л. Г. Принятие решений в условиях неопределенности. – М.: Наука, 1974. – 131 с. – 5200 экз. – ISBN 5-86911-350-4.
14. Жуковская О. А., Файнзильберг Л. С. Интервальное обобщение байесовской модели принятия коллективного решения в конфликтных ситуациях [Текст] // Кибернетика и системный анализ. – 2005. – № 3. – 133 – 144 с.
15. Жуковская О. А., Файнзильберг Л. С. Формальная оценка квалификации эксперта на основе байесовской модели и методов интервального анализа [Текст] // Проблемы управления и информатики. – 2005. – № 3. – 103 – 115 с.
16. Жуковская О. А. Интервальные модели принятия коллективных решений в конфликтных ситуациях [Текст] // Международная конференция «Проблемы управления и приложения». – Минск, 2005. – 32 с. – 1000 экз. – ISBN 5-215-01358-6.
17. Кім Дж. О. Факторний, дискримінантний і кластерний аналіз [Текст] / Дж. О. Кім, Ч. У. Мюллер. – М.: Фінанси й статистика, 1989. – 215 с. – 35000 пр. – ISBN 5-8135-0145-2.
18. Кини Р. Принятие решений при многих критериях: Предпочтения и замещения [Текст] / Х. Райфа, Р. Кини; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с. – ISBN 5-256-01292-4.
19. Макаров И. М. Теория выбора и принятия решений [Текст] / И. М. Макаров. – М.: Наука, 1987. – 350 с. – ISBN 5-02-000796-X.

20. Миркин, Б. Г. Проблемы группового выбора [Текст] / Б. Г. Миркин. – М.: Наука, 1974. – 256с. – ISBN5-89407-007-4.
21. Мулен Э. Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели [Текст] : моногр. / Э. Мулен; пер. с англ. О. Р. Меньшиковой; под ред. И. С. Меньшикова. – М.: Мир, 1991. – 463 с.: ил. – Пер. изд. : Axioms of cooperative decision making / H Moulin. – New York et al., 1988. – Библиогр.: с. 435 – 449. – 6300 экз. – ISBN 5-03-002131-0.
22. Покровский, В. С. Вопросы организации процессов принятия решений [Текст] / В. С. Покровский. – М.: Наука, 1975. – 145 с. – ISBN 5-8066-0466-7.
23. Розен В. В. Цель – оптимальность – решение. Математические модели принятия оптимальных решений [Текст] / В. В. Розен. – М.: Радио и связь, 1982. – 169 с. – 1000 экз. – ISBN 5-88982-0087.

УДК 336:519.7

В. О. Капустян,
д.ф.-м.н., проф.
К. О. Ільченко,

Національний технічний університет України «КПІ»

РАЦІОНАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЙ БАНКІВСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Запропоновано динамічну модель вибору стратегії діяльності банку з урахуванням диференціації клієнтів фінансової установи на юридичних і фізичних осіб. Модель враховує вплив нематеріальних і матеріальних факторів, які представлені показниками гудвілу і ліквідності. За допомогою векторної оптимізації знайдено оптимальні значення керованих змінних: депозитних і кредитних ставок, які дають можливість змінювати стратегію діяльності установи.

The dynamic model of choice strategy of bank's activity, taking into account differentiation of clients of financial institution on legal and physical entities, is offered. A model is based on influencing of immaterial and financial factors which are presented by the indexes of goodwill and liquidity. Optimum values of the guided variables are found by vectorial optimization: deposit and credit rates, which allow to change bank strategy.

Ключові слова: гудвіл, ліквідність, стратегічне планування, виробнича функція Кобба-Дугласа, векторна оптимізація, Парето-оптимальні точки.

Вступ. Робота банківської установи традиційно супроводжується високим рівнем ризику, що зумовлено складністю процесів і взаємозв'язків у фінансовій сфері. На фоні останніх світових подій особливо загрозливо виглядає статистика банкрутств банківських установ в Україні. Тому постає питання про планування роботи банку в умовах нестабільного середовища. Широкого розповсюдження отримала точка зору про те, що таке планування є недоцільним через обмеженість часового горизонту достовірного прогнозу. Але саме планування в умовах нестабільності зовнішнього середовища дає можливість розробити програму протидії негативним факторам і, як наслідок, зменшити «ефект несподіванки», що автоматично приводить до зниження ризику в банківській сфері.

Робота в цьому напрямку ускладнена проблемою визначення самої сутності банку: його можна розглядати як фірму на ринку грошових продуктів, як фірму-посередник, і навіть з точки зору наявності цінної інформації у конкретному банку.

Економічні проблеми роботи банку подано у роботах [5; 6], де і виділено основні теорії функціонування банку.

Основні підходи до моделювання банківської діяльності можна поділити на дві групи. При виробничо-організаційному підході банк розглядається як фірма, яка функціонує на ринку, де товаром є гроші. Модель банківської діяльності ґрунтується на завданні виробничої функції. Основоположником цієї теорії є Бенстон [4]. Але останнім часом цей підхід почав втрачати свою популярність.

Функції й операції, здійснювані банківськими установами, є свого роду базою для іншого фундаментального підходу, що пояснює причини існування банків. Згідно з ним, банки розглядаються як економічні інститути, що здійснюють трансформацію фінансових контрактів. Цей підхід отримав розвиток у роботах таких відомих економістів, як Бенстон, Сміт, Фама [4].

Моделювання фінансової сфери і бізнесу розглянуто в роботах С. І. Шелобаєва [2] та П. В. Конюховського [3]. Більш детально фінансові інструменти в банку і динаміка його розвитку описується Н. Є. Єгоровою і О. М. Смуловим [7; 8].

Нині спостерігається дефіцит моделей, які б зображували динаміку банківських процесів. У достатній мірі розвинутий лише сегмент моделювання кредитних ризиків [9] та імітаційне моделювання.

Постановка завдання. Розробка математичної моделі для визначення стратегії діяльності банку з урахуванням основних теорій функціонування банківських установ. Розв'язання моделі для знаходження оптимальних відсоткових ставок.

Методологія. Опишемо особливості роботи банку, які враховувалися під час створення моделі.

Головною метою банку у короткостроковому періоді є збільшення прибутку. У довгостроковому періоді банківська установа використовує іншу стратегію: потрібно не лише максимізувати прибуток, а й забезпечити довгострокове функціонування банку за рахунок постійного притоку грошових коштів. Тобто головним завданням є збільшення потенціалу банку.

Обмежимо діяльність банківської установи операціями з видачі кредитів і залучення депозитів. У такому випадку керування діяльністю банку може відбуватися через відсоткові ставки. Процентні і кредитні ставки банк встановлює самостійно, отже, змінюючи їх, можна зменшувати або збільшувати кількість залучених і виданих коштів.

Розглянемо показники ліквідності і гудвілу, які дають змогу описати матеріальні і нематеріальні фактори роботи банківської установи.

Показник ліквідності дає можливість оцінити надійність банку у довільному часовому періоді. Він показує відношення активів і пасивів. Цей показник ліквідності рекомендує оцінювати Базельський комітет, описуючи методику в Базелі II [11].

Активами банку виступають прибуток від основної діяльності і нематеріальні активи. Пасиви банку – сума залучених коштів, якими користується банк, тоді

$$\bar{L} = \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{K(t)p_k(t) - D(t)p_d(t) + N(t - \varepsilon)}{D(t)(1 + p_d(t))} \right) dt, \quad (1)$$

де $\bar{L}$ – ліквідність, шуканий показник діяльності банку;

$p_d(t)$ – відсотки, які банк виплачує за депозитні вклади;

$p_k(t)$ – відсотки за виданими кредитами, виплачуються банком клієнтам;

$K(t)$ – сума кредитів, видана банком;

$K(t)p_k(t) - D(t)p_d(t)$ – прибуток на даний момент часу;

$N(t - \varepsilon)$ – нематеріальні активи, менш ліквідні, ніж грошові активи;

ε – запізнення: час, необхідний для перетворення матеріальних активів в гроші;

$D(t)(1 + p_d(t))$ – пасиви банку, грошова сума, яка має бути виплачена клієнтам.

Гудвіл – це сукупність неявних активів банку: досвіду, престижу ділових зв'язків. Цей показник є порівняно новим на українському ринку, тому існують різні трактування його значення. Він опосередковано вказує на імідж банку – його привабливість для клієнтів, вартість бренду. Через гудвіл можна оцінити результати маркетингової діяльності фірми.

Виходячи з того, що банк – фірма, яка функціонує на ринку грошей, опишемо гудвіл через його виробничу оцінку, тоді

$$\bar{G} = \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{K(t - \varepsilon) \cdot p_k(t - \varepsilon) - (FC + VC) \cdot r \cdot N}{K(t - \varepsilon) \cdot p_k(t - \varepsilon) - D(t - \varepsilon) \cdot p_d(t - \varepsilon)} \right) dt, \quad (2)$$

де $\bar{G}$ – гудвіл, шуканий показник, який описує діяльність банку, направлену на залучення нових клієнтів;

$K(t - \varepsilon)$ – кредити, видані банком;

p_k – відсотки за кредитам, які банк отримує як плату за користування кредитом;

$FC + VC$ – сукупність постійних і змінних затрат банку;

r – середньогалузевий відсоток рентабельності у банківській сфері;

N – нематеріальні активи банку, первісна їх вартість;

$K(t - \varepsilon)p_k(t - \varepsilon) - D(t - \varepsilon)p_d(t - \varepsilon)$ – різниця між сумою відсотків за користування кредитом і сумою відсотків із залучених депозитів, прибуток банківської установи.

Показники ліквідності і гудвілу являють собою вектори – набори значень у кожен момент часу. Введення запізнення ε пов'язане з наявністю відстрочки платежів за депозитами і кредитами.

Оцінка сукупності показників гудвілу і ліквідності дає змогу вирішити фундаментальну проблему знаходження оптимальної кількості залучених коштів і збереження стійкості показників банку. Ця рівновага є важливою для прибуткового функціонування банківської установи у довгостроковому періоді.

На діяльність банку впливає зовнішнє середовище, зокрема:

– посилення конкуренції за рахунок іноземних банків;

– зміна цін на нерухомість;

– масове неповернення кредитів.

Сукупність факторів впливу та їх важливість визначаються методом експертних оцінок.

Застосуємо виробничу функцію Кобба-Дугласа, яка дає змогу описати нематеріальні активи в роботі банку з урахуванням впливу зовнішнього середовища:

$$N(t) = \phi_0(t) x_1^{\phi_1(t)} x_2^{\phi_2(t)}, \quad (3)$$

де $\phi_0(t)$ – коефіцієнт, який враховує вплив сторонніх факторів. Їх значення визначають на основі статистичних даних за допомогою кореляційних методів. Для кожного моменту часу має своє значення;

$\phi_1(t)$ – коефіцієнт впливу першого фактора;

$\phi_0(t)$ – коефіцієнт впливу другого фактора;

x_1 – фонди, активи банку, строком t_1 ;

x_2 – фонди, активи банку, строком t_2 .

Показник $\phi_0(t)$ включатиме вплив зовнішніх факторів.

Введемо портфель депозитів і кредитів. Змінимо рівняння з урахуванням диференціації видів ліквідності і гудвілу.

За таких умов гудвіл можна подати так:

$$\bar{G}_i = \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{(K_i(t-\varepsilon)p_{k_i}(t-\varepsilon) - (FC + VC) \cdot r) \cdot \sum_{q=1}^l \phi_0(t)x_1^{\phi_1(t)}x_2^{\phi_2(t)}}{K_i(t-\varepsilon)p_{k_i}(t-\varepsilon) - D_j(t-\varepsilon)p_{d_j}(t-\varepsilon)} \right) dt. \quad (4)$$

Ліквідність виразимо таким чином:

$$\bar{L}_i = \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{K_i(t)p_k(t) - D_j(t)p_d(t) + \phi_0(t)x_1^{\phi_1(t)}x_2^{\phi_2(t)}}{D_j(t)(1 + p_{d_j}(t))} \right) dt. \quad (5)$$

Отримання позитивного результату роботи банку можливе за умови максимізації цих показників.

Досліджуючи залежність між показниками гудвілу, ліквідності і швидкості зміни депозитів, було виявлено, що швидкість зміни останнього показника залежить від алгебраїчної суми гудвілу і ліквідності. Слід врахувати, що клієнти банку поділяються на фізичних і юридичних осіб. Будемо вважати, що фізичні особи вибирають банки виходячи зі споживчих переваг, а юридичні – звертаючи увагу на надійність банку. Тобто для перших важливим є показник гудвілу, а для других – ліквідності.

Спираючись на окреслені позиції, складемо модель стратегій діяльності банку:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{G} = \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{(\sum_{i=1}^n K_i(t-\varepsilon)p_{k_i}(t-\varepsilon) - (FC + VC) \cdot r) \cdot \sum_{q=1}^l \phi_0(t)x_1^{\phi_1(t)}x_2^{\phi_2(t)}}{\sum_{i=1}^n K_i(t-\varepsilon)p_{k_i}(t-\varepsilon) - \sum_{j=1}^m D_j(t-\varepsilon)p_{d_j}(t-\varepsilon)} \right) dt \rightarrow \max ; \\ \bar{L}_i = \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{K_i(t)p_k(t) - D_j(t)p_d(t) + \phi_0(t)x_1^{\phi_1(t)}x_2^{\phi_2(t)}}{D_j(t)(1 + p_{d_j}(t))} \right) dt \rightarrow \max ; \\ \dot{D} = G + \dot{L}_{total} ; \\ \bar{L}_{total} = \sum_{i=1}^n \bar{L}_i \cdot k_i ; \\ \bar{G} = \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{(\sum_{i=1}^n K_i(t-\varepsilon)p_{k_i}(t-\varepsilon) - (FC + VC) \cdot r) \cdot \sum_{q=1}^l \phi_0(t)x_1^{\phi_1(t)}x_2^{\phi_2(t)}}{\sum_{i=1}^n K_i(t-\varepsilon)p_{k_i}(t-\varepsilon) - \sum_{j=1}^m D_j(t-\varepsilon)p_{d_j}(t-\varepsilon)} \right) dt \rightarrow \max ; \\ \bar{L} = \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{K_i(t)p_k(t) - D_j(t)p_d(t) + \phi_0(t)x_1^{\phi_1(t)}x_2^{\phi_2(t)}}{D_j(t)(1 + p_{d_j}(t))} \right) dt \rightarrow \max ; \\ \dot{D} = \dot{G} + L_{total} ; \\ \bar{L}_{total} = \sum_{i=1}^n \bar{L}_i \cdot k_i . \end{array} \right. \quad (6)$$

Отримана модель ґрунтується на дослідженні двох потоків – кредитного і депозитного – і являє собою систему диференціальних рівнянь. Кількість рівнянь залежить від класифікації ліквідності і гудвілу. Фактично, якщо прийняти кількість видів показників за l , то модель описується $l + 1$ диференціальним рівнянням.

Для розв'язання моделі було досліджено кредитну статистику банків України і виявлено, що функція $K_i(t)$ є експоненціальною. Отримані диференціальні рівняння є нелінійними, тому в подальших обрахунках використовуються числові методи, а саме метод Рунге-Кутта.

Розв'язком моделі є сукупність оптимальних відсоткових ставок, яка дає змогу визначити шлях розвитку банку.

Дослідження моделі на великому часовому проміжку. Розглянемо динаміку депозитів, гудвілу і ліквідності для перевірки адекватності моделі.

Для цього розв'яжемо пряму задачу з відомими процентними ставками для трьох видів грошових коштів: короткострокових, середньострокових і довгострокових.

Використаємо статистичні дані: значення відсоткових ставок за кредитами – 17,5 %, за депозитами – 10,1 %. Термін роботи банку – 50 місяців, тому приймемо крок для обчислень, рівний 1 місяцю. Середня рентабельність по галузі – 30 % [10].

Динаміка приросту депозитів для корпоративної стратегії (рис. 1, а) свідчить про короткотермінове зростання, яке може бути зумовлене відтоком клієнтів з інших банків. Але наступне падіння вказує на настання фінансової кризи. Стабілізація ситуації свідчить про необхідність введення нових методів залучення клієнтів або про досягнення рівноваги і стабільності банківською установою.

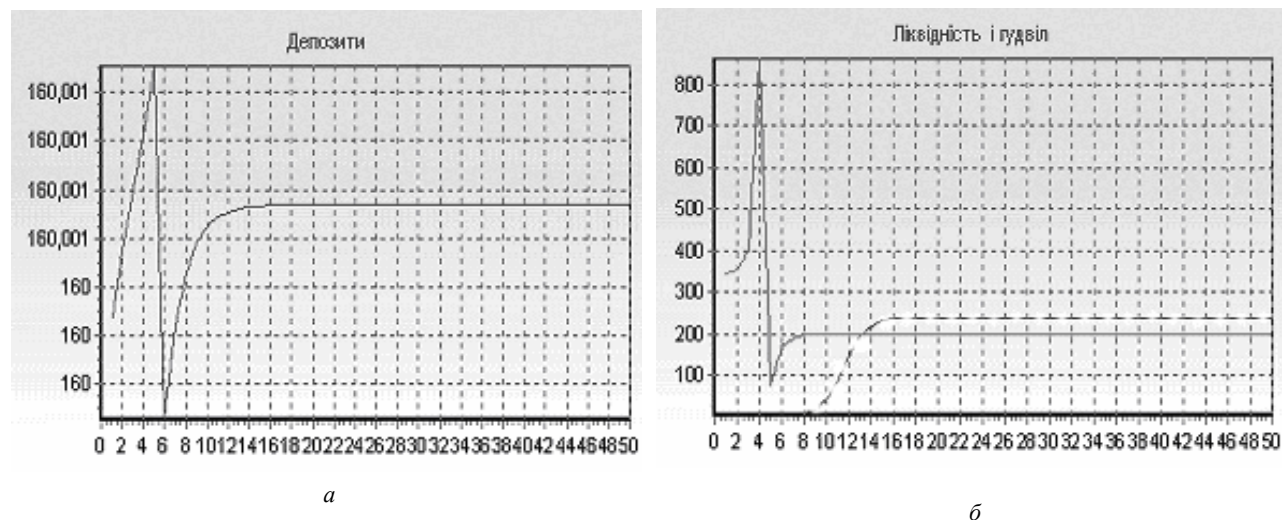


Рис. 1. Значення швидкості зміни депозитів, ліквідності і гудвілу у разі застосування моделі корпоративної стратегії

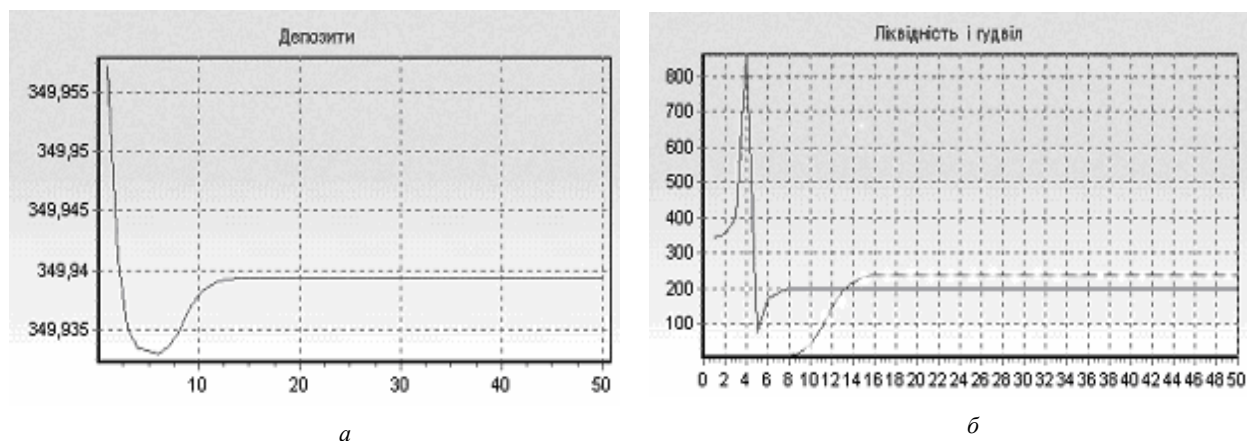


Рис. 2. Значення депозитів, ліквідності і гудвілу у разі застосування моделі стратегії банку для фізичних осіб

Розглянемо стратегію, орієнтовану на фізичних осіб.

Спостерігається спад вкладів фізичних осіб: можна припустити, що зберігати гроші на депозиті недоцільно.

Розв'язання моделі: знаходження ефективних точок. Запропонована модель дає змогу визначити оптимальні показники керування. Враховуючи попереднє дослідження, оптимальні відсоткові ставки слід шукати для обох банківських стратегій. У результаті розрахунків отримаємо набори відсоткових ставок і відповідні їм відносні значення показників гудвілу, ліквідності і приросту депозитів.

Розглянемо частковий випадок для трьох видів показників. Виділимо короткострокові, середньострокові, довгострокові гудвіл і ліквідність.

Для визначення кінцевого показника ліквідності, який впливає на зміну швидкості притоку депозитів, слід визначити коефіцієнти впливу ліквідності кожної групи активів і пасивів банку. Для юридичних осіб велике значення має ліквідність довгострокових активів. Для фізичних осіб середнім строком співпраці з банком є три роки. Тому їх цікавлять середньострокові

показники. Введемо вагові коефіцієнти ліквідності для фізичних осіб: 0,4 – короткострокова, 0,5 – середньострокова, 0,1 – довгострокова.

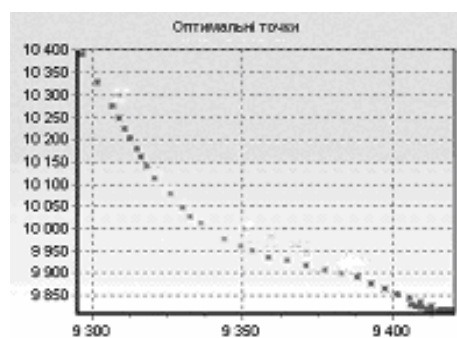
Для юридичних осіб: 0,4 – короткострокова, 0,2 – середньострокова, 0,4 – довгострокова.

Максимізуємо лише сумарне значення ліквідності і гудвіл:

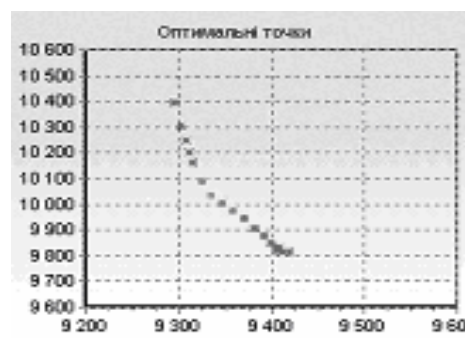
$$\left\{ \begin{aligned} \bar{G} &= \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{\sum_{i=1}^3 K_i(t-\varepsilon) p_{k_i}(t-\varepsilon) - (FC + VC) \cdot r \cdot \sum_{q=1}^l \phi_0(t) x_1^{\phi_1(t)} x_2^{\phi_2(t)}}{\sum_{i=1}^3 K_i(t-\varepsilon) p_{k_i}(t-\varepsilon) - \sum_{j=1}^3 D_j(t-\varepsilon) p_{d_j}(t-\varepsilon)} \right) dt \rightarrow \max \\ \bar{L}_k &= \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{K_k(t) p_{k_k}(t) - D_k(t) p_{d_s}(t) + \phi_0(t) x_1^{\phi_1(t)} x_2^{\phi_2(t)}}{D_k(t)(1 + p_{d_k}(t))} \right) dt ; \\ \bar{L}_s &= \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{K_s(t) p_{k_s}(t) - D_s(t) p_{d_s}(t) + \phi_0(t) x_1^{\phi_1(t)} x_2^{\phi_2(t)}}{D_s(t)(1 + p_{d_s}(t))} \right) dt ; \\ \bar{L}_d &= \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{K_d(t) p_{k_d}(t) - D_d(t) p_{d_d}(t) + \phi_0(t) x_1^{\phi_1(t)} x_2^{\phi_2(t)}}{D_d(t)(1 + p_{d_d}(t))} \right) dt ; \\ \dot{D} &= G + \dot{L}_{total} ; \\ \bar{L}_{total} &= \sum_{i=1}^3 \bar{L}_i \cdot k_i \rightarrow \max ; \end{aligned} \right. \quad (7)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{G}_i &= \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{(K_i(t-\varepsilon) p_{k_i}(t-\varepsilon) - (FC + VC) \cdot r) \cdot \sum_{q=1}^l \phi_0(t) x_1^{\phi_1(t)} x_2^{\phi_2(t)}}{K_i(t-\varepsilon) p_{k_i}(t-\varepsilon) - D_j(t-\varepsilon) p_{d_j}(t-\varepsilon)} \right) dt \rightarrow \max ; \\ \bar{L}_k &= \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{K_k(t) p_{k_k}(t) - D_k(t) p_{d_s}(t) + \phi_0(t) x_1^{\phi_1(t)} x_2^{\phi_2(t)}}{D_k(t)(1 + p_{d_k}(t))} \right) dt ; \\ \bar{L}_s &= \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{K_s(t) p_{k_s}(t) - D_s(t) p_{d_s}(t) + \phi_0(t) x_1^{\phi_1(t)} x_2^{\phi_2(t)}}{D_s(t)(1 + p_{d_s}(t))} \right) dt ; \\ \bar{L}_d &= \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{K_d(t) p_{k_d}(t) - D_d(t) p_{d_d}(t) + \phi_0(t) x_1^{\phi_1(t)} x_2^{\phi_2(t)}}{D_d(t)(1 + p_{d_d}(t))} \right) dt ; \\ \dot{D} &= \dot{G} + L_{total} ; \\ \bar{L}_{total} &= \sum_{i=1}^3 \bar{L}_i k_i \rightarrow \max . \end{aligned} \right.$$

Критерії оптимальності – гудвіл і сумарна ліквідність – у моделі (7) задані у векторній формі. Отже, маємо задачу векторної оптимізації для двох критеріїв. Розв'язком будемо вважати ефективні точки за Парето [1].



а



б

Рис. 3. Оптимальні значення у разі застосування стратегії для фізичних осіб (а) та оптимальні значення у разі застосування стратегії, орієнтованої на фізичних осіб (б)

З отриманих наборів ефективних точок залежно від політики банку, суб'єктивної думки голови правління чи інших факторів вибирають один набір параметрів керування. Визначені кредитні і депозитні ставки дають можливість спланувати діяльність банку у довгостроковому періоді.

Висновки. Запропонована модель ґрунтується на симбіозі двох банківських теорій: виробничій теорії, яка стверджує, що банк є підприємством з виробництва грошей, і теорії фінансових інститутів, яка дає змогу застосовувати економічні показники для оцінки банку.

Аналіз графіків (рис. 1, 2) свідчить про те, що значення показників гудвілу і ліквідності відрізняються, тобто є необхідність диференціації стратегій банківської діяльності. Для зменшення рівня ризику банківська установа повинна залучати депозити і фізичних, і юридичних осіб, адже ці вкладники реагують на зміни економічної ситуації по-різному: поки відбувається спад вкладів фізичних осіб, банк може використовувати кошти юридичних.

Розв'язання моделі зводиться до задачі векторної оптимізації. У результаті отримано множини оптимальних точок, яким відповідають значення кредитних і депозитних ставок. Вибір одного набору ставок буде визначати стратегію банківської установи.

Література

1. Подиновский В. В., Ногин В. Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач [Текст]. – М.: Физматлит, 2007. – 255 с. – 1000 экз. – ISBN 978-5-9221-0812-6.
2. Шелобаев С. И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе. [Текст]. – М.: ВАТ «Видавництво ЮНІТІ», 2001. – 367 с. – 10000 экз. – ISBN 5-238-00113-4.
3. Конюховский П. В. Микроэкономическое моделирование банковской деятельности [Текст]. – СПб.: Питер, 2001. – 224 с. – 5000 экз. – ISBN 5-318-00289-7.
4. Тен А. В., Герасимов Б. И., Тен В. В. Оптимизация активов банка в системе страхования вкладов [Текст]. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2005. – 88 с.
5. Моделювання економічної динаміки [Текст]: навч. посіб. / Т. С. Клебанова, Н. А. Дубровіна, О. Ю. Полякова та ін.. – Х.: ВД «ИНЖЕК», 2004. – 244 с. – ISBN 966-8515-99-4.
6. Гроші та кредит [Текст]: підруч. / М. І. Савлук, А. М. Мороз, М. Ф. Пуховкіна та ін.; за заг. ред. М. І. Савлука. – К.: КНЕУ, 2002. – 598 с. – ISBN 966-574-369-4.
7. Егорова Н. Е., Смулов А. М. Модели и методы анализа финансовых инструментов кредитной политики банка и динамика его развития в условиях переходного периода [Текст]. – М.: Дело, 1997. – 51 с. – ISBN 5-6785-2343-2.
8. Егорова Н. Е., Смулов А. М. Предприятия и банки: Взаимодействие. Экономический анализ. Моделирование [Текст]. – М.: Дело, 2002. – 454 с. – 3000 экз. – ISBN 5-7749-0243-9.
9. Волошин И. В., Волошина Я. А. Решение дилеммы «ликвидность-доход» для банковских ресурсов с логнормальным распределением // Бизнес и банки. – 2002.
10. Сайт Національного банку України [Електронний ресурс]. – Електрон. дан. (1 файл). – 2008. – Режим доступу: <http://www.bank.gov.ua>
11. Сайт-форум банківських робітників України [Електронний ресурс]. – Електрон. дан. (1 файл). – 2008. – Режим доступу: <http://http://banker.org.ua>

S. NOVKOV

PhD student

Technical University – Sofia, Bulgaria

SUSTAINABILITY INDICATORS – CATEGORISATION, USAGE, TRENDS AND BASIS FOR MULTI-CRITERIA EVALUATION

Introduction. A new era of business relations is coming in the beginning of the new millennium – an era of extended corporate social responsibility and open stakeholder dialogue. More and more companies realise that it is time to use more holistic approach in their activities. The accent only on economic growth is not sustainable enough because too many important issues are not considered. Nowadays it becomes crucial to encompass more aspects than before. The stakeholder pressure and economic incentives from responsible environmental and social behaviour are among the main reasons. Therefore, it is important to understand how to measure, evaluate and control this growing multidimensionality. This report tries to offer a possible answer, presenting results from profound studies of the literature and practice, an attempt for categorisation of the most widespread sustainability indicators, conclusions about their usage, and some contemporary trends. To do this, it takes a step forward based on data, which has already been reported but with another focus. This time, the idea is to contribute for better performance measurement, evaluation and control. Using the knowledge, drawn by the leading international reporting schemes and industrial enterprises, is a reasonable way to support these efforts.

Sustainability indicators – categorisation, usage, trends. To support the building of a good framework for advanced performance management, a categorisation of the most widespread sustainability indicators is seen as important. The categorisation table (Table 1) concentrates the results from a deep literature study [1] in a single sheet and it is really useful from

theoretical and practical point of view. Using it, a further check of the well-recognised international reporting schemes in the sustainability area {Global Reporting Initiative (GRI) [2; 3], International Organization for Standardization (ISO) [4], World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) [5], United Nations Environment Programme (UNEP) [6], World Resource Institute (WRI) [7], United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) and International Standards of Accounting and Reporting (ISAR) (UN-ISAR) [8; 9], Social Accountability International (SAI) [10], Institution of Chemical Engineers (IChemE) [11], European Commission (EC) [12], Bundesministerium für Umwelt (BMU) [13], UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) [14], Ministry of the Environment Government of Japan (JME) [15; 16; 17], Environment Australia (EA) [18], Canada's National Round Table on the Environment and Economy (NRTEE) [19]} takes place. Another table (Table 2) summarises the results of this coverage check [1] in another single sheet. The data in it are used for drawing up Table 3, showing the categories and subcategories frequency of occurrence. Adding to it the results from the profound empirical research [1; 20] and analysis of some trends [20], few other tables are drawn (Table 4, 5). Thus, step-by-step, the base for the upper-mentioned framework is built, combining theory and practice. An example for such one is shown in Table 6.

Table 1. Main categories, subcategories and examples for sustainability indicators

Environmental	Social	Economic
Operational performance indicators Materials (consumption – total, by type, source, character; recycling, reuse) Energy (consumption – total, by type, source, character; initiatives to use renewable energy sources and to increase energy efficiency) Services supporting the organization's operations – cleaning, waste disposal, horticulture, catering, communication, office services, transport, travel, education, administration planning, financial services, etc. (e.g. transport - significant environmental impacts of transportation used for logistical purposes, fuel consumption, emissions from vehicles) Physical facilities and equipment – buildings, machinery, equipment, etc. (emergency events, land owned, leased, or managed for production activities or extractive use, equipment use and maintenance) Supply and delivery (environmental performance of suppliers) Products (significant environmental impacts; characteristics – recyclability, reusability, bio-degradability, environmental influence durability, safety (risk), product durability (lifetime), substances in products, packaging material, energy consumption of appliances) Services provided by the organization (significant environmental impacts) Emissions (greenhouse gas emissions (CO ₂), use and emissions of ozone-depleting substances (CFCs), acidification emissions (NO _x , SO _x), VOC, HFCs, PFCs) Effluents (waste water discharges: heavy metals, N, PBOD, COD, nutrients, organic compounds) Wastes (amount – total, by type, source, character) Management performance indicators Compliance with laws and regulations (number of breaches of environmental legislation per year and the environmental, economic and legal consequences of these breaches) Environmental targets (number of company targets achieved and explanations for why other targets were not achieved) Environmental management practices (management system structure (e.g. responsibilities, procedures) and tools in use (e.g. environmental audits, environmental reviews and life-cycle assessment – number and frequency, environmental	Suppliers Purchasing criteria (selection of suppliers) (minimum social standards at the workplace) Social performance (supplier auditing and monitoring, concerning social issues) Human resources Child labour (policies, procedures, programmes... excluding child labour; monitoring systems and results of monitoring; number of children working; contractors screening for use of child labour) Forced labour (policies, procedures, programmes... excluding forced labour; monitoring systems and results of monitoring) Occupational safety and health (policies, procedures, programmes...; standard injury, lost day, and absentee rates, number of work-related fatalities, total number of accidents, illnesses, indoor air quality, water quality at workplaces, noise, number of safety inspections, frequency of accidents, severity of accidents, frequency of occupational diseases, severity of occupational diseases) Freedom of association and collective bargaining (policies, procedures, programmes... addressing this issue; monitoring systems and results of monitoring) Non-discrimination (policies, procedures, programmes... preventing all forms of discrimination; monitoring systems and results of monitoring) Disciplinary practices (appeal practices, non-retaliation policies and confidential employee grievance system) Working hours (policies, procedures, programmes... for avoiding overwork; monitoring systems and results of monitoring; average work week hours, hours overtime work, working intensity (number of working places)) Remuneration (employee benefits, top management remuneration, minimum salary paid) Workforce, management systems and diversity (employment, management structure, number of internal audits, gender profile per management level, number of apprentices, employees from minorities, disabled employees) Security (practices and training) Indigenous rights (policies, procedures, programmes... addressing the needs of indigenous people) Training and education (number of employees that have received environmental, social or other training, total hours of training per year, investment in education and training) Satisfaction (results of surveys measuring employee satisfaction; number of strikes, lockouts, complaints) Customers Product information and labels (product information about ingredients, origin, use, potential dangers and side effects; proper labelling, special labels)	Financial Incomes (sales, revenues) Outcomes (expenditures, costs ((direct - raw material costs, labour costs, capital costs, operating costs; potentially hidden - recycling revenue, product disposition cost; contingent - employee injury cost, customer warranty cost)) Financial result (profit or loss, EBIT - profit before interest expense and income tax) Gross margin - net sales minus costs of goods and services sold Value added - net sales minus costs of goods and services purchased Taxes Donations Investments Assets and liabilities Socio-economic Socio-efficiency (value added/ social impacts) Eco-economic Eco-efficiency (value added/ environmental impacts)
management systems, design for the environment, environmental accounting), integration of environment with other business management systems)	Marketing communications (policies, procedures, management systems, and compliance mechanisms for adherence to standards and voluntary codes related to marketing communications; number	

Environmental expenditures Environmental condition indicators Air (contaminant concentration, odour measured at specific distance from the organization's facility, fine and ultrafine particles) Water (contaminant concentration, number of coliform bacteria per litre of water) Land (impermeable surface, natural habitats, protected areas, soil contaminated by heavy metals, pesticides, nutrients) Flora (extinguished and endangered species) Fauna (extinguished and endangered species) Humans (life expectancy of local population, environmental diseases of local population, concentration of contaminants in blood of local population) Aesthetics, heritage and culture (natural monuments)	and types of breaches of marketing regulations) Satisfaction (policy, procedures, management systems, and compliance mechanisms related to customer satisfaction, including results of surveys measuring customer satisfaction; customer complaint handling) Public (community) Public (community) relations (policies, procedures, programmes... treating corruption, lobbying, competition and pricing problems; number of complaints) Stakeholder dialogue (consultative meetings with stakeholders) Recognition and awards (prizes relevant to social, ethical, and environmental performance)	
--	--	--

For the realisation of the empirical research are used the reports for 2005 published (in their websites, in downloadable official format, in English) by the top 100 industrial enterprises ranked in Fortune Global 500 list for 2006. As there are different ways for sustainability reporting – special report, covering the main sustainability dimensions (economic, environmental, and social), additional part to the annual report or different reports for different dimensions, there are problems how to choose where to stop with the investigation. The approach, which is used, is to scan first for environmental and social indicators and then to check for economic ones in the reports covering the first ones. The reason to do this is that first – for the economic dimension there is special legal form in which can be found enough important indicators, so for this dimension is possible quite different approach and next – it is useful to find which economic indicators have place together with the environmental and social ones in practice. So, if there is no available data for environmental and social aspects it is not necessary to check for economic indicators because the idea for sustainability is broken [1]. This approach also has the advantage not to restrict itself only to those reports with suitable title but to include all accessible reports, comprising sustainability indicators. To give an idea for the results of this scientific work, it has to be mentioned that the categorisation table (Table 1) consists of 10 categories (3 environmental, 4 social and 3 economic), 53 subcategories (21 environmental, 21 social and 11 economic) and hundreds indicators. The table, which summarises the results of the coverage check (Table 2), represents the presence or absence of these categories and subcategories in each of the 15th most powerful international reporting schemes in the sustainability area, with focus on micro level, mentioned numerous times in the scientific literature. Most of the initiatives have wide coverage over different sustainability aspects but Global Reporting Initiative (GRI) holds the widest one. It is also the most popular in the business world. So, a further analysis of the GRI reporting frameworks (Table 5) and sustainability indicators usage by 100 leading industrial enterprises (Table 4, 5) gives empirical support and possible directions for the efforts to build a useful framework for sustainable performance measurement, evaluation and control.

Table 2. Main initiatives coverage check

Initiatives	GRIG2	GRIG3	ISO	WBCSD	UNEP	WRI	UNISAR	SAIL	ChemE	EC	DEFRA	BMU	JMEEA	NRTEE
	GRIG2	GRIG3	ISO	WBCSD	UNEP	WRI	UNISAR	SAIL	ChemE	EC	DEFRA	BMU	JMEEA	NRTEE
Indicators categories and subcategories														
Environmental														
Operational performance indicators	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Materials	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1
Energy	1	1	1	1	1	1	1		1	1		1	1	1
Services supporting the organization's operations	1	1	1	1	1							1	1	
Physical facilities and equipment	1	1	1	1	1					1		1		
Supply and delivery	1		1						1	1	1	1	1	
Products	1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	
Services provided by the organization	1	1	1	1					1	1			1	1
Emissions	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Effluents	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1	1	1
Wastes	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1
Management performance indicators	1	1	1	1	1				1	1		1	1	1
Compliance with laws and regulations	1	1	1		1				1	1		1	1	1
Environmental targets			1		1					1		1		
Environmental management practices			1		1					1		1	1	1
Environmental expenditures	1	1	1	1	1					1		1	1	1
Environmental condition indicators	1	1	1	1	1				1	1		1	1	1
Initiatives	GRIG2	GRIG3	ISO	WBCSD	UNEP	WRI	UNISAR	SAIL	ChemE	EC	DEFRA	BMU	JMEEA	NRTEE
Indicators categories and subcategories														
Air			1							1		1		
Water			1							1		1		
Land	1	1	1		1				1	1		1	1	1

Flora	1	1	1		1				1	1		1		1	
Fauna	1	1	1		1				1	1		1		1	
Humans			1							1					
Aesthetics, heritage and culture			1							1					
Social															
Suppliers	1	1			1				1						
Purchasing criteria (selection of suppliers)	1								1						
Social performance	1	1							1						
Human resources	1	1		1	1		1	1	1	1		1	1		
Child labour	1	1						1	1						
Forced labour	1	1						1	1						
Occupational safety and health	1	1			1		1	1	1	1		1			
Freedom of association and collective bargaining	1	1					1	1							
Non-discrimination	1	1						1	1						
Disciplinary practices	1							1							
Working hours				1				1							
Security	1	1					1								
Indigenous rights	1	1													
Training and education	1	1					1			1		1			
Satisfaction															
Customers	1	1			1										
Product information and labels	1	1													
Marketing communications	1	1													
Satisfaction	1	1													
Public (community)	1	1	1		1		1		1	1		1	1		
Public (community) relations	1	1					1		1	1					
Stakeholder dialogue									1	1		1	1		
Recognition and awards	1				1										
Economic															
Financial	1	1	1	1	1		1		1				1		
Incomes	1	1		1			1		1				1		
Outcomes	1	1		1	1				1				1		
Financial result				1					1						
Gross margin				1					1						
Value added				1					1						
Taxes	1						1		1						
Donations	1	1			1		1		1				1		
Investments	1	1		1					1						
Assets and liabilities				1	1										
Socio-economic															
Socio-efficiency															
Eco-economic				1			1						1		
Eco-efficiency				1			1						1		
Total (categories)	8	8	5	6	8	1	5	1	7	5	1	5	7	3	1
Total (subcategories)	38	33	21	20	20	5	13	9	29	25	6	21	19	14	5

Table 3. Sustainability indicators categories and subcategories frequency of occurrence in the analysed initiatives

Indicators categories and subcategories	Frequency of occurrence [-]	Frequency of occurrence [%]
Environmental		
Operational performance indicators	14	93
Materials	13	87
Energy	13	87
Services supporting the organization's operations	8	53
Physical facilities and equipment	7	47
Supply and delivery	8	53
Products	11	73
Services provided by the organization	8	53
Emissions	14	93
Effluents	13	87
Wastes	14	93
Management performance indicators	10	67
Compliance with laws and regulations	9	60
Indicators categories and subcategories	Frequency of occurrence [-]	Frequency of occurrence [%]
Environmental targets	4	27
Environmental management practices	6	40
Environmental expenditures	9	60
Environmental condition indicators	10	67
Air	3	20
Water	3	20

Land	9	60
Flora	8	53
Fauna	8	53
Humans	2	13
Aesthetics, heritage and culture	2	13
Social		
Suppliers	4	27
Social		
Suppliers	4	27
Purchasing criteria (selection of suppliers)	2	13
Social performance	3	20
Human resources	10	67
Child labour	4	27
Forced labour	4	27
Occupational safety and health	8	53
Freedom of association and collective bargaining	4	27
Non-discrimination	4	27
Disciplinary practices	2	13
Working hours	2	13
Remuneration	3	20
Workforce, management systems and diversity	7	47
Security	3	20
Indigenous rights	2	13
Training and education	5	33
Satisfaction	0	0
Customers	3	20
Product information and labels	2	13
Marketing communications	2	13
Satisfaction	2	13
Public (community)	9	60
Public (community) relations	5	33
Stakeholder dialogue	4	27
Recognition and awards	2	13
Economic		
Financial	8	53
Incomes	6	40
Outcomes	6	40
Financial result	2	13
Gross margin	2	13
Value added	2	13
Taxes	3	20
Donations	6	40
Investments	4	27
Assets and liabilities	2	13
Socio-economic	0	0
Socio-efficiency	0	0
Eco-economic	3	20
Eco-efficiency	3	20

Table 4. Analysis of the GRI reporting frameworks and sustainability indicators usage by the top 100 industrial enterprises

Environmental							Social								Economic								
GRI-G2 (2002)			GRI-G3 (2006)				GRI-G2 (2002)			GRI-G3 (2006)					GRI-G2 (2002)			GRI-G3 (2006)					
I	Type		IE	I	Type		CI	I	Type		IE	I	Type		CI	I	Type		IE	I	Type		CI
EN1	C	Q1	24	EN1	C	Q1	EN1 ⁰	LA1	C	Q1	57	LA1	C	Q1	LA1 ⁰	EC1	C	Q1	82	EC1	C	Q1	EC1 ⁰
EN2	C	Q1	8	EN2	C	Q1	EN2 ¹	LA2	C	Q1	34	LA2	C	Q1	LA2 ⁰	EC2	C	Q1+2	61	EC2	C	Q1/2	...
EN3	C	Q1	71	EN3	C	Q1	EN3 ⁰	LA3	C	Q1	25	LA3	A	Q2	LA12 ¹	EC3	C	Q1	46	EC3	C	Q1	
EN4	C	Q1	27	EN4	C	Q1	EN4 ⁰	LA4	C	Q2	36	LA4	C	Q1	LA3 ⁰	EC4	C	Q1	1	EC4	C	Q1	EC9 ⁰
EN5	C	Q1	65	EN5	A	Q1		LA5	C	Q2	63	LA5	C	Q1		EC5	C	Q1	38	EC5	A	Q1	
EN6	C	Q1+2	8	EN6	A	Q1+2	EN17 ¹	LA6	C	Q1+2	17	LA6	A	Q1	LA13 ¹	EC6	C	Q1	57	EC6	C	Q1+2	

Environmental							Social								Economic								
GRI-G2 (2002)			GRI-G3 (2006)				GRI-G2 (2002)			GRI-G3 (2006)					GRI-G2 (2002)			GRI-G3 (2006)					
I	Type		IE	I	Type		CI	I	Type		IE	I	Type		CI	I	Type		IE	I	Type		CI
EN7	C	Q2	10	EN7	A	Q1+2		LA7	C	Q1	78	LA7	C	Q1	LA7 ⁰	EC7	C	Q1	29	EC7	C	Q1+2	
EN8	C	Q1	73	EN8	C	Q1	EN5 ¹	LA8	C	Q2	39	LA8	C	Q2		EC8	C	Q1	42	EC8	C	Q2	EC12 ⁰
EN9	C	Q1	13	EN9	A	Q2	EN20 ⁰	LA9	C	Q1	27	LA9	A	Q2	LA15 ⁰	EC9	C	Q1	6	EC9	A	Q1+2	EC13 ⁰
EN10	C	Q1	62	EN10	A	Q1	EN22 ⁰	LA10	C	Q2	73	LA10	C	Q1	LA9 ⁰	EC10	C	Q1	59				

EN11	C	Q1	61	EN11	C	Q1+2	EN6 ⁰	LA11	C	Q1+2	66	LA11	A	Q2	LA16 ⁰ LA17 ⁰	EC11	A	Q2	4				
EN12	C	Q1	48	EN12	C	Q2	EN7 ⁰	LA12	A	Q2	56	LA12	A	Q1		EC12	A	Q1	1				
EN13	C	Q1	25	EN13	A	Q2	EN26 ¹	LA13	A	Q1/2	10	LA13	C	Q1+2	LA11 ⁰	EC13	A	Q2	18				
EN14	C	Q2	45	EN14	A	Q2		LA14	A	Q2	12	LA14	C	Q1									
EN15	C	Q1	24	EN15	A	Q1	EN28 ⁰	LA15	A	Q1+2	5	HR1	C	Q1	HR2 ¹								
EN16	C	Q1+2	35	EN16	C	Q1	EN8 ⁰	LA16	A	Q2	19	HR2	C	Q1	HR2 ¹								
EN17	A	Q2	51	EN17	C	Q1	EN30 ⁰	LA17	A	Q2	65	HR3	A	Q1	HR8 ¹								
EN18	A	Q1	2	EN18	A	Q1+2		HR1	C	Q2	73	HR4	C	Q1+2	HR4 ¹								
EN19	A	Q1	2	EN19	C	Q1	EN9 ⁰	HR2	C	Q2	59	HR5	C	Q2	HR5 ¹								
EN20	A	Q1	1	EN20	C	Q1	EN10 ⁰	HR3	C	Q2	56	HR6	C	Q2	HR6 ¹								
EN21	A	Q2	3	EN21	C	Q1	EN12 ¹	HR4	C	Q2	64	HR7	C	Q2	HR7 ¹								
EN22	A	Q1	10	EN22	C	Q1	EN11 ⁰	HR5	C	Q2	44	HR8	A	Q1/2	HR11 ¹								
EN23	A	Q1	4	EN23	C	Q1	EN13 ⁰	HR6	C	Q2	52	HR9	A	Q1+2	HR12 ¹								
EN24	A	Q1	1	EN24	A	Q1	EN31 ⁰	HR7	C	Q2	49	SO1	C	Q2	SO1 ¹								
EN25	A	Q2	1	EN25	A	Q1+2	EN32 ⁰	HR8	A	Q2	27	SO2	C	Q1	SO2 ¹								
EN26	A	Q2	1	EN26	C	Q2		HR9	A	Q2	28	SO3	C	Q1	SO2 ¹								
EN27	A	Q2	35	EN27	C	Q1	EN15 ⁰	HR10	A	Q2	42	SO4	C	Q2	SO2 ¹								
EN28	A	Q1	0	EN28	C	Q1	EN16 ⁰	HR11	A	Q2	6	SO5	C	Q2	SO3 ⁰								
EN29	A	Q2	3	EN29	A	Q1+2	EN34 ¹	HR12	A	Q2	19	SO6	A	Q1	SO5 ⁰								
EN30	A	Q1	21	EN30	A	Q1	EN35 ⁰	HR13	A	Q2	0	SO7	A	Q1	SO6 ¹								
EN31	A	Q1	39					HR14	A	Q1	2	SO8	C	Q1									
EN32	A	Q2	0					SO1	C	Q2	76	PR1	C	Q1+2	PR1 ¹								
EN33	A	Q2	55					SO2	C	Q2	55	PR2	A	Q1+2	PR4 ¹								
EN34	A	Q2	31					SO3	C	Q2	31	PR3	C	Q1+2	PR2 ¹								
EN35	A	Q1	42					SO4	A	Q2	49	PR4	A	Q1+2	PR7 ⁰								
								SO5	A	Q1	13	PR5	A	Q1+2	PR8 ⁰								
								SO6	A	Q2	5	PR6	C	Q2	PR9 ¹								
								SO7	A	Q2	25	PR7	A	Q1	PR10 ¹								
								PR1	C	Q2	55	PR8	A	Q1	PR11 ⁰								
								PR2	C	Q2	28	PR9	C	Q1									
								PR3	C	Q2	35												
								PR4	A	Q1	1												
								PR5	A	Q1	0												
								PR6	A	Q2	16												
								PR7	A	Q1	0												
								PR8	A	Q1+2	40												
								PR9	A	Q2	15												
								PR10	A	Q1	0												
								PR11	A	Q1	0												

Notes: **GRI-G2 (2002)** – GRI framework version 2002 (see [2]); **GRI-G3 (2006)** – GRI framework version 2006 (see [3]); **I** – indicator; **C** – core; **A** – additional; **Q1** – quantitative; **Q2** – qualitative; **Q1+2** – with quantitative and qualitative character; **Q1/2** – with quantitative or qualitative character; **IE** – % of the top 100 industrial enterprises using this indicator in their reports, concerning sustainability issues; **CI** – corresponding indicator from GRI-G2; ⁰ – without revision or with non-significant revision; ¹ – with revision.

Generalising the data presented till now [1, 20], it is visible that:

- 85 of the top 100 industrial enterprises have published data about indicators concerning all sustainability dimensions, 89 – about social and economic, and 74 are part of the GRI corporate register.
- There are few countries and sectors which are outlined against the others according to the number of industrial enterprises among the top 100 and consequently are influencing the average data – USA, Japan, Germany and France together have 65 % share; Petroleum Refining, Motor Vehicles & Parts, Electronics, Electrical Equipment – 49 % share.
- There are some indicators, which are really widely used and there are some, which are really rarely used.
- 52 of the top 100 industrial enterprises have a score over the average for environmental dimension, 60 – for social, 48 – for economic, 59 – for sustainability but only 29 – for all three together.
- 62 of the top 100 industrial enterprises report the most widespread quantitative indicators (greenhouse gas emissions; standard injury, lost day, absentee rates, number of work-related fatalities; net sales), which represent also the most widespread indicators from each dimension of sustainability – all together.
- The average scores represent 25,74 % from the maximum score for the environmental dimension, 33,61 % – for social, 34,15 % – for economic, and 30,85 % – for all three.
- Half of these which haven't report sustainability data haven't published useful reports in English, and the others are US enterprises, mostly from aerospace and defence sector.
- The old GRI framework consists of 97 indicators (35 environmental, 49 social, 13 economic) and the new one – 79 indicators (30 environmental, 40 social, 9 economic), so there is 18,56 % reduction of the number of indicators but the weight of the different sustainability dimensions is the same.
- The old GRI framework consists of 50 core and 47 additional indicators and the new one – 49 core and 30 additional, so there is reduction of the number of additional indicators.

– The old GRI framework consists of 44 quantitative indicators, 45 qualitative, 7 with quantitative and qualitative character, and 1 with quantitative or qualitative character and the new one – 43 quantitative, 17 qualitative, 17 with quantitative and qualitative character, and 2 with quantitative or qualitative character, so there is substantial reduction of the number of qualitative indicators.

– The top 10 environmental indicators (according to the usage by the top 100 industrial enterprises) consist of 7 core and 7 quantitative, the top 10 social indicators consist of 9 core and 3 with quantitative character, the top 10 economic indicators consist of 9 core and 9 with quantitative character, so in the practice of the leading industrial enterprises there is an accent on core and quantitative indicators.

– Most of the core indicators have quantitative character (except the social ones in the old GRI version).

– There are 5 core and quantitative environmental indicators, 3 core and with quantitative character social indicators, 4 core and with quantitative character economic indicators which are used by more than a half of the top 100 industrial enterprises, so there are enough quantitative indicators with potential for benchmarking study among the top 100 industrial enterprises.

Table 5. Top 6 indicators in each sustainability dimension according to their usage by the top 100 industrial enterprises

Indicators	IE
Environmental	
Greenhouse gas emissions	73
Direct energy use	71
Total water use	65
NO _x , SO _x , and other significant air emissions	62
Total amount of waste	61
Performance of suppliers relative to environmental components	55
Social	
Standard injury, lost day, and absentee rates and number of work-related fatalities	78
Description of policies to manage impacts on communities in areas affected by activities	76
Description of equal opportunity policies or programmes	73
Description of policies, guidelines, corporate structure, and procedures to deal with all aspects of human rights	73
Composition of senior management and corporate governance bodies (including the board of directors), including female/ male ratio and other indicators of diversity as culturally appropriate	66
Specific policies and programmes for skills management or for lifelong learning	65
Economic	
Net sales	82
Geographic breakdown of markets	61
Donations to community, civil society, and other groups broken down in terms of cash and in-kind donations per type of group	59
Distributions to providers of capital	57
Cost of all goods, materials, and services purchased	46
Total sum of taxes	42

Table 6 offers an exemplary set of 10 sustainability indicators for industrial enterprise performance measurement, evaluation and control. It is based on Tables 3 and 4 and the rule 2:2:1 for inclusion of environmental, social and economic indicators. It represents the first 4 environmental indicators, the first 4 social indicators, and the first 2 economic indicators according to the average result from Tables 3 and 4. This means that for ranking is used AR:

$$AR = \frac{(IE + FO)}{2}, \quad (1)$$

where *AR* – average result; *IE* – % of the top 100 industrial enterprises using this indicator in their reports, concerning sustainability issues; *FO* – frequency of occurrence of the indicator subcategory in %.

This approach gives equal weight to theory and practice. The rule 2:2:1 is drawn, using Table 1, having in mind that there are 21 environmental, 21 social and 11 economic subcategories and it is close to GRI rule 3:4:1. Table 6 consists of 8 quantitative and 2 qualitative indicators, all of them – core indicators according to GRI description. It includes only indicators with *AR* > 50 %. All this reflects the contemporary trends. It has to be mentioned that some of these indicators are in fact group of indicators because they include more than one indicator in their content. Therefore, Table 6 offers more than 10 single indicators. This is more than enough to start sustainable performance measurement, evaluation and control in industrial enterprise without experience in this field and give focus for the efforts in industrial enterprise with previous experience.

Table 6. Exemplary set of sustainability indicators for industrial enterprise performance measurement, evaluation and control

Indicators	IE	FO	AR
Environmental			
Greenhouse gas emissions	73	93	83
Direct energy use	71	87	79
NO _x , SO _x , and other significant air emissions	62	93	78
Total amount of waste	61	93	77
Social			
Standard injury, lost day, and absentee rates and number of work-related fatalities	78	53	66
Description of equal opportunity policies or programmes	73	47	60

Practices on recording and notification of occupational accidents and diseases	63	53	58
Diversity measures	66	47	57
Economic			
Net sales	82	40	61
Donations	59	40	50

Using sustainability indicators for multi-criteria evaluation – some ways for data processing and visualisation. In a situation of growing multidimensionality, a multi-criteria evaluation is vital. There are different approaches to do such an evaluation but they have their advantages and disadvantages.

The weighted sum method provides a possibility for alternatives ranking according to one composite index, formed on the base of criteria evaluation and importance coefficients (see formula (2)). Disadvantages of this approach are its time and resource consumption for expert opinions collection and processing, certain subjectivity, and compensability (existence of trade-offs):

$$SI_k = \sum_{j=1}^n N_{kI_j} w_{I_j}, \quad (2)$$

where SI_k – composite rating of alternative k ; n – number of indicators; N_{kI_j} – normalised performance of alternative k according to

indicator j (I_j); $j = 1 \dots n$; w_{I_j} – weight attached to I_j , with $\sum_{j=1}^n w_{I_j} = 1$ and $w_{I_j} \in [0,1]$.

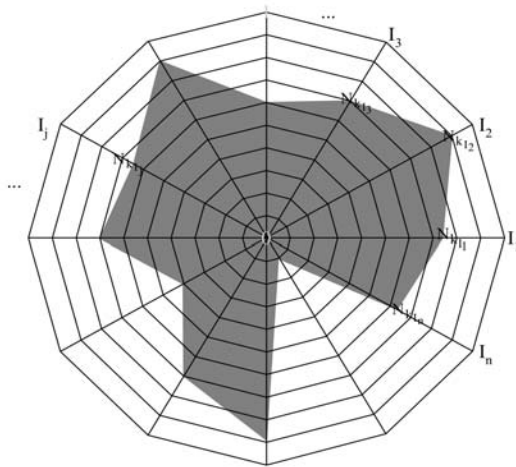


Fig. 1. Spider web diagram

The spider web diagram (Fig. 1) provides a possibility for graphic interpretation of the results, which facilitates the benchmarking process, strengths and weaknesses identification, and alternatives comparison. For this aim, it is necessary to start with data normalisation.

In case of using «distance from the best and worst performers» technique, for data normalisation is used formula (3):

$$N_{kI_j} = \begin{cases} \frac{P_{kI_j} - P_{\min I_j}}{P_{\max I_j} - P_{\min I_j}}, & \text{if } I_j \text{ is better to go up;} \\ \frac{P_{kI_j} - P_{\min I_j}}{1 - P_{\min I_j}}, & \text{if } I_j \text{ is better to go down,} \end{cases} \quad (3)$$

where N_{kI_j} – normalised performance of alternative k according to indicator j (I_j), $N_{kI_j} \in [0,1]$; P_{kI_j} – performance of alternative k according to indicator j (I_j);

$$P_{\min I_j} = \min_k (P_{kI_j}, k = 1 \dots s); P_{\max I_j} = \max_k (P_{kI_j}, k = 1 \dots s); s - \text{number of alternatives.}$$

In case of using «distance from the group leader» technique, for data normalisation is used formula (4):

$$N_{kI_j} = \begin{cases} \frac{P_{kI_j}}{P_{\max I_j}}, & \text{if } I_j \text{ is better to go up;} \\ \frac{P_{\min I_j}}{P_{kI_j}}, & \text{if } I_j \text{ is better to go down.} \end{cases} \quad (4)$$

It is possible, by multiplying with certain coefficient, to change the scale from $[0; 1]$ to more precise (for example – with coefficient 100 to $[0; 100]$).

Covered area calculation forms a composite index, which provides a possibility for alternatives ranking according to one single criterion:

$$S_k = \frac{1}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{n}\right) \left(N_{kI_1} N_{kI_n} + \sum_{j=1}^{n-1} N_{kI_j} N_{kI_{j+1}} \right), \quad (5)$$

where S_k – surface of the figure for alternative k ; n – number of indicators; N_{kI_j} – normalised performance of alternative k according to indicator j (I_j), $j = 1 \dots n$.

In case of such a visualisation, the bigger is the surface, the better. Certain disadvantage in this case is the indicators equal weight, which is not always desired. The surface calculation does not give an idea to what extent there is balance in performance as well. The centre of gravity determination can give an idea for this.

An alternative is to put the indicators in order (Fig. 2): these, for which is better to go up are grouped upper and those, for which is better to go down – below:

$$N_{kI_j} = \frac{P_{kI_j} - P_{\min I_j}}{P_{\max I_j} - P_{\min I_j}}; \quad (6)$$

$$N_{kI_j} = \frac{P_{kI_j}}{P_{\max I_j}}. \quad (7)$$

In this case, for data normalisation with «distance from the best and worst performers» technique is used formula (6) and in case of using «distance from the group leader» technique – formula (7). The bigger is the surface of the upper figure (the darker part in Fig. 2) and the smaller is the surface of the figure below (the lighter part in Fig. 2), the better.

Conclusion. The first part of this report presents: sustainability indicators categorisation as a result from a deep literature study; coverage check of well-recognised international reporting schemes in the sustainability area; sustainability indicators categories and subcategories frequency of occurrence; results from profound empirical research and analysis of trends, and etc. Thus, step-by-step, is built the base for sustainable performance measurement, evaluation and control.

The second part presents some alternatives for multi-criteria evaluation, putting attention on one of the possible ways to reach a good visualisation together with good analytical opportunities (the well-known “spider web diagram”). This type of diagram is really powerful because it makes easy to detect the problem areas. And it is not so difficult to construct it. You just need to choose the proper normalisation technique first. For the aims of this research, two different techniques are presented – “distance from the best and worst performers” and “distance from the group leader”. Both of them consist of different formulae for different types of indicators – one for these, which is better to grow, and another one for those, which is not. It is mentioned that there is also another way to cope with this direction problem and this is illustrated with alternative diagram – so called «wheel».

At the end, to upgrade its analytical opportunities, a proposal for building a composite index is made. The idea is to calculate the covered area from the analysed alternative. It is easy obtainable and offers further possibility for ranking of alternatives. The problem here is how to ensure the balance between different indicators. It is not one and the same where exactly lies the figure. One possible solution is to take into account the centre of gravity as well.

This report has to be seen as an expression of sustained efforts, which span research work in Technical University - Sofia, Università degli Studi di Genova, and Technical University - Dresden, as well as a result of pursuing more holistic approach in analysis of industrial enterprise and its surroundings, led by a strong belief in sustainability.

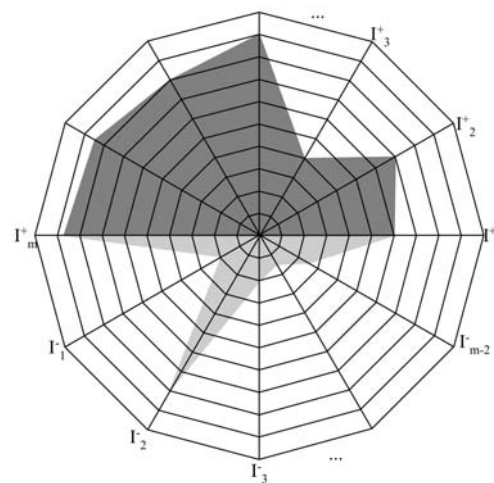


Fig. 2. Alternative spider web diagram

References

1. Novkov S. Analysis of the Usage of Sustainability Indicators - A Survey of the Data Reported by the Top 100 Industrial Enterprises, presented at the International Scientific Dual-Conference “Towards Knowledge-based Economy” & “Enterprise Management: Diagnostics, Strategy, Effectiveness”. – 12–13 April 2007. – Riga, Latvia. – 10 p.
2. Global Reporting Initiative (GRI), Sustainability Reporting Guidelines, GRI, 2002, 97 p.
3. Global Reporting Initiative (GRI), Sustainability Reporting Guidelines, GRI, 2006, 45 p.
4. Comité Européen de Normalisation (CEN), EN ISO 14031 II Environmental Management – Environmental Performance Evaluation – Guidelines, CEN, 1999. – 42 p.
5. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), Measuring Eco-efficiency. – A Guide to Reporting Company Performance, WBCSD, 2000. – 38 p.
6. United Nations Environment Programme (UNEP), Company Environmental Reporting: A Measure of the Progress of Business and Industry towards Sustainable Development, UNEP, 1994. – 118 p.
7. Ditz D., J. Ranganathan, Measuring Up – Toward a Common Framework for Tracking Corporate Environmental Performance, World Resource Institute (WRI), 1997. – 47 p.
8. Sturm A., K. Müller, S. Upasena, A Manual for the Preparers and Users of Eco-efficiency Indicators, United Nations, United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2004. – 127 p.
9. United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), International Standards of Accounting and Reporting (ISAR), Guidance on Corporate Responsibility Indicators in Annual Reports, UNCTAD-ISAR, 2006. – 23 p.
10. Social Accountability International (SAI), SA8000, SAI, 2001. – 8 p.
11. Institution of Chemical Engineers (IChemE), The Sustainability Metrics: Sustainable Development Progress Metrics Recommended for Use in the Process Industries, IChemE, 2002. – 30 p.
12. European Commission, Guidance on the Selection and Use of Environmental Performance Indicators for the EMAS Regulation, Official Journal of the European Union, European Commission, 2003, L 184. – P. 20–30.

13. Bundesministerium für Umwelt (BMU), Umweltbundesamt (UBA), A Guide to Corporate Environmental Indicators, BMU/UBA, 1997. – 47 p.
14. UK Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), Environmental Key Performance Indicators - Reporting Guidelines for UK Business, DEFRA, 2006. – 76 p.
15. Ministry of the Environment Government of Japan (JME), Environmental Performance Indicators for Businesses, JME, 2000. – 58 p.
16. Ministry of the Environment Government of Japan (JME), Environmental Performance Indicators Guideline for Organizations, JME, 2003. – 65 p.
17. Ministry of the Environment Government of Japan (JME), Environmental Reporting Guidelines, JME, 2004. – 55 p.
18. Maunsell Australia Pty Ltd, Triple Bottom Line Reporting in Australia. – A Guide to Report Against Environmental Indicators, Environment Australia, 2003. – 80 p.
19. Canada's National Round Table on the Environment and Economy (NRTEE), Measuring Eco-efficiency in Business – Feasibility of a Core Set of Indicators, NRTEE, 1999. – 64 p.
20. Novkov S., Analysis of Leading Reporting Practices concerning Sustainability Issues, presented at the International Scientific Conference “Management and Engineering”, 18-22 June 2007, Sozopol, Bulgaria, Scientific Proceedings of the Scientific-Technical Union of Mechanical Engineering, XIV. – N 2 (97). – P. 130–133.

УДК 330.46

Ю. А. Пасенченко,

к.ф.-м.н., доц.

А. С. Цеслів,

Національний технічний університет України «КПІ»

ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ЗАДАЧІ

МЕТОДОМ «СУПЕРЦІЛІ»

Вивчається метод «суперцілі» для розв'язування багатокритеріальних задач. Наведено приклад розв'язання лінійної та нелінійної задач вказаним методом.

Following article is devoted to method of «super purpose» research for the multicriteria problems decision. Decision examples of a linear and nonlinear problem by mentioned method are given.

Ключові слова: багатокритеріальна задача, метод «суперцілі», нелінійна задача.

Вступ. Ефективність великомасштабних, складних економічних операцій, що зачіпають різноманітні інтереси їх організаторів і суспільства в цілому, не може бути повністю охарактеризована за допомогою одного-єдиного показника ефективності $F(\bar{x})$. Такі задачі дослідження операцій називаються багатокритеріальними, в яких існує ряд кількісних показників $F_1(\bar{x})$, $F_2(\bar{x})$, ..., одні з яких бажано перетворити в максимум, інші в мінімум [1–9].

Постановка завдання. Наведемо постановку завдання, яке знаходить застосування у плануванні рекламної діяльності оператора мобільного зв'язку. Оператор мобільного зв'язку планує запустити три нові акції. Рекламу цих акцій можна замовити на телебаченні, радіо, у газеті. У табл. 1 вказано ціни на рекламу відповідно по кожній акції. Необхідно зазначити, що на рекламу акції 1 виділено 7 тис. грн, на рекламу акції 2 – 18 тис. грн, на рекламу акції 3 – 15 тис. грн. Максимальний прибуток також можна отримати, якщо відмовитися від однієї реклами на телебаченні і вдвічі збільшити кількість реклам на радіо та втричі в газеті.

Таблиця 1

	Акція 1	Акція 1	Акція 1	Прибуток
Радіо	5	3	1	1
Телебачення	4	6	5	2
Газета	3	4	9	2,5

Позначимо $x_i \geq 0$, $i = \overline{1,3}$ кількість замовлень відповідної рекламної продукції. Запишемо економіко-математичну модель:

$$5x_1 + 3x_2 + x_3 \leq 7; \quad (1)$$

$$4x_1 + 6x_2 + 5x_3 \leq 18; \quad (2)$$

$$3x_1 + 4x_2 + 9x_3 \leq 15; \quad (3)$$

$$x_i \geq 0, i = \overline{1,3};$$

$$F_1(x) = x_1 + 2x_2 + 2,5x_3 \rightarrow \max; \quad (4)$$

$$F_2(x) = 2x_1 - x_2 + 3x_3 \rightarrow \max; \quad (5)$$

$$F_3(x) = x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \min. \quad (6)$$

Методологія. Нині існують такі основні методи розв'язування багатокритеріальних задач: метод Парето, метод послідовних поступок, метод «суперцілі», методи з використанням ігрових моделей.

Наприклад, можна [6] звести багатокритеріальну задачу до одноцільової, виділивши один (головний) показник $F_1(\bar{x})$ і намагаючись обернути його в максимум, а на всі інші $F_2(\bar{x}), F_3(\bar{x})$ накласти умови у вигляді

$$F_2(\bar{x}) \geq F_2^*;$$

$$F_3(\bar{x}) \geq F_3^*.$$

Ідею складання «суперцілі» [4; 5; 9] можна виразити так:

$$u(\bar{x}, \bar{\alpha}) = \sum_{i=1}^m \lambda_i F_i(\bar{x}) \rightarrow \max,$$

де λ_i – вага функції, $\lambda_i \geq 0$, якщо $F_i(\bar{x}) \rightarrow \max$, $\lambda_i < 0$, якщо $F_i(\bar{x}) \rightarrow \min$, у початковій задачі. Ігровий підхід розглядається в роботі [9].

Результати дослідження. Для розв'язування моделі (1) – (6) застосовуємо метод «суперцілі»; це можливо тому що $F_1(\bar{x}), F_2(\bar{x}), F_3(\bar{x})$ визначені в одних і тих самих економічних показниках. Вважатимемо, що $\lambda_1 = 0,2$, $\lambda_2 = 0,2$, $\lambda_3 = -0,3$ і побудуємо відповідну функцію згортки:

$$\Phi(\bar{x}, \lambda_1, \lambda_2) = 0,2(x_1 + 2x_2 + 2,5x_3) + 0,2(2x_1 - x_2 + 3x_3) - 0,3(x_1 + x_2 + x_3) \rightarrow \max$$

або

$$\Phi(\bar{x}, \lambda_1, \lambda_2) = 0,3x_1 + 0,1x_2 + 0,8x_3 \rightarrow \max.$$

Оптимальний розв'язок для даної цільової функції і обмежень (1)–(3) – це один виступ на радіо і один в газеті, при цьому прибуток $P = 4,165$ т.грн. Проаналізуємо, як буде змінюватись прибуток P та значення x_1, x_2, x_3 при різних значеннях $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$. Дані зведені в таблицю 2.

Таблиця 2

$\Phi(\bar{x}, \bar{\lambda})$	λ_1	λ_2	λ_3	x_1	x_2	x_3	P
$(0,2 x_1 + 0,2 x_2 + 0,45 x_3) = 0,87$	0,1	0,1	-0,1	1,14	0	1,28	4,34
$(0,1 x_1 - 0,1 x_2 + 0,35 x_3) = 0,58$	0,1	0,1	-0,2	0	0	1,666	4,165
$(0 x_1 - 0,2 x_2 + 0,25 x_3) = 0,41$	0,1	0,1	-0,3	0	0	1,666	4,165
$(0,4 x_1 + 0,2 x_2 + 0,9 x_3) = 1,61$	0,2	0,2	-0,2	1,14	0	1,28	4,34
$(0,5 x_1 + 0,3 x_2 + 1,25 x_3) = 2,178$	0,2	0,2	-0,1	1,14	0	1,28	4,34
$(0,3 x_1 - 0,1 x_2 + 0,8 x_3) = 1,37$	0,2	0,2	-0,3	1,14	0	1,28	4,34
$(0,6 x_1 + 0,2 x_2 + 1,35 x_3) = 2,42$	0,3	0,3	-0,3	1,14	0	1,28	4,34
$(0,7 x_1 + 0,1 x_2 + 1,35 x_3) = 2,53$	0,3	0,3	-0,2	1,14	0	1,28	4,34

Закінчення табл. 2

$\Phi(\bar{x}, \bar{\lambda})$	λ_1	λ_2	λ_3	x_1	x_2	x_3	P
$(x_1 + 0,2 x_2 + 2 x_3) = 3,17$	0,4	0,4	-0,2	1,14	0	1,28	4,34
$(0,9 x_1 + 0,1 x_2 + 1,9 x_3) = 3,47$	0,4	0,4	-0,3	1,14	0	1,28	4,34
$(0,8 x_1 + 0,2 x_2 + 1,8 x_3) = 3,22$	0,4	0,4	-0,4	1,14	0	1,28	4,34
$(0,7 x_1 - 0,1 x_2 + 1,7 x_3) = 2,9$	0,4	0,4	-0,5	1,14	0	1,28	4,34

Аналізуючи табл. 2, можна зробити висновок, що при співвідношеннях $\lambda_1 = 0,2$, $\lambda_2 = 0,2$, $\lambda_3 = -0,2$, тобто коли всі коефіцієнти рівні, але з різним знаком, отримаємо максимальний прибуток.

Розглянемо теж випадок нелінійної цільової функції. Нехай в результаті маркетингових досліджень встановлено, що ефективність реклами описується нелінійною залежністю вигляду $P_{ik} = a_{ik}[1 - e^{-a_{ik}x_{ik}}]$.

Таблиця 3

	Акція 1	Акція 1	Акція 1	Прибуток
Радіо	5	3	1	$(1 - e^{-x_1})$
Телебачення	4	6	5	$2(1 - e^{-2x_1})$
Газета	3	4	9	$2,5(1 - e^{-2,5x_1})$

Цільові функції витрат на рекламу і обмеження набувають вигляду:

$$5x_1 + 3x_2 + x_3 \leq 7;$$

$$4x_1 + 6x_2 + 5x_3 \leq 18;$$

$$3x_1 + 4x_2 + 9x_3 \leq 15;$$

$$x_i \geq 0, i = \overline{1,3};$$

$$F_1(x) = (1 - e^{-x_1})x_1 + 2(1 - e^{-2x_2})x_2 + 2,5(1 - e^{-2,5x_3})x_3 \rightarrow \max;$$

$$F_2(x) = 2x_1 - x_2 + 3x_3 \rightarrow \max;$$

$$F_3(x) = x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \min.$$

Нехай $\lambda_1 = 0,2$, $\lambda_2 = 0,2$, $\lambda_3 = -0,3$, тоді

$$\Phi(\bar{x}, \lambda_1, \lambda_2) = 0,2((1 - e^{-x_1})x_1 + 2(1 - e^{-2x_2})x_2 + 2,5(1 - e^{-2,5x_3})x_3) + 0,2(2x_1 - x_2 + 3x_3) - 0,3(x_1 + x_2 + x_3) \rightarrow \max;$$

$$\Phi(\bar{x}, \lambda_1, \lambda_2) = (0,3 - 0,2e^{-x_1})x_1 - (0,1 + 0,4e^{-2x_2})x_2 + (0,8 - 0,5e^{-2,5x_3})x_3 \rightarrow \max.$$

Під час розв'язання цієї задачі з допомогою програми MS Excel «Пошук розв'язку» отримуємо такі результати. Максимальний прибуток отримуємо $P = 39$ тис. грн за $x_1 = 24$, $x_2 = 0$, $x_3 = 6$;

$$\lambda_1 = 0,2, \lambda_2 = 0,2, \lambda_3 = -0,2.$$

Таблиця 4

$\Phi(\bar{x}, \lambda)$	λ_1	λ_2	λ_3	x_1	x_2	x_3	P
$\Phi(\bar{x}, \lambda_1, \lambda_2) = (0,3 - 0,2e^{-x_1})x_1 - (0,1 + 0,4e^{-2x_2})x_2 + (0,8 - 0,5e^{-2,5x_3})x_3 \rightarrow \max$	0,2	0,2	-0,3	24	0	6	39
$\Phi(\bar{x}, \lambda_1, \lambda_2) = (0,4 - 0,2e^{-x_1})x_1 - 0,4e^{-2x_2}x_2 + (0,9 - 0,5e^{-2,5x_3})x_3 \rightarrow \max$	0,2	0,2	-0,2	24	0	6	39
$\Phi(\bar{x}, \lambda_1, \lambda_2) = (0,6 - 0,3e^{-x_1})x_1 - 0,6e^{-2x_2}x_2 + (1,35 - 0,75e^{-2,5x_3})x_3 \rightarrow \max$	0,3	0,3	-0,3	24	0	6	39
$\Phi(\bar{x}, \lambda_1, \lambda_2) = (0,6 - 0,3e^{-x_1})x_1 - 0,6e^{-2x_2}x_2 + (1,45 - 0,75e^{-2,5x_3})x_3 \rightarrow \max$	0,3	0,3	-0,2	24	0	6	39

Висновки. Наукова новизна роботи полягає у застосуванні метода суперцілі до нелінійної багатокритеріальної задачі. Розглядається лінійна та нелінійна задачі. Досліджується вплив коефіцієнтів λ на оптимальний результат. Отримані результати підкріплені прикладом.

Література

1. Бажин И. И. Информационные системы менеджмента [Текст] / И. И. Бажин; ГУ-ВШЭ. – М., 2000. – 688 с. – 5000 экз. – ISBN 5-7598-0131-7.
2. Бахвалов Н. С. Численные методы [Текст]: учеб. пособие для физ.-мат. специальностей вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков; под общ. ред. Н. И. Тихонова. – 2-е изд. – М.: Физматлит: Лаб. базовых знаний; СПб.: Нев. диалект, 2002. – 630 с.: ил.; 25 см. – (Технический университет. Математика). – Библиогр.: с. 622–626. – Предм. указ.: с. 627–630. – 30000 экз. – ISBN 5-93208-043-4 (в пер.).
3. Беллман Р. Введение в теорию матриц. – М., 1976.
4. Зайченко Юрій Петрович. Дослідження операцій [Текст]: підруч. для вищ. навч. закл., що навч. за напр. «Прикладна математика» та «Комп'ютерні науки» / Ю. П. Зайченко. – 5-т вид., перероб. і доп. – К.: ЗАТ «ВІПОЛ», 2001. – 688 с. – ISBN 5-11-000226-6. – ISBN 966-646-001-7.
5. Карагодова О. О. Дослідження операцій [Текст]: навч. посіб. / Карагодова О. О., Кігель В. Р., Рожок В. Д. – К.: Центр навчальної літератури, 2007. – 250–256 с. – ISBN 978-966-364-446-2.
6. Кігель В. Р. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці: моногр. / В. Кігель; Київ. економ. ін-т менеджменту. – К.: ЦУЛ, 2003. – 202 с. – ISBN 966-8253-13-2.
7. Ляшенко И. Н. Математическое моделирование и оптимальное проектирование некоторых хозяйственных гелиотехнических систем [Текст]: учеб. пособие. / И. Н. Ляшенко, Ш. Р. Реджепова; отв. ред. Р. Б. Байрамов; АН ТССР, Туркм. ин-т нар. хоз-ва, Киев. гос. ун-т имени Тараса Шевченка. – Ашхабад: Ылым, 1989. – 121 с. – ISBN 5-8338-0120-6.
8. Нейлор Крис. Как построить свою экспертную систему / Пер. с англ. Н. Н. Слепова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 288 с. – ISBN 5-283-02502-0.
9. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций [Текст], Хемди А. Таха: [пер. с англ.] / А. А. Минько; Вильямс, 2005. – 912 с.; на пер. 1-й авт.: Хемди А. Таха. – Предм. указ.: с. 893–901. – 3000 экз. – ISBN 5-8459-0740-3 (рус.).

10. Совершенствование управления отраслью [Текст] / В. И. Голиков, А. П. Калашников, В. М. Геец и др. ; отв. ред. В. И. Голиков; АН УССР, Ин-т экономики. – К.: Наук. думка, 1989. – 141, [1] с. – 3000 экз. – ISBN 5-12-000966-2.

В. П. Пашин,

к. т. н, доц.

В. М. Бендик,

Національний технічний університет України «КПІ»

ОЦІНЮВАННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПРОЕКТОВАНИХ ПРИСТРОЇВ НА ЕОМ

Розглянута методика оцінювання конкурентоспроможності проєктованих пристроїв на ЕОМ із врахуванням терміну освоєння виробництва і рівня інфляції за певний період. Розроблено програмне забезпечення, яке дає можливість прискорити процес оцінювання конкурентоспроможності.

In this article the methods of estimate of competitiveness of projected the devices in PC with taking into account the time of production assimilating and inflation rate for the required period were considered. The software which allows to hasten the process of estimate of competitiveness was worked out.

Ключові слова: конкурентоспроможність проєктованих пристроїв на ЕОМ, програмний продукт.

Вступ. Прогнозна оцінка конкурентоспроможності пристроїв на ранніх стадіях проєктування дасть можливість передбачити захід з підвищення рівня конкурентоспроможності. До того ж такі заходи повинні враховувати терміни проєктування та виробництва з можливим рівнем інфляції в економіці. Вплив різноманітних заходів на конкурентоспроможність має оцінюватися оперативно з мінімальними витратами. У зв'язку з цим процес розрахунків повинен здійснюватися на сучасних засобах обчислювальної техніки з використанням мови програмування високого рівня.

Оперативність оцінки конкурентоспроможності для різних ситуацій, які можуть виникнути в економіці, надасть можливість не допускати до стадії виробництва пристрої, що є конкурентоспроможними у період проєктування і, можливо, неконкурентоспроможними у період появи готових пристроїв на ймовірному ринку збуту.

Тому оперативне оцінювання конкурентоспроможності вже на ранніх стадіях проєктування пристроїв є актуальним, адже можна буде вчасно врахувати вплив різноманітних факторів і мінімізувати їх наслідки.

Проблеми аналізу рівня конкурентоспроможності вітчизняних товаровиробників і формування можливих шляхів підвищення конкурентоспроможності виробництва відображені у наукових роботах В. Білоуса, Б. Гунського, Т. Гончарука, Ю. Іванова, А. Кредисова, О. Шнипка та ін., які займалися дослідженням конкурентоспроможності технічних систем.

Постановка завдання. Враховуючи актуальність теми дослідження, у роботі розглянуто можливість застосування ЕОМ з програмою, для написання якої використовували платформу з інтегрованим середовищем розробника. Програма дає змогу врахувати вплив рівня інфляції та терміну освоєння виробництва пристрою на його конкурентоспроможність.

Методологія. У процесі дослідження використано методи функціонально-вартісного, порівняльного і статистичного аналізу та експертних оцінок.

Результати дослідження. Рівень конкурентоспроможності пристрою на стадії проєктування відносно діючих аналогів на ймовірному ринку збуту рекомендується визначити за формулою [1].

$$K_{\text{кон}}(n)_t = \frac{K_{\text{я}}}{K'_{\text{цс}}{}_{t-1} \left(1 + \frac{K_{\text{інф}}{}_t}{100\%} \right) + K''_{\text{цс}}{}_{t-1}}, \quad (1)$$

де $K_{\text{я}}$ – коефіцієнт якості переваг проєктуємого пристрою відносно аналога; $K'_{\text{цс}}{}_{t-1}$ – частка коефіцієнта зміни «ціни споживання» проєктованого пристрою у попередньому році, на яку впливає рівень інфляції; $K''_{\text{цс}}{}_{t-1}$ – частка коефіцієнта зміни «ціни споживання» у попередньому році, на яку не впливає рівень інфляції; $K_{\text{інф}}{}_t$ – прогнозований річний рівень інфляції в $t-1$ році, у відсотках.

Коефіцієнт зміни «ціни споживання» проєктованого пристрою відносно аналога згідно з роботами [1, 2] визначають за формулою

$$K_{\text{ц.с}}(n) = \frac{Ц_{\text{д(п)}} + З_{\text{е(п)}} T_{\text{пп}}}{Ц_{\text{д(а)}} + З_{\text{е(а)}} T_{\text{аа}}}, \quad (2)$$

де $Ц_{\text{д(п)}}$, $Ц_{\text{д(а)}}$ – договірна ціна відповідно проєктованого пристрою та аналога; $З_{\text{е(п)}}$, $З_{\text{е(а)}}$ – річні експлуатаційні витрати

відповідно проектованого пристрою та аналога; $T_{(n)}$, $T_{(a)}$ – очікуваний термін служби відповідно проектованого пристрою та аналога.

Договірну ціну проектованого пристрою в $t-1$ році із врахуванням рівня інфляції можна виразити формулою

$$C_{д(п)_t} = \left[C'_{п(п)_{t-1}} \left(1 + \frac{K_{інф_t}}{100\%} \right) + C''_{п(п)_t} \right] \cdot K_{пр} \cdot K_{пдв}, \quad (3)$$

де $C'_{п(п)_{t-1}}$ – частина повної собівартості проектованого пристрою у попередньому році, залежна від рівня інфляції й обумовлена статтями витрат, на які впливає рівень інфляції; $C''_{п(п)_t}$ – частина повної собівартості, незалежна від рівня інфляції і обумовлена статтями витрат, на які не впливає рівень інфляції; $K_{інф_t}$ – прогнозований річний рівень інфляції в $t-1$ році, у відсотках; $K_{пр}$, $K_{пдв}$ – коефіцієнти, які враховують відповідно прибуток та податок на додану вартість.

Річні експлуатаційні витрати проектованого пристрою у t -му році із врахуванням впливу рівня інфляції

$$Z_{е(п)_t} = (Z'_{е(п)_t} + Z''_{е(п)_t}), \quad (4)$$

де $Z'_{е(п)_t}$ – частина річних експлуатаційних витрат проектованого пристрою t -го року, залежних від рівня інфляції; $Z''_{е(п)_t}$ – частина річних експлуатаційних витрат, незалежних від рівня інфляції.

Для розрахунку коефіцієнта конкурентоспроможності проектованих пристроїв за цією методикою розроблено програмне забезпечення, блок схеми якого подано на рис. 1.

Для написання програми використовувалась платформа розробки з інтегрованим середовищем розробника. Для написання програми використовувалась мова програмування Делфі.

Тестування програми проводилось на прикладі проектованого перетворювача частоти та аналогів, що випускають серійно, наведених у табл. 1.

Таблиця 1. Показники якості перетворювача частоти

		аналоги (базові)	1	2	3	4	5	6	(новий)	
N	Показники	SJ100-002 NFE	SJ100-004 NFE	SJ100-007 NFE	VFnC1S-2002P-W	VFnC1S-2004P-W	VFnC1S-2007P-W		проектний	коефіцієнти важливості
1	Питома потужність, Вт/кг	285,7143	500	576,9231	200	400	750	500		0,361
2	Коефіцієнт корисної дії	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98		0,275
3	Маса, кг	0,7	0,8	1,3	1	1	1	0,8		0,207
4	Об'єм, дм ³	1,092	1,24488	2,01552	1,0224	1,267776	1,400688	1,1		0,157
	Потужність, кВт	0,2	0,4	0,75	0,2	0,4	0,75	0,4		
	Ціна, грн з ПДВ (Ц _д):	1605,83	1766,41	2272,86	1194,76	1348,93	1387,47	1593,24		



Рис. 1. Блок-схема програми

У табл. 2 наведено рівень якості проектованого перетворювача частоти відносно аналогів.

Таблиця 2. Показник якості проектованого перетворювача частоти

N	Показники	Відносні показники якості						коефіцієнти важливості
		SJ100-002 NFE	SJ100-004 NFE	SJ100-007 NFE	VFnC1S-2002P-W	VFnC1S-2004P-W	VFnC1S-2007P-W	
1	Питома потужність, Вт/кг	1,75	1	0,87	2,5	1,25	0,67	0,361
2	Коефіцієнт корисної дії	1	1	1	1	1	1	0,275
3	Маса, кг	0,875	1	1,625	1,25	1,25	1,25	0,207
4	Об'єм, дм ³	0,99	1,13	1,83	0,93	1,15	1,27	0,157

Показник якості (K_j):	1,24	1,02	1,21	1,58	1,16	0,97
----------------------------	------	------	------	------	------	------

Було проведено дослідження впливу річного рівня інфляції у розмірі 4, 6, 8 та 10 % за термін проектування та освоєння виробництва протягом 1, 2, 3, 4-х років на договірну ціну по (3). Результати наведено у табл. 3.

Таблиця 3. Ціна договірна проектного перетворювача частоти за роки освоєння виробництва

Річна інфляція, %	Термін проектування та освоєння виробництва			
	1	2	3	4
4	1635,30	1679,05	1724,54	1771,85
6	1656,33	1723,21	1794,10	1869,24
8	1677,36	1768,22	1866,34	1972,31
10	1698,39	1814,06	1941,30	2081,26

Також було досліджено зміну коефіцієнта конкурентоспроможності залежно від інфляції протягом різних термінів освоєння виробництва перетворювача частоти відносно аналогів (табл. 4)

Таблиця 4. Коефіцієнти конкурентоспроможності за роки освоєння виробництва

Пристрій (аналоги)	Річна інфляція, %	Термін проектування та освоєння виробництва			
		1	2	3	4
SJ100-002 NFE	4	0,9840	0,9683	0,9526	0,9367
	6	0,9764	0,9530	0,9295	0,9057
	8	0,9689	0,9379	0,9066	0,8750
	10	0,9616	0,9230	0,8841	0,8448
SJ100-004 NFE	4	4	1,0701	1,0531	1,0360
	6	6	1,0619	1,0365	1,0108
	8	8	1,0537	1,0200	0,9860
	10	10	1,0457	1,0038	0,9614
SJ100-007 NFE	4	4	1,9172	1,8867	1,8560
	6	6	1,9024	1,8569	1,8109
	8	8	1,8878	1,8275	1,7664
	10	10	1,8735	1,7984	1,7225
VFnc1S-2002P-W	4	4	1,0115	0,9954	0,9792
	6	6	1,0037	0,9797	0,9554
	8	8	0,9960	0,9642	0,9320
	10	10	0,9885	0,9488	0,9088
VFnc1S-2004P-W	4	4	1,0426	1,0260	1,0093
	6	6	1,0346	1,0098	0,9848
	8	8	1,0267	0,9938	0,9606
	10	10	1,0189	0,9780	0,9367
VFnc1S-2007P-W	4	4	1,2227	1,2032	1,1837
	6	6	1,2133	1,1842	1,1549
	8	8	1,2040	1,1655	1,1265
	10	10	1,1948	1,1469	1,0985

Робота з програмою розпочинається з її запуску. Після запуску програми вона автоматично завантажує дані з минулого сеансу роботи.

Програма має три режими роботи. Перший режим роботи – занесення та редагування вхідних даних про пристрій. Другий режим – розрахунок рівня конкурентоспроможності. Третій – зміна фіксованих параметрів.

У режимі занесення та редагування вхідних даних про пристрій можна заносити як моделі аналогів, так і проектні моделі. На панелі праворуч є поля, у яких перебувають параметри виділеного пристрою.

У режимі розрахунку рівня конкурентоспроможності змінюються параметри, загальні для всіх пристроїв.

У режимі зміни фіксованих параметрів можна налаштувати роботу програми під певні умови, змінити значення ПДВ, вартість електроенергії та ін.

Всі розрахунки програма зробить сама, як тільки будуть введені всі необхідні дані для розрахунків. Зі зміною якого-небудь параметра програма автоматично зробить розрахунки повторно й виведе результат.

Під час закриття програми вона автоматично зберігає всі дані про пристрій.

Висновки. Таким чином, запропонована методика оцінки конкурентоспроможності пристроїв на стадії проектування дає змогу врахувати вплив інфляції за термін проектування та освоєння виробництва. На основі цієї методики розроблено програму, реалізація якої підвищує оперативність та ефективність оцінювання конкурентоспроможності.

Література

1. Пашин В. П. Оцінка конкурентоспроможності електронних пристроїв на стадії проектування [Текст] // В. П. Пашин // Економічний вісник Національного Технічного Університету «КПІ». – К.: Политехніка – 2006. – № 3. – С. 252–255. – 150 пр.

2. Яловий Г. К., Пашин В. П., Сичов В. С. Економіка та організація виробництва [Текст] : навч. видання. – К.: Політехніка, 2004. – 80 с. – 500 пр. – ISBN 966-533-139-1.
3. Исикава К. Японские методы управления качеством [Текст] // К. Исикава. – М.: Экономика, 1998. – 348 с. – 2000 экз. – ISBN 5–0946-0761-4 (в пер.).
4. Геєць В. М. Інноваційні перспективи України [Текст] : [наукове видання] / В. М. Геєць, В. П. Семиноженко. – Харків: Константа, 2006. – С. 109. – 1500 пр. – ISBN 966-342-085-5.
5. Облов А. С., Беззуб'як М. Й., Галькежина Л. П. Фінансові інструменти забезпечення міжнародної конкурентоспроможності в інституціональній моделі [Текст] : моногр. / за ред. В. Є. Новицького. – К.: Арістей, 2006. – 220 с. – 300 пр. – ISBN 966-381-003-3.

УДК 658

І. А. Сененко

Полтавський університет споживчої кооперації України

МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТОВАРІВ: ЦИКЛІЧНИЙ МЕТОД

Розглянуто нову методику розрахунку задачі комівояжера. Вона ґрунтується на способі формування опорного маршруту перебазування без трансформування матриці відстаней. Запропонована методика дає змогу більш оптимально організувати рух товарів і послуг від виробника до споживача. Розроблений підхід допомагає менеджеру не тільки підвищити ефективність процесу, але й зробити його циклічним. Під час здійснення оптимізації маршруту розвезення, підприємство має змогу вести ефективну конкурентну боротьбу за споживача.

Ключові слова: оптимізація, маршрут, перебазування, цикл.

Вступ. Для вирішення питання маршрутизації розвезення товарів, сировини, матеріалів за окремими їх замовниками донедавна використовуються різноманітні методи математичного моделювання. Питанню про знаходження оптимального маршруту (завдання комівояжера) у своїх дослідженнях приділяли увагу такі вітчизняні та зарубіжні науковці, як Н. І. Машина, Г. П. Фомін, Г. Вагнер, Ч. Карр, Ч. Хоув, Р. Б. Чейз, Ф. Р. Джейкобз, Н. Дж. Аквилано, Е. В. Шишкін, А. Г. Чхартішвілі, В. В. Федосєєв, Н. Д. Еріашвелі [1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10]. Формалізація функції маршрутизації науковцями здійснюється різними методами і моделями, зокрема – Беллемора, Немхаузена, Хелдома і Карна, метод гілок і меж, методом послідовного поліпшення розв'язання та інші. Усі ці методи мають недоліки, які об'єднано у дві групи:

- методи, що завжди приводять до знаходження оптимального розв'язання, але є трудомісткими;
- методи, що не завжди приводять до знаходження оптимального розв'язання, але вимагають для здійснення прийнятної кількості операцій.

Сучасні ринкові умови господарювання підприємств вимагають від менеджерів постійного зменшення часу на прийняття управлінських рішень, швидкої оптимізації всіх процесів діяльності.

Мінімізація транспортних витрат зменшує додану вартість – торгіву надбавку і, як наслідок, зменшує ціну товару, що є конкурентопривабливим для споживача. Актуальною проблемою залишається пошук методу оптимізації маршруту перевезення товару, який при використанні на практиці менеджерами підвищив оперативність у прийнятті управлінських рішень.

Постановка завдання. Метою та завданням цієї роботи є розробка нового метода розв'язання задачі комівояжера, який би скоротив трудомісткість розрахунків та забезпечив знаходження оптимального розв'язання при прийнятті менеджером операційних рішень щодо перевезення товарів, сировини і матеріалів у магазини, на склад і т. д.

Методологія. Для вирішення поставленої мети автором пропонується інший метод пошуку оптимального маршруту перебазування, який ґрунтується на формуванні наближеного до нього варіанта (опорного маршруту) та наступній його перевірці на оптимальність шляхом спроб покращення. Щоб скоротити трудомісткість розрахунків автором використано:

- 1) спосіб приведення матриці відстаней між пунктами відправлення і пунктами призначення до канонічної форми;
- 2) спосіб формування опорного маршруту перебазування без трансформування приведеної матриці відстаней;
- 3) спосіб приведення опорного маршруту до оптимального.

Результати досліджень. У загальному вигляді задача комівояжера записується так:

Мінімізувати

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \text{ де } c_{ij} = \infty, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

у разі обмеження

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (\text{від'їзд}), \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (\text{приїзд}), \quad (3)$$

де x_{ij} – невід'ємні цілі за всіх i та j , рішення є цикл [4, с. 73].

Вираз $x_{ij} = 1$ означає, що переїзд здійснюється із пункту i безпосередньо до пункту j , де $C_{ij} \geq 0$ – відповідна відстань між цими пунктами. Тобто приведена математична модель задачі передбачає знайти найкоротший маршрут переїзду з базового пункту через усі інші $(n - 1)$ пункти за умови, що відвідання кожного з них відбудеться лише один раз (пошук гамільтонового контуру). Загальна ж кількість можливих маршрутів дорівнює $(n - 1)!$ [2, с. 278].

На основі існуючої математичної моделі розглянемо на прикладі особливості нового методу розв'язання задачі комівояжера.

Нехай необхідно визначити оптимальний маршрут розвезення молокопродуктів з молокозаводу у відповідні магазини з поверненням транспортного засобу на базу з наступною матрицею відстаней між пунктами відправлення і призначення (табл. 1).

Таблиця 1. Вихідна матриця

$i \backslash j$	0	1	2	3	4	5	A_i
0	∞	4	10	13	4	8	4
1	2	∞	9	7	6	7	2
2	8	5	∞	5	5	9	5
3	5	8	5	∞	7	10	5
4	6	4	4	9	∞	4	4
5	5	1	4	8	3	∞	1
B_j	0	0	0	0	0	0	

1. Визначаються найменші значення для кожного рядка (A_i) і найменші значення для кожного стовпця (B_j) за формулами: $A_i = \min c_{ij}$;

$$B_j = \min (c_{ij} - A_i).$$

2. Визначається нижня межа транспортних затрат:

$$HM = \sum A_i + \sum B_j = 21 + 0 = 21 \text{ од. затрат.}$$

3. Формується опорна матриця відстаней шляхом віднімання з кожного її значення найменших значень відповідних рядка і стовпця $c_{ij}^* = c_{ij} - A_i - B_j$ (табл. 2).

Таблиця 2. Опорна матриця

$i \backslash j$	0	1	2	3	4	5	α_i
0	∞	0	6	9	<u>0</u>	4	0
1	<u>0</u>	∞	7	5	4	5	4
2	3	0	∞	<u>0</u>	0	4	0
3	0	3	0	∞	2	<u>5</u>	0
4	2	0	<u>0</u>	5	∞	0	0
5	4	<u>0</u>	3	7	2	∞	2
β_j	0	0	0	5	0	4	

4. Визначаються найменші, після першого нуля, значення для кожного рядка і кожного стовпця (α_i, β_j) і записуються справа і внизу опорної матриці.

5. За формулою $\theta_{ij} = \min \{\alpha_i + \beta_j\}$ визначаються (для клітинок з нульовим значенням c_{ij}) найбільш перспективні перебазування для включення їх в оптимальний маршрут. У нашому випадку це перебазування 2-3 і 1-0. Особливо доцільно це робити коли нульові значення мають підцикли 1-0-1; 2-1-2; 3-2-3 і т.д.

6. Формується опорний маршрут розвезення молока у магазини. Для цього, орієнтуючись на перспективні і нульові перебазування, починаючи з безкінечності 0-0, рухаються по рядку $i = 0$ до $c_{0j} = 0$, після чого опускаються по стовпчику j , до ∞ ij , у рядку якої знаходять наступну клітинку із $c_{ij} = 0$, по якій піднімаються чи опускаються до наступної ∞ і так поки цикл не замкнеться на базовому пункті 0-0 або не утворить неповний підцикл. Якщо при цьому утворюється підцикл, то необхідно через клітинки з $c_{ij} = 0$ побудувати ще один чи більше підциклів з розрахунком, щоб у них попали нульові значення з кожного рядка і стовпця. У нашому випадку утворилось два підцикли: 0-4-2-3-0 і 0-4-5-1-0, з яких формується повний цикл. Для формування повного циклу необхідно розірвати один із підциклів у рядочку де є декілька нульових чи невеликих значень c_{ij} , і в місце розриву вставити інший підцикл з таким розрахунком, щоб у створений цикл увійшли усі об'єкти перебазування разом з базовим. У нашому випадку зручно зробити розрив першого підциклу на 3-му рядку (0-4-2-3)

О. В. Стець,
к.ф.-н. м., доц.
Ю. С. Єрохіна,
П. О. Сухих,

Національний технічний університет України «КПІ»

ОПТИМАЛЬНА СТРАТЕГІЯ РОЗПОДІЛУ ФІНАНСОВИХ РЕСУРСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ. ВИПАДОК НЕВИЯВЛЕНОГО БАНКРУТСТВА

Ведення бізнесу завжди супроводжується різними ризиками. При цьому наряду з кон'юнктурними ризиками (недосконале законодавство, невисока культура корпоративного управління) існують і внутрішні ризики, пов'язані зі складністю прогнозування наслідків прийняття тих або інших рішень.

Проаналізовано та запропоновано підхід щодо моделювання фінансового стану підприємства, що дасть можливість керівництву прийняти обґрунтоване управлінське рішення у напрямі розширення виробничої потужності фірми.

Do business always accompanied different risks. There are inherent risks along with market risks (shortcoming laws, not a high corporation's administration culture). They are coherent with complexity prognostics consequence of different decision making.

There was analyzed and offered bearing for modeling, production capacity of enterprise in this article. It gives an ability governing body to realize reasonable managerial decision in the direction of production capacity extension of company.

Ключові слова: управління, прийняття рішення, банкрутство, виробничі фонди, прибуток, економічні показники, ризик, кредит, стан рівноваги.

Вступ. Питання щодо фінансового розподілу та економічного зростання постають ще з перших кроків вивчення економіки та моделювання, і не втрачають своєї актуальності протягом всього процесу дослідження та розвитку. Наявність у достатньому обсязі фінансових ресурсів та їх ефективне використання передбачає стабільний фінансовий стан підприємств, платоспроможність, його фінансову стійкість та ліквідність, а звідси, – і загальне покращення всієї економіки в цілому.

Дуже часто для поточного аналізу стану підприємства керівництво звертається в аудиторські та консалтингові фірми. Звичайно під час проведення аудиту та консалтинга відслідковується прибуток підприємства. Такий аналіз являє собою обробку часових рядів.

У роботі пропонується альтернативний метод аналізу фінансового стану підприємства та прогнозування майбутнього розподілу фінансових ресурсів [1; 2].

Постановка завдання. Основним ланцюгом економіки в ринкових умовах господарювання є підприємства, які виступають у ролі господарських суб'єктів. Для здійснення господарської діяльності, вироблення продукції, отримання доходів і накопичення вони використовують визначені види ресурсів: матеріальні, трудові, фінансові, а також грошові засоби.

Достатній об'єм фінансових ресурсів та ефективне управління є невід'ємною умовою стабільного стану підприємства, його платоспроможність, а звідси і загальне покращення всієї економіки в цілому.

У зв'язку з цим важливим завданням підприємств є вміння правильно спрогнозувати можливі результати управлінських рішень і обрати найефективніше в цілях підвищення ефективності роботи підприємства в цілому.

Завдання дослідження – провести аналіз потужності підприємства та визначити його можливості щодо реалізації проекту розширення виробництва, надати рекомендації з питань обрання джерела фінансування проекту.

Методологія. Аналіз поточних моделей економічного зростання показав, що з певними змінами початкових умов і модифікації параметрів та умов, принципи особливості і основні висновки моделей економічного зростання залишалися схожими і значною мірою спиралися на ідеї і результати, отриманні під час аналізу моделі Р. Солоу [3].

Завдання управління фінансовими ресурсами виробничої фірми розглядається на необмеженому часовому проміжку.

Використовуються також такі гіпотези:

- передбачається, що фірма може розвиватися за рахунок «внутрішніх» джерел – прибутку, цільових фондів, і «зовнішніх» фінансових ресурсів – засобів різноманітних інвестиційних фондів, банківських кредитів;
- фірма виробляє один вид продукції за незмінної технології виробництва;
- вся виробнича продукція реалізовується на ринку;
- товар продається через склад, якщо склад пустий, нічого не можна продати;
- для розширення виробництва розглядається випадок безстрокового кредиту.

Для аналізу стану підприємства та виявлення можливих змін при впровадженні управлінських рішень, які безпосередньо впливають на рівень прибутку, враховуючи можливі джерела фінансування на розширення виробництва, використовується біфуркаційний аналіз. Ця теорія аналізує те, як якісна природа вирішення рівнянь, що описує зміну грошових оборотних засобів, залежить від параметрів, які входять у рівняння. Такі зміни можуть приводити до раптових і різких змін, наприклад, до непередбачуваного банкрутства.

Одним із основних питань цієї теорії є питання про стійкість рішення або рух системи, якщо її траєкторія як модель фізичної системи. Тут найважливішим є виявлення взаємної поведінки окремих рішень, які незначно відрізняються

початковими умовами, тобто чи викличуть малі зміни початкових умов такі ж малі зміни рішень [4; 5].

Результати дослідження. Об'єм грошових оборотних засобів описано рівнянням

$$\frac{\partial M}{\partial t} = Q_m \frac{P}{P_0 + |P|} - \frac{M}{\tau_1} + M_{ex} \delta(t - t_1) - \frac{M_{ex}}{\tau_{cr}} - K - \frac{P}{\tau_s}, \quad (1)$$

де P – кількість готової продукції на складі;

$Q_m \frac{P}{P_0 + |P|}$ – описує залежність кількості проданого товару від кількості товару на складі;

$\frac{M}{\tau_1}$ – виробничі витрати; τ_1 – час обороту;

M_{ex} – об'єм зовнішнього займу;

$\frac{M_{ex}}{\tau_{cr}}$ – відображає виплату за кредитом, де $\frac{1}{\tau_{cr}}$ – ставка за кредитом;

K – капітальні вкладення власних засобів;

$\frac{P}{\tau_s}$ – відображає витрати на зберігання продукції, де $\frac{1}{\tau_s}$ – частка оборотних засобів, витрачених на зберігання.

Рівняння балансу для складу має вигляд

$$\frac{\partial P}{\partial t} = k \frac{M}{\tau_1} - Q_m \frac{P}{P_0 + |P|}, \quad (2)$$

де $k = \frac{P}{P_{in}}$ – сума всіх витрат за час обороту дорівнює кількості виробленого товару, що виражається у собівартості p_{in} .

Обезрозміримо систему за допомогою безрозмірних змінних:

$$M' = \frac{M}{pQ_m\tau_1}; \quad P' = \frac{P}{P_0}; \quad t' = \frac{t}{\tau_1}; \quad \alpha = \frac{P_0}{pQ_m\tau_1}; \quad b = \frac{K \frac{M_{ex}}{\tau_{cr}}}{pQ_m}; \quad \varepsilon = \frac{P_0}{pQ_m\tau_s}.$$

Після обезрозмірювання системи матимемо

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{P}{1 + |P|} - M - b - \varepsilon P; \quad (3)$$

$$\alpha \frac{\partial P}{\partial t} = kM - \frac{P}{1 + |P|}. \quad (4)$$

Виразивши друге рівняння через перше, отримаємо

$$\left(1 - \frac{1}{k}\right) \frac{P}{1 + |P|} - \varepsilon P - b = 0.$$

Аналізуємо поведінку системи в області $P > 0$. Система має дві точки рівноваги за умови

$$\left(\varepsilon - 1 + \frac{1}{k} + b\right)^2 \geq 4\varepsilon b; \quad \varepsilon - 1 + \frac{1}{k} + b < 0. \quad (5)$$

В області $P < 0$ завжди є одне положення рівноваги.

Тепер зафіксуємо параметри α , ε , k та будемо оперувати параметром b . Нехай c початку b набуває малих значень, а всі інші параметри підібрані так, що виконується умова (5). У такому випадку є три положення рівноваги. Верхня та нижня рівновага є стійкою, а середня – нестійкою рівновагою типу «сідло». Таким чином, система (3), (4) має два аттрактори: благополуччя (верхня рівновага) та банкрутство (нижня рівновага). Через середню рівновагу проходить сепаратриса, яка ділить область притягнення цих двох аттракторів. У такому випадку система достатньо швидко виходить на одне з положень рівноваги, яке однозначно визначається початковими умовами [5; 6].

Тепер почнемо збільшувати коефіцієнт b . Ізокліни у першому квадраті будуть збільшуватися, верхня особлива точка буде постійно наближатися до середини, у разі перетворення нерівності (5) у рівність вони збігатимуться. Ізокліни при цьому будуть доторкатися один до одного. Система увійде до критичної точки – точки біфуркації. У разі подальшого збільшення b ізокліни розійдуться, при цьому положення рівноваги у додатному квадраті зникне, залишиться лише «від'ємна» рівновага.

Звідси видно, що існує два сценарії банкрутства. Перший сценарій – при фіксованих параметрах b , ε , k мають динамічні параметри M та 3 , і система переходить до системи нижнього аттрактора. При цьому верхня рівновага нікуди не зникає. Цей сценарій можна реалізувати, коли неухважно витрачається частина оборотних засобів або, взявши на себе великі

зобов'язання, не змінивши при цьому структуру виробництва [7].

Другий сценарій – перелічені вище параметри змінюються так, щоб рівновага у додатному квадраті зникла. При цьому можливий випадок, коли залишиться одна нижня рівновага, але нульові ізокліни розташовані дуже близько одна до одної. Тобто система вже пройшла точку біфуркації, але залишилась досить близько до неї. У цьому випадку можна спостерігати явище невиявленого банкрутства. Воно полягає у тому, що перед тим, як перейти у від'ємну область, певний час затримується біля певного додатного положення. Таку ситуацію зображено на рис. 1.

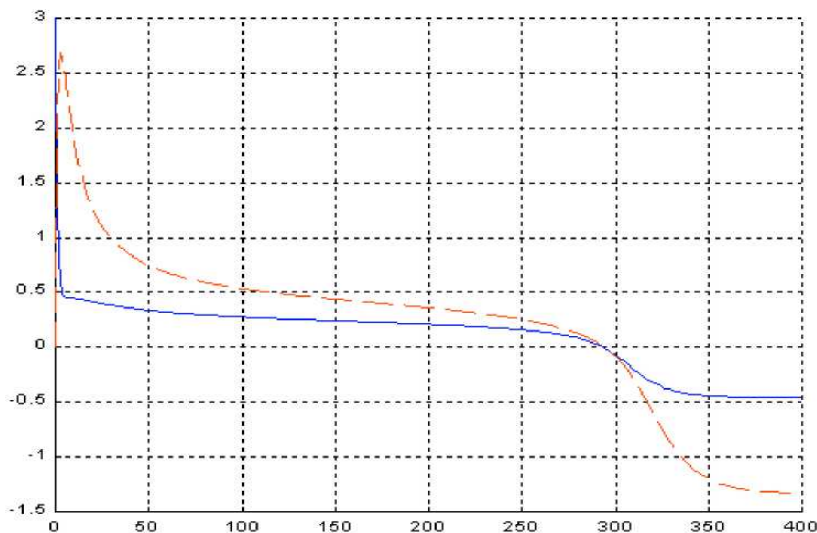


Рис. 1. Залежність M та P від часу у випадку невиявленого банкрутства (гладка лінія – $M(t)$, пунктирна – $P(t)$)

Видно, що система приблизно до 250-го циклу затримується у додатному квадраті, після чого переходить у нижнє положення рівноваги. При цьому з самого початку система знаходилася в області притягіння нижнього аттрактора, але, якщо спостерігати динаміку часових рядів на проміжку до моменту банкрутства, може скластися хибне уявлення, що підприємство виходить на позитивну рівновагу. Чим ближче до точки біфуркації знаходиться система, тим довше вона «зависає» в додатному квадраті і тим пізніше настає банкрутство, яке неможливо минути. Час затримки називається лаг-періодом.

Тепер розглянемо, що може статися, якщо підприємство візьме кредит. У цьому випадку підвищиться M , але при цьому підвищиться і b (кредит треба повертати з процентами). Розглянемо випадок, коли b зміниться за рахунок кредитної ставки, а інші параметри залишаться без змін. Тобто підприємство залучає кошти іззовні тільки для того, щоб збільшити свій оборотний капітал.

Якщо існує три положення рівноваги і система знаходиться у верхньому, то кредит не зможе покращити стан підприємства. Тому що підвищиться параметр b , що викличе «зниження» верхньої рівноваги. А якщо при цьому проходить точку біфуркації, то вона зовсім зникає.

Якщо система знаходиться у нижній рівновазі і при цьому існує верхнє, тоді за допомогою кредиту можна перескочити у стан благополуччя. Для цього потрібно перетнути сепаратрису. Але при цьому потрібен кредит з такою кредитною ставкою, щоб не пройти точку біфуркації [8].

Висновки. У роботі описано типову модель підприємства та запропоновано принципово нову методику аналізу його стану щодо розширення виробництва існуючого продукту або впровадження нового. За допомогою біфуркаційного аналізу було доведено, що стійка рівновага при від'ємному оборотному капіталі існує завжди, тоді як сприятлива рівновага – лише за певних умов.

На відміну звичайного аналізу часових рядів, розроблено модель є більш чутлива до зміни параметрів, що характеризують роботу підприємства, і може завчасно виявити можливість банкрутства, у той час як задовільний характер показників дає хибне уявлення про стабільність роботи.

Література

1. Гамецкий А. Ф., Соломон Д. И. Математическое моделирование макроэкономических процессов [Текст] / А. Ф. Гамецкий. – Эврика, 1997. – 345 с. – 5 000 экз. – ISBN 569-600-190-4.
2. Филимонов А. С. Финансы предприятия [Текст]: учеб. пособие / А. С. Филимонов. – К.: Ника-центр, Эльга, 2002. – 280 с. – 12 000 экз. – ISBN 966-521-139-0.
3. Вітлінський В. В. Моделювання економіки [Текст]: навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дис. / В. В. Вітлінський. – К.: КНЕУ, 2005. – 306 с. – 20 000 пр. – ISBN 966-574-411-9.
4. Фейгин М. И. Бифуркационный подход к исследованию динамической системы [Текст] / М. И. Фейгин. – Н. Новгород, 2001. – 356 с. – 7 000 экз. – ISBN 5-7997-0351-0.
5. Занг В.-Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории [Текст] / В.-Б. Занг: пер. с англ. – М.: Мир, 1999. – 335 с. – ISBN 5-03-003304-01.

6. Йосс Ж., Д. Джозеф. Элементарная теория устойчивости и бифуркаций [Текст] / Ж. Йосс: пер. с англ. В. Н. Рубановского. – Новокузнецк: НФМИ, 1998. – 296 с. – ISBN 5-800323-195-9.

7. Белых В. Н. Элементарное введение в качественную теорию и теорию бифуркаций динамических систем [Текст] / В. Н. Белах. – Н. Новгород, 1997. – 432 с. – 8 000 экз.

8. Пугачева Е. Г., Соловьев К. Н. Самоорганизация социально-экономических систем. [Текст] : учеб. пособие / Е. Г. Пугачева. – Иркутск.: Изд-во БГУЭП, 2003. – 174 с. – 8 000 экз. – ISBN 5-7153-0834-0.

УДК 330.46

О. В. Цеслив,
к. т. н., доц.
О. О. Климов,

Національний технічний університет України «КПІ»

РАЦИОНАЛЬНА ПОВЕДІНКА ФІРМИ НА ІНВЕСТИЦІЙНОМУ РИНКУ. СТОХАСТИЧНИЙ ПІДХІД

Наведено стохастичну динамічну модель оптимального розподілу ресурсу. Для цього всі завдання математичного програмування залежно від виду функції розподілу попиту й обмежень можуть бути розділені на ряд класів, кожний з яких характеризується своїми методами рішення, один з яких – метод динамічного програмування.

In the given work the stochastic dynamic model of resource optimum distribution is resulted. All tasks of mathematical programming, depending on a kind of demand distribution function and restrictions, can be divided into a number of classes, each one characterized by the decision methods, one of them is a dynamic programming method.

Ключові слова: інвестиції, оптимальний розподіл інвестицій, динамічне стохастичне програмування, принцип оптимальності Беллмана.

Вступ. Задача раціонального розподілу обмеженого ресурсу є традиційною задачею управлінської практики. Стандартна постановка задачі така: є деякий обмежений ресурс, який необхідно розумним чином розподілити між споживачами. Задача в такій постановці є звичайною задачею математичного програмування й багаторазово обговорювалася [2; 3].

Постановка завдання. Розглянемо діяльність фірми, що здійснює реальні інвестиції, зокрема у виробничі фонди та товарно-матеріальні запаси. Існує певний набір продукції, яку може виготовляти підприємство. Для кожного виду продукції розроблено інвестиційні проекти, що відображають прогнозовані загальні витрати (обсяги капіталовкладень) та доходи, пов'язані з реалізацією кожного проекту. Необхідно розробити план інвестування коштів у зазначені виробництва товарів так, щоб отримати максимальний прибуток, але враховуючи імовірнісний характер попиту. Як конкретне підприємство було обрано торгово-промислову компанію «Бест Лайн», яка надала відповідні статистичні дані.

Таблиця 1

№ п/п	1 товар (паркет з берези)		2 товар (паркет з ясеня)		3 товар (паркет з дуба)	
	Попит, m^2	Частота	Попит, m^2	Частота	Попит, m^2	Частота
1	2200-2350	16	1550-1675	12	1360-1480	6
2	2350-2500	18	1675-1800	19	1480-1600	12
3	2500-2650	19	1800-1925	16	1600-1720	13
4	2650-2800	24	1925-2050	21	1720-1840	19
5	2800-2950	38	2050-2175	35	1840-1960	33
6	2950-3100	56	2175-2300	53	1960-2080	51
7	3100-3250	59	2300-2425	56	2080-2200	54
8	3250-3400	61	2425-2550	57	2200-2320	56
9	3400-3550	63	2550-2675	59	2320-2440	58
10	3550-3700	69	2675-2800	65	2440-2560	64

Таблиця 2

№ п/п	4 товар (паркет з бука)		5 товар (паркет з груші)		6 товар (паркет з черешні)	
	Попит, m^2	Частота	Попит, m^2	Частота	Попит, m^2	Частота
1	1120-1515	6	970-1045	19	730-775	9
2	1215-1310	9	1045-1120	22	775-820	13
3	1310-1405	13	1120-1195	24	820-865	14

4	1405-1500	14	1195-1270	27	865-910	17
5	1500-1595	16	1270-1345	28	910-955	23
6	1595-1690	18	1345-1420	30	955-1000	25
7	1690-1785	19	1420-1495	31	1000-1045	26
8	1785-1880	24	1495-1570	36	1045-1090	31
9	1880-1975	27	1570-1645	39	1090-1135	34
10	1975-2070	32	1645-1720	44	1135-1180	39

Методологія. Процеси управління виробництвом та іншими об'єктами економіки супроводжуються випадковими перешкодами, статистичні закономірності яких не завжди можуть бути визначені й враховані під час розрахунку стратегії й параметрів керуючих впливів. У силу цього й результати функціонування цих систем є випадковими, тому для їх моделювання використовуються стохастичні моделі. Різним аспектам досліджуваної проблематики приділяли і приділяють значну увагу, у своїх працях вітчизняні та зарубіжні вчені, а саме Л. В. Канторович, В. В. Вітлінський, Ю. П. Зайченко [1; 2; 8]

Результати дослідження. Для вибору обсягів інвестицій у виробництво продуктів за кожним із проектів необхідно враховувати оптимальний рівень виробництва та запасів, що дасть можливість зекономити на ресурсах і збільшити прибуток. Досліджуємо можливий стан системи при імовірнісному попиті та миттєвих поставках товару підприємством з метою визначення оптимального об'єму виробництва продукції за кожним проектом. Це визначить обсяги інвестицій, які будуть основними параметрами моделі. Нехай $C(y-z)$ – витрати на виробництво i -ї продукту; z – наявний запас продукції до початку виробництва; y – об'єм замовлення продукції ($y \geq z$); x – величина випадкового попиту за певний період t ; $f(x)$ – щільність розподілу попиту за певний період t ; $S(y-x)$ – питомі затрати на зберігання одиниці продукції протягом певного періоду t , коли залишається частина невикористаного запасу; $P(x-y)$ – питомі затрати від незадоволеного попиту (штраф за дефіцит) на одиницю продукції протягом часу t .

Визначимо оптимальний об'єм замовлення y^* , який мінімізує сумарні очікувані затрати, пов'язані із виробництвом, зберіганням і незадоволеним попитом. Розглянемо частковий випадок моделі при імовірнісному попиті, коли функції затрат $P(u)$, $S(u)$, $C(u)$ – лінійні. У цьому випадку величину y^* можна визначити аналітично:

$$S(y-x) = S(y-x), P(x-y) = P(x-y), C(y-z) = C(y-z). \quad (1)$$

Тоді математичне сподівання загальних витрат підприємства за період t становить:

$$L_t(y, z) = S \int_0^y (y-x)f(x)dx + P \int_y^\infty (x-y)f(x)dx + C(y-z);$$

$$\frac{\partial L_t(y, z)}{\partial y} = S \int_0^y f(x)dx - P \int_y^\infty f(x)dx + C = 0 = SF(y) - P(1-F(y)) + C = 0.$$

Для знаходження оптимального рівня замовлення отримуємо рівняння

$$F(y) = \frac{P-C}{P+S},$$

де $F(y)$ – функція розподілу випадкового попиту.

Тому для показникового розподілу попиту отримуємо такий оптимальний об'єм виробництва:

$$F(y^*) = 1 - e^{-\frac{y^*}{\mu T}} = \frac{P-C}{P+S}; \quad y^* = \mu T \ln \frac{P+S}{C+S}.$$

Для рівномірного розподілу:

$$F(y^*) = \frac{1}{b-a} = \frac{P-C}{P+S}, \quad y^* \in [a, b];$$

$$y^* = \frac{b(P-C) + a(C+S)}{P+S}. \quad (2)$$

Для нормального розподілу не можна аналітично виразити y^* , але, використовуючи функцію Лапласа, можна записати:

$$F(y^*) = \int_{-\infty}^y \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}} dt = \Phi_0\left(\frac{y-a}{\sigma}\right) - \Phi_0\left(\frac{-\infty-a}{\sigma}\right) = \Phi_0\left(\frac{y-a}{\sigma}\right) + 0,5 = 0,5 + \Phi_0\left(\frac{y-a}{\sigma}\right);$$

$$F(y^*) = 0,5 + \Phi_0\left(\frac{y^*-a}{\sigma}\right) = \frac{P-C}{P+S};$$

$$\Phi_0\left(\frac{y^*-a}{\sigma}\right) = \frac{0,5(P-S)-C}{P+S}. \quad (3)$$

Для закону розподілу Релея отримаємо:

$$F(y^*) = 1 - e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}} = \frac{P-C}{P+S}, \quad y^* = \sigma \sqrt{2 \ln \frac{P+S}{S+C}}. \quad (4)$$

Отже, для знаходження найкращого плану інвестування, враховуючи в проектах оптимальний об'єм виробництва, отримаємо таке рекурентне співвідношення:

$$f_i^*(x_i) = \max_{y_i} \{P_i y_i + f_{i+1}^*(x_i - y_i C_i)\}, \quad (i = \overline{1, n}), \quad y_i \leq x_i.$$

Знаючи, що $y_i = y_i^*$ для показникового розподілу, остаточно отримаємо модель вибору оптимального плану інвестування для різних видів продукції. Вона буде знаходити максимальний прибуток за різних комбінацій інвестицій та доходів, враховуючи обмеження на загальний обсяг виділених коштів:

$$f_i^*(x_i) = \max_{y_i} \left\{ (P_i \mu T \ln \frac{P+S}{C+S} + f_{i+1}^*(x_i - C_i \mu T \ln \frac{P+S}{C+S})) \right\}. \quad (5)$$

Для рівномірного розподілу

$$f_i^*(x_i) = \max_{y_i} \left\{ \left(\frac{P_i b(P-C) + P_i a(C+S)}{P+S} + f_{i+1}^*(x_i - \frac{P_i b(P-C) + P_i a(C+S)}{P+S}) \right) \right\}$$

Для розподілу Релея

$$f_i^*(x_i) = \max_{y_i} \left\{ (P_i \sigma \sqrt{2 \ln \frac{P+S}{S+C}} + f_{i+1}^*(x_i - C_i \sigma \sqrt{2 \ln \frac{P+S}{S+C}})) \right\} \quad (6)$$

Розв'яжемо цю задачу, починаючи пошук умовно-оптимального управління з останнього кроку. Скористаємося методом динамічного програмування для знаходження оптимального розв'язку. Зв'язок між зазначеними кроками забезпечується обмеженням на загальний обсяг виділених коштів.

Змінні задачі візьмемо так, щоб можна було послідовно керувати процесом розподілу коштів:

- x_1 – обсяг капіталовкладень, виділених на кроках 1-4;
- x_2 – обсяг капіталовкладень, виділених на кроках 2-4;
- x_3 – обсяг капіталовкладень, виділених на кроках 3 і 4;
- x_4 – обсяг капіталовкладень, виділених на 4-му кроці;

y_i ($i = \overline{1, n}$) – обсяг інвестицій в i -тий вид продукції;

y_i^* ($i = \overline{1, n}$) – оптимальний обсяг інвестицій в i -тий вид продукції.

Рекурентне співвідношення, що описує зв'язок між ефективностями управління від 4-го до 1-го кроку подається у вигляді

$$f_i^*(x_i) = \max_{y_i} \{P_i y_i + f_{i+1}^*(x_i - y_i C_i)\}, \quad (i = \overline{1, n}), \quad y_i \leq x_i. \quad (7)$$

Використовуючи дані підприємства «Бест Лайн», отримали таку таблицю.

Таблиця 3. Залежність прибутку від капіталовкладень

Витрати C та доходи D на товари, тис. грн										Загальна сума, тис. грн		Прибуток, тис. грн
Товар № 1	Товар № 2	Товар № 3	Товар № 4	Товар № 5						$\sum C$	$\sum D$	
C_1	D_1	C_2	D_2	C_3	D_3	C_4	D_4	C_5	D_5			P
49	52	50	55	62	67	134	143	143	178	438	495	57
44	50	69	74	86	98	88	102	108	120	395	444	49
41	45	65	75	83	95	92	100	110	128	391	443	52
38	42	64	71	73	80	87	95	127	146	389	434	45

Необхідно визначити оптимальний розподіл коштів між товарами для максимізації загального прибутку. Для розв'язку задачі використовуємо метод динамічного програмування. У цьому випадку етапами задачі буде не час, а розподіл коштів між товарами.

Таблиця 4. Оптимальний розподіл ресурсів

Витрати C та доходи D на товари, тис. грн										Загальна сума, тис. грн		Прибуток, тис. грн
Товар № 1	Товар № 2	Товар № 3	Товар № 4	Товар № 5						$\sum C$	$\sum D$	
C_1	D_1	C_2	D_2	C_3	D_3	C_4	D_4	C_5	D_5			P
49	52	50	55	83	95	87	102	108	130	377	434	57

Висновки. Наукова новизна цієї роботи полягає в методі розв'язання динамічної стохастичної задачі, в якій етапами задачі є не час, а розподіл ресурсів. Слід відзначити, що закон розподілу попиту у цій задачі для кожного товару різний. Знаючи статистичні дані попередніх періодів, визначаємо функції розподілу попиту на різні товари та, використовуючи метод динамічного програмування, знаходимо оптимальний розподіл ресурсів.

Література

1. Оптимизационные модели распределения инвестиций по видам деятельности [Текст] / С. А. Баркалов, О. Н. Бакунец, и др. – М.: ИПУ РАН, 2004. – 68 с. – ISBN 5-84209-041-6.
2. Беллман Р. Введение в теорию матриц [Текст]. – М., 1976.
3. Бланк И. А. Инвестиционный менеджмент [Текст]. – К.: МП «ИТЕМ» ЛТД, «Юнайтед Лондон Трейд Лимитед», 1995. – 448 с. – ISBN 6-82207-052-5.
4. Вітлінський В. В., Наконечний С. І. Ризик у менеджменті [Текст]. – К.: ТОВ «Бори сфен-М», 1996. – 336 с. – ISBN 5-7707-9819-X.
5. Грабовый П. Г., Петрова С. Н., Полтавцев С. И. Риски в современном бизнесе. – М.: Аланс, 1994. – 200 с. – ISBN 6-84209-041-6.
6. Идрисов А. Б. Планирование и анализ эффективности инвестиций. – М.: PRO-INVEST CONSULTING, 1995. – 160 с.
7. Майорова Т. В. Інвестиційна діяльність: навч. посіб. – К.: «Центр навчальної літератури», 2004. – 376 с. – ISBN 966-8253-35-3.
8. Зайченко Юрій Петрович. Дослідження операцій [Текст]: підруч. для вищ. навч. закл., що навч. за напрямом «Прикладна математика» та «Комп'ютерні науки» / Ю. П. Зайченко. – 5-те вид. перероб. і доп. – К.: ЗАТ «ВІПОЛ», 2001. – 688 с. – ISBN 5-11-000226-6. – ISBN 966-646-001-7.
9. Кігель Володимир Романович. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці : моногр. / В. Кігель; Київ. економ. ін-т менеджменту. – К.: ЦУЛ, 2003. – 202 с. – ISBN 966-8253-13-2.
10. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций [Текст] / Хемди А. Таха ; пер. с англ. / А. А. Минько: Вильямс, 2005. – 912 с. – На пер. 1-й авт.: Хемди А. Таха. – Предм. указ.: с. 893–901. – 3000 экз. – ISBN 5-8459-0740-3 (рус).
11. Совершенствование управления отраслью [Текст] / В. И. Голиков, А. П. Калашников, В. М. Геец и др.; отв. ред. В. И. Голиков; АН УССР, Ин-т экономики. – К.: Наук. думка, 1989. – 141, [1] с. – 3000 экз. – ISBN 5-12-000966-2.

УДК 336.77

О. В. Клименко

к.ф.-м.н., доц.

Національний технічний університет України «КПІ»

РОЗРАХУНКИ ПО ІПОТЕЧНИХ ПОЗИКАХ В УМОВАХ ІНФЛЯЦІЇ

Досліджені відносини іпотеки в Україні в умовах загострення світової фінансової кризи. Під час аналізу іпотечних позик розроблено плани погашення боргу в умовах інфляції з використанням фінансових функцій Excel.

In Ukraine the relations of hypothec under the condition of aggravation of world financial crisis are investigated. There is we analyze the mortgage loan and develop the plans of repayment the loan under the condition of inflation having used the financial functions of Excel.

Ключові слова: іпотечна стандартна позика, іпотека з ростом платежів, іпотека з регульованою процентною ставкою, темп інфляції.

Вступ. Під іпотекою (англ. mortgage, hypothec) розуміють грошову позику, яка надається під заставу нерухомого майна (землі, будинку, підприємства). Позики під заставу нерухомості отримали широке поширення в країнах із розвинутою ринковою економікою як одне з важливих джерел довгострокового фінансування.

В Україні відносини іпотеки регулюються законами України про іпотеку [1] (набрав чинності у 2004 р.), про іпотечне кредитування, операції з консолідованим іпотечним боргом та іпотечні сертифікати [2], про оцінку землі [3], про оцінку майна [4], про заставу [5] (розділ II «Іпотека»), ЦКУ [6].

Іпотечне кредитування сприяє економічному і соціальному розвитку країни. Підприємства використовують довгострокові кредитні ресурси, забезпечені нерухомістю для оновлення матеріально-технічної бази; населення – для побудови житла, започаткування власного бізнесу тощо.

Інфляційні процеси, які характерні для економіки багатьох країн, вимагають урахування інфляції під час розробки планів погашення боргу по іпотечних позиках. Іпотечні позики відрізняються в основному методами погашення заборгованості: борг разом із процентами може погашатися рівними щомісячними внесками або може здійснюватися постійне зростання погашувальних платежів, наприклад, темпами інфляції, або комбінаціями останніх [7; 8; 9].

Невизначеність стосовно рівня інфляції у довгостроковому періоді спричинила появу такого фінансово-кредитного інструмента, як іпотечний кредит із регульованою процентною ставкою, рівень якої прив'язується, наприклад, до індексу інфляції. Цей інструмент покликаний щорічно, або з іншою періодичністю, коригувати проценти за довгостроковими позиками, що знижує вплив інфляційних чинників на вартість довгострокового кредиту. Використання іпотечного кредиту з регульованою процентною ставкою зменшує можливість мати великі капітальні доходи (або збитки) від нерухомого майна, що посилює стабілізаційні процеси в економіці й у такому аспекті може розглядатись як засіб адаптації економічних суб'єктів до вразливих умов з метою мінімізації збитків.

Постановка завдання. Дослідження відносин іпотеки в Україні в умовах загострення світової фінансової кризи. Розробка планів погашення боргу під час аналізу іпотечних позик в умовах інфляції, зокрема для традиційної іпотечної

позики з використанням фінансових функцій Excel, іпотечної позики з періодичним ростом платежів темпами інфляції та з регульованою процентною ставкою, рівень якої прив'язується до індексу інфляції.

Методологія. В основу дослідження покладено загальнонаукові методи пізнання: аналіз, синтез, системність, діалектику, а також методи фінансово-економічного аналізу, методи фінансової математики, програмне забезпечення Excel.

Результати дослідження. Іпотека як правове явище стала результатом реформ 594 р. до н. е., проведених давньогрецьким архонтом Соломоном. Соломон, щоб перевести особисту відповідальність у майнову, запропонував ставити на землі боржника (зазвичай на межі) стовп із написом про те, що ця власність служить забезпеченням боргу на певну суму. Такий стовп називали іпотекою. По-грецьки *hypotheca* – підставка, підпора.

Згідно зі статтею 1 Закону про іпотеку [1]: «Іпотека – це вид забезпечення виконання зобов'язання нерухомим майном, що залишається у володінні і користуванні іпотекодавця, згідно з яким іпотекодержатель має право у разі невиконання боржником забезпеченого іпотекою зобов'язання отримати задоволення своїх вимог за рахунок предмета іпотеки переважно перед іншими кредиторами цього боржника у порядку, встановленому цим Законом. Іпотекодержатель – кредитор за основним зобов'язанням. Іпотекодавець – особа, яка передає в іпотеку нерухоме майно для забезпечення виконання власного зобов'язання або зобов'язання іншої особи перед іпотекодержателем. Іпотекодержателем може бути боржник або майновий поручитель. Нерухоме майно (нерухомість) – земельні ділянки, а також об'єкти, розташовані на земельній ділянці і невід'ємно пов'язані з нею, переміщення яких є неможливим без їх знецінення та зміни їх призначення».

Відносини іпотеки доволі складні та багатогранні. Насамперед це пов'язано з тим, що іпотека є складовою частиною не лише кредитних, але й інших операцій, які призводять до виникнення боргових зобов'язань (наприклад, за договором купівлі–продажу, лізингу тощо). Але найбільшого поширення іпотека набула все-таки в кредитних відносинах.

Характерною особливістю іпотечних позик є тривалий строк погашення.

Економічна криза може підірвати розвиток іпотечного кредитування.

На сьогоднішню ситуацію в Україні вплинули нестабільність гривні, різкі коливання курсу долара та світова фінансова криза. Обвал котирування міжнародних акцій та дефіцит долара на міжбанківському ринку привели до подорожчання кредитних засобів.

Крім того, унаслідок значної інфляції у 2008 р. (16,1 % за дев'ять місяців 2008 р.) у фінансових установ виникає додатковий ризик неповернення позик.

У вересні банки зіткнулися з новою проблемою – унаслідок загострення світової фінансової кризи європейські інвестори почали відтік валюти з України. Населення кинулося забирати внески з депозитних рахунків. Унаслідок цього деякі банки опинилися на межі банкрутства.

Усе це примусило банки обмежити видачу іпотечних позик і прийняти жорсткі умови: підвищити іпотечні ставки, скорочувати строки кредитування, збільшувати авансовий платіж або просто перестати видавати кредити.

НБУ насамперед має забезпечувати стабільність національної грошової одиниці та нормальне функціонування банківської системи, що буде запорукою підвищення довіри до гривні та банків і сприятиме мобілізації вільних коштів, зокрема для іпотечного кредитування.

Завдання уряду – недопущення обвалу ринку іпотечного кредитування.

Міжнародний валютний фонд виділить Україні кредит у розмірі 16,5 мільярда доларів на 15 років під 3,7 % річних. Кошти виділяються для підтримки економічної і фінансової стабільності в країні в умовах світової кризи і падіння цін на метал. Програма спрямована на повернення України до економічної стабільності. Керівництво країни має намір вирівняти платіжний баланс і знизити залежність держави від зовнішніх чинників, а також знизити інфляцію.

Існують кілька видів іпотечних позик, які відрізняються в основному методами погашення заборгованості.

Більшість видів є варіантами *стандартної*, або *типової*, *іпотечної позики*. Суть її полягає у тому, що позичальник отримує у заставодержателя (кредитора) деяку суму під заставу нерухомості (наприклад, при купівлі або будівництві будинку). Далі він погашає борг разом з процентами, рівними, звичайно, щомісячними внесками.

Модифікації стандартної схеми іпотеки направлені на підвищення її гнучкості для врахування потреб як боржника, так і кредитора. Деякі з них мають за мету знизити витрати боржника на початкових етапах погашення боргу перенесенням основних виплат на більш пізні етапи. Такі іпотеки притягують тих клієнтів, які очікують зростання своїх доходів у майбутньому, наприклад, підприємців-початківців.

Охарактеризуємо деякі модифікації стандартної схеми іпотек.

Позики з ростом платежів (англ. *graduated mortgage, GPM*). Цей вид позики передбачає постійне зростання витрат з обслуговування боргу у перші п'ять–десять років. Потім погашення здійснюється постійними внесками.

Позики з періодичним збільшенням внесків (англ. *step-rate mortgage, SRM*). Схема такої позики є варіантом GPM: за узгодженим графіком кожні три–п'ять років збільшується сума внесків.

Позики з періодичною зміною процентної ставки (англ. *rollover mortgage, RM*). Схема цієї позики передбачає, що сторони кожні три–п'ять років переглядають рівень процентної ставки. Тим самим створюється можливість для деякої адаптації до зміни умов ринку.

Іпотеки зі змінною процентною ставкою (англ. *variable-rate mortgage, VRM*). Рівень ставки тут прив'язується до якого-небудь поширеного фінансового показника або індексу, наприклад індексу інфляції.

Основним завданням під час аналізу іпотек є розробка планів погашення боргу. Важливо також вміти визначати суму погашеного боргу та залишку заборгованості на будь-який проміжний момент (необхідність у цьому виникає, наприклад, з припиненням кредитного договору або його перегляданням).

Розглянемо методи вирішення цих проблем для традиційної іпотечної позики та іпотечної позики з періодичним зростанням платежів.

Спочатку розглянемо традиційну іпотечну позику, коли боржник погашає заборгованість разом з процентами, рівними щомісячним внескам.

1. Розрахунки по стандартних іпотечних позиках за допомогою фінансових функцій Excel. Завдання полягає у визначенні розміру щомісячних погашувальних платежів (внесків) R та залишку заборгованості на момент чергового її погашення впритул до повного погашення боргу. Погашувальні платежі (внески) є постійною рентою – анuitетом.

Нарощена сума (S) анuitету постнумерандо (платежі здійснюються в кінці місяця) для випадку, коли момент нарахування процентів і момент платежу збігаються, знаходиться за формулою [10]

$$S = Rm \cdot \frac{\left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mn} - 1}{i}, \quad (1)$$

де R – величина платежу за період; i – річна складна процентна ставка, виражена у десятковому дробі; n – строк анuitету в роках, m – число нарахувань процентів на рік.

Поточна вартість (A) нарощеної суми – сума всіх платежів, дисконтованих на величину процентної ставки на початок періоду, дорівнює [10]

$$A = \frac{S}{\left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mn}} = \frac{Rm}{i} \cdot \left(1 - \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{-mn}\right), \quad (2)$$

де R – величина платежу за період; i – річна складна процентна ставка, виражена у десятковому дробі; n – строк анuitету в роках; m – число нарахувань процентів на рік.

З формули (2) може бути знайдена величина платежу за період (R):

$$R = \frac{Ai}{m \cdot \left(1 - \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{-mn}\right)} = \frac{Ai \cdot \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mn}}{m \cdot \left(\left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mn} - 1\right)}. \quad (3)$$

Величина R є базою для розробки плану погашення боргу та дорівнює у будь-якому періоді сумі платежу, який піде на погашення основного боргу, і сумі на оплату процентів у тому самому періоді; A – величина іпотечної позики.

Приклад 1. Під заставу квартири отримано позику 50 тис. грн. строком на один рік під процентну ставку 18 % річних. Погашення іпотечної позики та процентів здійснюється щомісяця рівними сумами.

Визначити загальну суму витрат позичальника S , величину щомісячного платежу R . Скласти план погашення боргу.

Розв’язання: З формули (3) знаходимо величину щомісячного платежу, грн:

$$R = \frac{Ai \cdot \left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mn}}{m \cdot \left(\left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mn} - 1\right)} = \frac{50000 \cdot 0,18 \cdot \left(1 + \frac{0,18}{12}\right)^{12 \cdot 1}}{12 \cdot \left(\left(1 + \frac{0,18}{12}\right)^{12 \cdot 1} - 1\right)} = \frac{50000 \cdot 0,18 \cdot 1,015^{12}}{12 \cdot (1,015^{12} - 1)} = 4584,01.$$

Щомісячний платіж R можна знайти, використовуючи фінансову функцію табличного процесора Excel ПЛТ [10]:

$$\text{ПЛТ}(18\%;12;12;-50000) = 4583,999645.$$

Платежі за процентами на основі періодичних постійних виплат і постійної процентної ставки розраховуються за допомогою функції Excel ПРПЛТ [10]:

$$\begin{aligned} \text{ПРПЛТ}(18\%;12;1;12;-50000) &= 750; \\ \text{ПРПЛТ}(18\%;12;2;12;-50000) &= 692,4900053; \\ \text{ПРПЛТ}(18\%;12;3;12;-50000) &= 634,1173607; \\ \text{ПРПЛТ}(18\%;12;4;12;-50000) &= 574,8691265; \\ \text{ПРПЛТ}(18\%;12;5;12;-50000) &= 514,7321687; \\ \text{ПРПЛТ}(18\%;12;6;12;-50000) &= 453,6931565; \\ \text{ПРПЛТ}(18\%;12;7;12;-50000) &= 391,7385592; \\ \text{ПРПЛТ}(18\%;12;8;12;-50000) &= 328,8546429; \\ \text{ПРПЛТ}(18\%;12;9;12;-50000) &= 265,0274679; \\ \text{ПРПЛТ}(18\%;12;10;12;-50000) &= 200,2428852; \\ \text{ПРПЛТ}(18\%;12;11;12;-50000) &= 134,4865338; \\ \text{ПРПЛТ}(18\%;12;12;12;-50000) &= 67,74383712. \end{aligned}$$

Сума основного платежу за позику (виплата заборгованості), яка погашається рівними платежами в кінці розрахункового періоду, обчислюється за допомогою функції Excel ОСПЛТ [10]:

$$\begin{aligned} \text{ОСПЛТ}(18\%;12;1;12;-50000) &= 3833,999645; \\ \text{ОСПЛТ}(18\%;12;2;12;-50000) &= 3891,50964; \\ \text{ОСПЛТ}(18\%;12;3;12;-50000) &= 3949,882285; \\ \text{ОСПЛТ}(18\%;12;4;12;-50000) &= 4009,130519; \\ \text{ОСПЛТ}(18\%;12;5;12;-50000) &= 4069,267477; \end{aligned}$$

ОСПЛТ(18 %.12; 6; 12; -50000) = 4130,306489;
 ОСПЛТ(18 %.12; 7; 12; -50000) = 4192,261086;
 ОСПЛТ(18 %.12; 8; 12; -50000) = 4255,145002;
 ОСПЛТ(18 %.12; 9; 12; -50000) = 4318,972177;
 ОСПЛТ(18 %.12; 10; 12; -50000) = 4383,75676;
 ОСПЛТ(18 %.12; 11; 12; -50000) = 4449,513112;
 ОСПЛТ(18 %.12; 12; 12; -50000) = 4516,25808.

Результати розрахунків розмістимо у табл. 1.

Таблиця 1. План погашення боргу за стандартною іпотечною позиною

Місяць	Сума основного боргу на початок місяця, грн	Платежі за процентами, грн	Сума погашення основного боргу, грн	Загальна сума платежу, грн
1	50000	750	3833,999645	4583,999645
2	46166,00036	692,4900053	3891,50964	4583,999645
3	42274,49072	634,1173607	3949,882285	4583,999645
4	38324,60843	574,8691265	4009,130519	4583,999645
5	34315,47791	514,7321687	4069,267477	4583,999645
6	30246,21043	453,6931565	4130,306489	4583,999645
7	26115,90395	391,7385592	4192,261086	4583,999645
8	21923,64286	328,8546429	4255,145002	4583,999645
9	17668,49786	265,0274679	4318,972177	4583,999645
10	13349,52568	200,2428852	4383,75676	4583,999645
11	8965,76892	134,4865338	4449,513112	4583,999645
12	4516,255808	67,74383712	4516,25808	4583,999645
Усього	—	5007,995744	50000	55007,99574

2. Розрахунки за іпотечними позиками із періодичним збільшенням платежів темпами інфляції. Урахування інфляції при постійному очікуваному її рівні приводить до зростання темпами інфляції погашувальних платежів (внесків) до повного погашення боргу, тобто платежі є членами геометричної прогресії $R_1, R_1q, R_1q^2, \dots, R_1q^{mn-1}$, де R_1 – величина першого члена (першого платежу); q – знаменник геометричної прогресії (індекс інфляції); mn – число членів (число платежів).

Нехай α – річний рівень інфляції, $I = 1 + \alpha$ – річний індекс інфляції. Тоді, якщо вважати інфляцію рівномірною, місячний індекс інфляції буде дорівнювати $(1 + \alpha)^{\frac{1}{12}}$.

Сума витрат на погашення іпотечного боргу буде дорівнювати

$$S = R_1 + R_1 \cdot (1 + \alpha)^{\frac{1}{12}} + R_1 (1 + \alpha)^{\frac{2}{12}} + \dots + R_1 \cdot (1 + \alpha)^{\frac{mn-1}{12}} = R_1 \cdot \sum_{i=1}^{mn} (1 + \alpha)^{\frac{i-1}{12}} = R_1 \cdot \frac{(1 + \alpha)^{\frac{mn}{12}} - 1}{(1 + \alpha)^{\frac{1}{12}} - 1} \quad (4)$$

як сума членів геометричної прогресії з кількістю елементів mn , зі знаменником $q = (1 + \alpha)^{\frac{1}{12}}$, першим членом $a_1 = R_1$.

Поточна вартість платежів дорівнює величині основного боргу А:

$$A = \frac{R_1}{1 + \frac{i}{m}} + \frac{R_1 \cdot (1 + \alpha)^{\frac{1}{12}}}{\left(1 + \frac{i}{m}\right)^2} + \dots + \frac{R_1 \cdot (1 + \alpha)^{\frac{mn-1}{12}}}{\left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mn}} = \frac{R_1}{1 + \frac{i}{m}} \cdot \frac{\frac{(1 + \alpha)^{\frac{mn}{12}} - 1}{(1 + \alpha)^{\frac{1}{12}} - 1}}{\frac{(1 + \alpha)^{\frac{mn}{12}} - 1}{\left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mn} - 1}} = R_1 \cdot \frac{\frac{(1 + \alpha)^{\frac{mn}{12}} - 1}{(1 + \alpha)^{\frac{1}{12}} - 1 - \frac{i}{m}}}{\frac{(1 + \alpha)^{\frac{mn}{12}} - 1}{\left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mn} - 1}} \quad (5)$$

як сума членів геометричної прогресії з кількістю елементів mn , знаменником $q = \frac{(1 + \alpha)^{\frac{1}{12}}}{1 + \frac{i}{m}}$ та першим членом $a_1 = \frac{R_1}{1 + \frac{i}{m}}$.

З виразу (5) перший місячний внесок R_1 буде дорівнювати

$$R_1 = A \cdot \frac{(1 + \alpha)^{\frac{1}{12}} - 1 - \frac{i}{m}}{\frac{(1 + \alpha)^{\frac{mn}{12}} - 1}{\left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mn} - 1}} \quad (6)$$

Приклад 2. Під заставу квартири отримана позика 50 тис. грн строком на один рік під процентну ставку 18 % річних. Річний рівень інфляції очікується 15 %. Погашення позики здійснюється щомісяця, причому платежі збільшуються щомісяця такими, самими темпами, як інфляція.

Визначити величину першого місячного платежу R_1 , загальну суму витрат на погашення іпотечного боргу S , проценти за перший місяць іпотечної позики J_1 , перший місячний платіж на погашення основного боргу OB_1 . Скласти план погашення боргу.

Розв'язання: З виразу (6) знаходимо перший місячний внесок R_1 :

$$R_1 = A \cdot \frac{(1+\alpha)^{\frac{1}{12}} - 1 - \frac{i}{m}}{\frac{(1+\alpha)^{\frac{mn}{12}} - 1}{\left(1 + \frac{i}{m}\right)^{mn}} - 1} = 50000 \cdot \frac{12\sqrt[12]{1+0,15} - 1 - \frac{0,18}{12}}{\frac{(1+0,15)^{12 \cdot \frac{1}{12}} - 1}{\left(1 + \frac{0,18}{12}\right)^{12 \cdot 1}} - 1} = 4304,9786 \text{ грн.}$$

Загальну суму витрат на погашення іпотечного боргу знаходимо з виразу (4):

$$S = R_1 \cdot \frac{(1+\alpha)^{\frac{mn}{12}} - 1}{\frac{1}{(1+\alpha)^{\frac{1}{12}}} - 1} = 4304,9786 \cdot \frac{(1+0,15)^{12 \cdot \frac{1}{12}} - 1}{\frac{1}{(1+0,15)^{\frac{1}{12}}} - 1} = 55121,7557 \text{ грн.}$$

Проценти за перший місяць іпотечної позики J_1 :

$$J_1 = \frac{Aj}{m} = \frac{50000 \cdot 0,18}{12} = 750 \text{ грн.}$$

Перший місячний платіж на погашення основного боргу OB_1 дорівнює

$$OB_1 = R_1 - J_1 = 4304,9786 - 750 = 3554,9786 \text{ грн.}$$

План погашення іпотечного боргу складемо, використовуючи такі рекурсивні формули:

$$\begin{aligned} R_t &= R_1 \cdot (1+\alpha)^{\frac{t-1}{12}}, t = 2, 3, \dots, m; \\ J_t &= B_{t-1} \cdot \frac{0,18}{12}, t = 2, 3, \dots, m, B_1 = 50000 \text{ грн}; \\ OB_t &= R_t - J_t, t = 1, 2, \dots, m, \end{aligned}$$

де R_t – платіж за t -й місяць; J_t – проценти за t -й місяць; OB_t – платіж на погашення основного боргу за t -й місяць; B_t – основний борг за t -й місяць.

Розрахунки робимо за допомогою електронних таблиць Excel. Результати розрахунків розмістимо у табл. 2.

Таблиця 2. План погашення боргу за іпотечною позикою з періодичним збільшенням платежів темпами інфляції

Місяць	Сума основного боргу на початок місяця B_t , грн	Платежі по процентах J_t , грн	Сума погашення основного боргу OB_t , грн	Загальна сума платежу, грн
1	5000,0000	750,0000	3554,9786	4304,9786
2	46445,0214	696,6753	3658,7357	4355,4111
3	42786,2857	641,7943	3764,6400	4406,4343
4	39021,6456	585,3247	3872,7307	4458,0553
5	35148,9150	527,2337	3983,0474	4510,2811
6	31165,8676	467,4880	4095,6306	4563,1187
7	27070,2370	406,0536	4210,5217	4616,5752
8	22859,7153	342,8957	4327,7623	4670,6580
9	18531,9530	277,9793	4447,3951	4725,3744
10	14084,5579	211,2684	4569,4634	4780,7317
11	9515,0945	142,7264	4694,0112	4836,7376
12	4821,0833	72,3163	4821,0834	4893,3996
Усього		5121,7556	50000	55121,7557

Висновки. Теоретичне та практичне значення результатів дослідження мають пропозиції щодо посилення стабілізаційних процесів в економіці України стосовно іпотечного кредитування як одного з важливих джерел довгострокового фінансування, а також розробка планів погашення боргу під час аналізу іпотечних позик в умовах інфляції, зокрема для традиційної іпотечної позики з використанням фінансових функцій Excel, іпотечної позики з періодичним зростанням платежів темпами інфляції та з регульованою процентною ставкою, рівень якої прив'язується до індексу інфляції. Коригування процентів за довгостроковими позиками знижує вплив інфляційних чинників на вартість довгострокового кредиту. Використання іпотечного кредиту з регульованою процентною ставкою зменшує можливість мати великі капітальні доходи (або збитки) від нерухомого майна, що посилює стабілізаційні процеси в економіці й у такому аспекті може розглядатись як засіб адаптації економічних суб'єктів до вразливих умов з метою мінімізації збитків. Визначення суми погашеного боргу та залишку заборгованості на будь-який проміжний момент важливо при припиненні кредитного договору або його перегляданні, що актуально в умовах економічної нестабільності.

Рекомендації щодо використання результатів дослідження: у роботі надано рекомендації щодо підтримки економічної і фінансової стабільності в Україні в умовах світової кризи, зокрема з метою недопущення обвалу ринку іпотечного кредитування та зниження впливу інфляції на вартість довгострокового кредиту.

Література

1. Про іпотеку [Текст]: Закон України № 898-IV від 05.06.2003 р.
2. Про іпотечне кредитування, операції з консолідованим іпотечним боргом та іпотечні сертифікати [Текст]: Україна. Закони № 979-IV від 19.06.2003 р.
3. Про оцінку землі [Текст]: Закон України № 898-IV від 05.06.2003 р.
4. Про оцінку майна, майнових прав і професійну оціночну діяльність в Україні [Текст]: Україна. Закони № 2658-III від 12.07.2001 р.
5. Про заставу [Текст]: Закон України № 898- IV від 02.10.1992 р.
6. Цивільний кодекс України [Текст]: № 435-IV від 16.01.2003 р.
7. Любунь О. С. Іпотечне кредитування [Текст]: навч. посіб. / За заг. ред. О. С. Любуня, О. І. Кіреєва, М. П. Денисенка та ін. – К.: Центр навчальної літератури, 2005. – 392 с. – 1000 пр. – ISBN 966-364-069-3.
8. Мелкумов Я. С. Финансовые вычисления. Теория и практика: [Текст]: учеб.-справ. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 383 с. – 6000 экз. – ISBN 5-16-000922-1.
9. Четыркин Е. М. Методы финансовых и коммерческих расчетов [Текст]: учеб. – М.: Дело Лтд, 1995. – 320 с. – 20000 экз. – ISBN 5-86461-187-5.
10. Круш П. В., Клименко О. В. Економіка (розрахунки фінансово-інвестиційних операцій в Excel) [Текст]: навч. посіб. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 264 с. – 1000 пр. – ISBN 966-364-330-7.

УДК 338.23:338.124.4

І. О. Ляшенко,
М. В. Федоренко

Національний технічний університет України «КПІ»

ДЕРЖАВНА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНА ПОЛІТИКА В УМОВАХ СТАГФЛЯЦІЇ: ІНФЛЯЦІЯ ТА БЕЗРОБІТТЯ

У статті розглянуто проблемне питання щодо одночасного подолання інфляції та безробіття в Україні під час кризи, проаналізовано вплив соціальних факторів на рівень інфляції, виявлено синергійний ефект, що виникає в результаті паралельного зменшення інфляції та безробіття, запропоновано основні напрямки формування державної соціально-економічної політики в умовах стагфляції.

Article is devoted to the problematical question of simultaneous overcoming of inflation and unemployment in Ukraine during crisis, the influence of social factors on inflation is analysed, the synergistic effect which is arise as a result of parallel decrease of inflation and unemployment is explored, the main directions of socio-economic policy in stagflation conditions are proposed.

Ключові слова: державна соціально-економічна політика, інфляція, безробіття, стагфляція, криза, синергійний ефект.

Вступ. Сьогодні світ переживає фінансово-економічну кризу, яку за глибиною та масштабом можна порівняти лише зі світовою економічною кризою 30-х років минулого сторіччя. Проте, з того часу у світовій економіці відбулися значні зміни під впливом процесів інформатизації, інтеграції, глобалізації тощо, які потребують винаходження нових шляхів та методів подолання кризових явищ. Криза вимагає вже не просто реформ, вона потребує конкретних трансформацій, які неможливі без змін у мисленні та світосприйнятті.

Українська економіка характеризується значними структурними диспропорціями та незбалансованістю (попиту та пропозиції, товарної та грошової маси, швидкістю її обертання, реальної та віртуальної економіки). І, хоч, наслідки світової кризи є особливо відчутними в Україні, вітчизняна криза не є фінансовою за своєю природою. Криза в Україні є потрійною, що є результатом співпадіння трьох циклів: кон'юктурного (періодичність близько 5 років), відтворювального (близько 10 років) та виробничого (50 років), тобто носить системний характер. Відповідно, для виходу з неї необхідно застосувати системний підхід.

Сьогодні Україна знаходиться в умовах стагфляції – наявне падіння ВВП, скорочення виробництва, зростає рівень інфляції, поширюється безробіття. Тому, країна потребує здійснення виваженої державної соціально-економічної політики, яка буде спрямована на одночасне подолання інфляції та безробіття.

Проблематиці подолання інфляції та безробіття присвячені праці наступних вітчизняних та зарубіжних авторів: А. М. Андрющенков, В. К. Гаркаво, А. А. Гриценко, М. І. Гуць, А. І. Даниленко, К. В. Зайцева, С. О. Кораблін, О. І. Краузе, Т. О. Кричевська, П. Кругман, О. М. Мельник, В. Д. Нордхаус, О. І. Петрик, Самуельсон Пол, Л. С. Томашик, Н. А. Шикіна, І. О. Штундер [1-11].

Проте, питанням одночасного подолання інфляції та безробіття в кризових умовах приділено недостатньо уваги, що

потребує подальшого дослідження.

Постановка задачі. Метою даної роботи є розробка напрямків державної соціально-економічної політики, що буде спрямована на паралельне подолання інфляції та безробіття в Україні в умовах кризи.

Методологія. Методологічну і теоретичну основу дослідження складають роботи провідних вітчизняних і зарубіжних вчених з питань подолання інфляційних процесів та безробіття, а також їх соціально-економічних наслідків. В роботі використано діалектичний метод наукового пізнання економічних процесів та явищ, а також загальнонаукові методи дослідження: метод аналізу і синтезу, порівняльний, системний підхід (для дослідження і обґрунтування взаємозв'язку між інфляцією та безробіттям); методи узагальнення даних, економіко-математичні методи аналізу, кореляційно-регресивний метод аналізу, статистичний аналіз (для оцінки тенденцій та динаміки основних макропоказників та індикаторів ринку праці); методи математичного моделювання (для прогнозування показника інфляції та розробки механізму реалізації державної соціально-економічної політики). Дослідження побудоване на методологічних принципах економічної теорії, макроекономіки та економетрії.

Результати дослідження. Україна знаходиться в глибокій економічній кризі: наявне значне розбалансування основних макропоказників (рис. 1), інфляція лише за перший квартал становила 5,9 % (при запланованому у бюджеті показнику на рівні 9,5 % за рік), значне падіння ВВП (майже на 30 % за другий квартал 2009 р.), одна з найбільших девальвацій національної грошової одиниці у світі (понад 50 % порівняно з минулим роком), скорочення платоспроможного попиту, падіння приросту промислового виробництва (найбільше за останні 8 років) та приросту наявного доходу населення (рис.1). В момент, коли європейські економіки демонструють таке явище як дефляція (наприклад, ціни виробників в Європі впали найбільше з 1999 року), а світові ціни на нафту та метали сягнули найнижчого рівня, вітчизняний негнучкий монополізований ринок характеризується зростанням цін (ціни на продовольчі товари зросли на 3,1 %) при наявності рекордних запасів зерна та іншої сільгосппродукції за зниженими цінами. Таким чином, маємо тренд споживчої інфляції при зменшенні витрат у процесі виробництва товарів та послуг (інфляція – 5,9 % за I квартал, а зростання цін на промислову продукцію – 3,1 % відповідно). Крім того, внаслідок дисбалансу між попитом і пропозицією, відсутністю «дешевих» грошей, ринок на додатковий платоспроможний попит відповідає дефіцитом товарів та наповненням імпортом. Все це є наслідком накопичених диспропорцій, а також відсутності ефективного антициклічного регулювання, що полягає у стримуванні інфляційних та спекулятивних процесів [12, 14].

В цілому, динаміка основних макропоказників на рис. 2 яскраво зображує диспропорції та розбалансованість української економіки.

Відсутній в цьому році і торішній каталізатор інфляції – виплата знецінених вкладів населенню (в 2008 р. самостійно забезпечила зростання інфляції на 7 %). То в чому ж причина? «Газова війна», девальвація гривні більш як на 50 % (саме девальвація викликала інфляційні процеси і очікування, на відміну від весни 2008 р., коли все відбулося навпаки), вивільнення грошей з депозитів у банках, невідповідність реальних та запланованих в бюджеті макропоказників, спад виробництва та диспропорції в забезпеченні внутрішнього споживчого попиту, зростання від'ємного сальдо платіжного балансу тощо [15, 16].

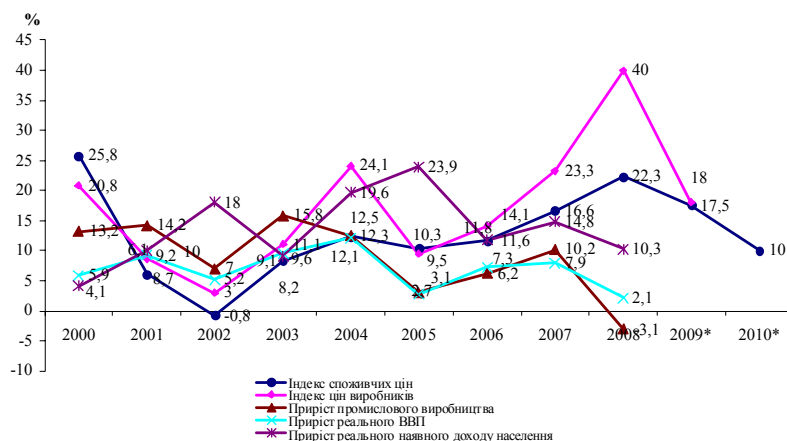


Рис.1. Основні макроекономічні індикатори. Побудовано на базі статистичних даних джерела: [12].

Прогноз показника індексу цін виробників на 2009 та 2010 роки зроблений на базі побудованої моделі

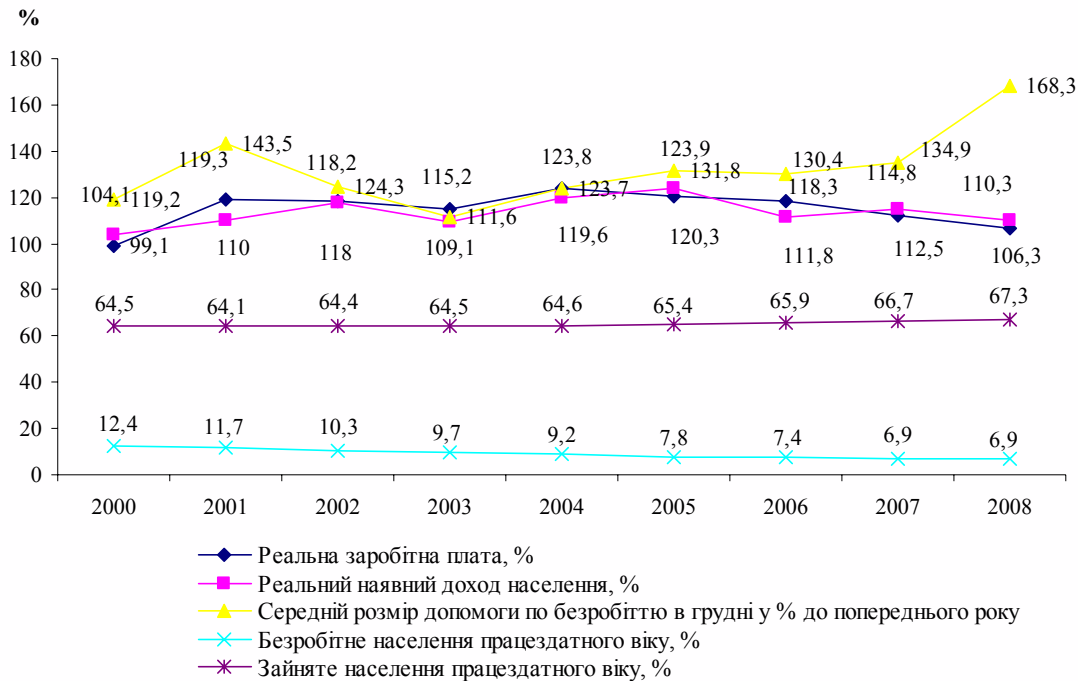


Рис. 2. Основні індикатори ринку праці. Побудовано на базі статистичних даних джерел: [12,13]

В 2009 році експерти прогнозують 17–20 % зростання інфляції за рік, що може дуже суттєво вдарити по рівню життя населення і нівелювати усі здобутки попередніх 4–5 років у соціальній сфері. Також ймовірно у другому півріччі є зростання цін на базові ресурси, тому в 2009 р. отримаємо стагфляцію – високий рівень інфляції в поєднанні з економічним спадом [12, 14].

В умовах такої критичної ситуації зовсім по інакшому постає питання: «З чим же боротися? З інфляцією, та провести жорстку і непопулярну соціальну політику стерилізуючи «зайві» гроші в економіці? Чи, навпаки, не допустити збільшення рівня безробіття, навіть розкручуючи цим і так галопуючу інфляцію?» Необхідний зважений баланс, коли ці задачі будуть виконуватись вже не просто паралельно, а взаємодоповнюючи одна одну, тоді і отримаємо сприятливий синергійний ефект [17].

Згідно з основами макроекономіки (закономірність Філіпса щодо оберненої взаємозалежності між інфляцією та безробіттям) одночасна боротьба з інфляцією та безробіттям – це суперечлива та конфронтаційна задача. Проте, теорія Філіпса відображає лише короткострокову динаміку і не враховує таке явище як стагфляцію. Таким чином, якщо відбувається одночасне зростання як інфляції, так і безробіття, то цілком вірогідний і обернений процес в результаті комплексних заходів, спрямованих на їх подолання [18, 19]. Підтвердженням цьому є процеси, що відбуваються в США та Казахстані. Німеччина своїм прикладом за останні 15–20 років демонструє, що підвищення заробітних плат (та й соціальних стандартів загалом) негативно вплинуло на рівень безробіття (чіткий і тривалий тренд до збільшення). В Китаї ж навпаки – прослідковується тенденція до скорочення заробітних плат та зменшення рівня безробіття [20, 21].

Соціальна сфера в Україні характеризується складністю взаємозв'язків між державою, роботодавцем та працівником. Середні щорічні темпи приросту продуктивності праці у докризовий час з 2000 по 2007 рр. становили 7,2 %, а середні щорічні темпи приросту заробітної плати за цей же період сягали 19,2 % (рис. 2). Така невідповідність призвела до розбалансування економічної системи та виникнення хронічних структурних диспропорцій. З другого півріччя 2008 р. почалося стрімке падіння основних соціальних показників: якщо за перші два квартали цього ж року приріст середньомісячної заробітної плати становив в середньому 2,9 %, то вже з вересня падіння сягло 13,1 % (січень-грудень 2009 р. – на 16,8 %). Щомісячне зростання заборгованості за перше півріччя 2008 р. в середньому склало 3 %, в жовтні – 22,9 %, в грудні – 66,4 %, а в січні 2009 р. зросло на 35,7 %.

І півріччя 2008 р. характеризувалося щомісячними скороченнями на 2,8 %, у вересні-жовтні безробіття розкручує приховане зниження зайнятості, в листопаді – 20,7 %, а вже у грудні сягає піку – 32 %. На січень місяць припадає хитка стабілізація ситуації, про що свідчить збільшення кількості безробітних лише на 6,6 %. Якщо говорити про абсолютні значення, то кількість безробітних становить 900 тис. осіб.

Незважаючи на офіційний рівень безробіття 6,9 % в 2008 р. (рис. 2), фактичний рівень був значно більшим. Відбулося значне скорочення реальної заробітної плати та відповідно реального наявного доходу населення в 2008 р. порівняно з 2007 р. (рис. 2) [12].

Характерними рисами сучасного стану соціальної сфери стали низький рівень якості життя (в 2008 р. за індексом якості життя втратили в порівнянні з 2006 р. три позиції і посіли 62-е місце поділяючи його з Намібією), хронічне недофінансування людського розвитку (небезпека виникнення апатії до невиконання законодавчих вимог) і відповідна втрата позицій за індексом людського потенціалу (2005 рік – 70 місце, 2007 рік – 76 місце), зростання темпів та масштабів депопуляції населення з погіршенням якісних характеристик людського капіталу за значних міграційних втрат населення продуктивного віку та високого

професійно-кваліфікаційного рівня, високий рівень смертності чоловіків працездатного віку, стрімке старіння нації, нерациональна структура як вищої, так і професійно-технічної освіти (невідповідність підготовки фахівців потребам національної економіки та суспільного розвитку), поєднання високого рівня безробіття в одних секторах економіки з браком працівників потрібної кваліфікації в інших (за даними Федерації роботодавців, в українській промисловості не вистачає 1,8 млн. працівників з спеціальною технічною підготовкою, або ж майже 30 % від потреби, а попит на робітничі спеціальності перевищує пропозицію в 4–6 разів).

Все це є наслідком відсутності реальної стратегії державної соціально-економічної політики та концептуальної усвідомленості соціальної складової у державному регулюванні економіки [21].

Аналіз взаємозалежності інфляції та безробіття

Економічні процеси – це тісно пов'язані між собою елементи однієї замкненої системи, вони мають високу ступінь взаємозалежності. Зростання рівня безробіття впливає на недовиробництво ВВП, соціальні процеси впливають на рівень інфляції та навпаки. Таким чином, прослідковується значна взаємозумовленість соціально-економічних процесів, що потребує системного та комплексного підходу щодо їх врегулювання.

Використовуючи багатофакторний кореляційний і регресивний аналіз було побудовано багатофакторну лінійну модель, що дає можливість прогнозувати показник інфляції. Для описання моделі було проаналізовано та перевірено ряд макроекономічних показників та з усієї сукупності обрано такі змінні, які б мали достатній рівень взаємозв'язків між собою, містили яскраво виражений соціальний аспект та могли найбільш точно відтворити економічну сутність інфляції – видатки держбюджету, кількість безробітних та реальна заробітна плата. Для побудови моделі було використано масив даних за останні 8 років. Рівняння кореляційної залежності розробленої економіко-математичної моделі має наступний вигляд:

$$y = 90,063 + 0,033 x_1 + 1,087 x_2 - 0,732x_3,$$

де y – показник інфляції, %; x_1 – видатки державного бюджету, млрд. грн; x_2 – кількість безробітних, млн. осіб; x_3 – реальна заробітна плата, %.

Отримане рівняння було досліджено на наявність мультиколінеарності, а саме наявності різних видів взаємозв'язків між x_1 – видатками державного бюджету, x_2 – кількістю безробітних, x_3 – реальною заробітною платою за допомогою алгоритму Фарара–Глобера. Згаданий алгоритм містить три види статистичних критеріїв, на основі яких перевіряють взаємозв'язок між пояснюючими змінними: - масиву незалежних змінних загалом (критерій χ^2); кожної незалежної змінної з усіма іншими (F – критерій); кожної пари незалежних змінних (t – критерій).

Детально проаналізувавши отриману модель можна з впевненістю сказати, що обрана модель адекватна обраним експериментальним даним, оскільки вона відображає суттєвий вплив комплексу факторів соціального спрямування на макропоказник – інфляцію і може бути використана для прогнозування та оцінки рівня інфляції, оскільки в цілому взаємозв'язки між змінними має достатньо високі значення.

Отримана модель підтвердила наявність обернено-пропорційного зв'язку між рівнем інфляції та кількістю безробітних, а також явища стагфляції, що підтверджує необхідність застосування системного підходу, спрямованого на паралельне зниження рівня інфляції та безробіття [22].

Необхідні заходи для подолання інфляції і безробіття

Під час кризи великого значення набуває виражена державна соціально-економічна політика, направлена не лише на подолання кризових явищ та їх наслідків, а й на формування міцного базису подальшого зростання держави. Враховуючи, що для ефективного впливу на економіку необхідно задіяти не більше трьох точок впливу, на нашу думку, антикризові заходи мають носити системний та комплексний характер та будуватися на наступних засадах:

1. Стимулювання виробництва (підтримка стратегічно важливих галузей та підприємств – легка промисловість, сільське господарство, будівництво, аерокосмічна галузь).
2. Оздоровлення фінансової системи (стабілізація курсу гривні, відновлення кредитування, зміцнення та стабілізація банківської системи, подолання інфляції тощо).
3. Стимулювання споживання на внутрішньому ринку (зниження податкового тиску, подолання безробіття, цілеспрямована інвестиційна політика, створення нових робочих місць, допомога вразливим верствам населення, допомога працівникам, що втратили своє місце роботи тощо) [18].

Досягнення синергійного ефекту буде відбуватися за умови одночасної реалізації наступних завдань з подолання безробіття та антиінфляційних заходів:

Завдання з подолання безробіття:

1. Розробити та впровадити науково обґрунтовану програму розвитку трудового потенціалу, реалізація якої створить передумови для формування якісно нового трудового резерву, адекватного перспективним потребам національної економіки та її конкурентоспроможності.
2. Запровадити політику формування доходів, які стримуватимуть подальшу соціальну та економічну поляризацію суспільства.
3. Впровадити гнучкі форми зайнятості з метою вирішення проблем безробіття та оптимізації використання робочої сили.
4. Розширити права органів місцевого самоврядування у питаннях регулювання оплати праці.
5. Розробити та запровадити комплекс заходів щодо інституційного реформування ринку праці з метою збалансування попиту та пропозиції на трудові ресурси.
6. Запровадити механізми використання прожиткового мінімуму для встановлення обґрунтованого розміру соціальних виплат.
7. Запровадити обов'язкову накопичувальну пенсійну систему з урахуванням особливостей перехідного періоду, забезпечити розвиток недержавного пенсійного забезпечення.

8. Здійснити вартісну оцінку існуючих соціальних пільг, скоротити їх фінансово не забезпечену частину, спростити систему соціальних пільг, зменшити кількість осіб, яких вона охоплює, запровадити інструменти забезпечення адресності надання пільг, спростити механізм отримання таких пільг категоріями населення, які їх потребують.

Реалізація окреслених стратегічних завдань потребує вдосконалення чинного законодавства, зокрема необхідно: удосконалити національні соціальні стандарти та гармонізувати їх з міжнародними нормами і стандартами, відповідно до ратифікованої Верховною Радою України «Європейської соціальної Хартії», а саме, тих, які стосуються питань оплати праці, підвищення пенсійного забезпечення, загальнообов'язкового державного соціального страхування, надання соціальної допомоги сім'ям з дітьми та малозабезпеченим сім'ям; затвердити сучасну методику визначення розміру прожиткового мінімуму задля забезпечення максимальної відповідності цього стандарту реальній вартості споживчого кошика та послуг; передбачити у Законі «Про прожитковий мінімум» одночасне затвердження наборів продуктів харчування, непродовольчих товарів і послуг та методику визначення прожиткового мінімуму; внести зміни у Закон України «Про соціальні послуги» з метою підвищення ефективності та цільового характеру їх надання; встановити відповідним законодавчим актом єдиний порядок надання соціальних пільг, їх обліку та визначення кола осіб, які мають право на їх отримання [21].

Антиінфляційні заходи:

1. Попередження інфляційних очікувань (зміцнення механізмів ринкової системи, формування довіри суспільства).
2. Ефективна монетарна політика (проведення центральним банком стабілізаційної й антиінфляційної політики за допомогою регулювання облікової ставки, норми обов'язкових резервів, здійснення операцій на відкритому ринку).
3. Скорочення бюджетного дефіциту (за рахунок збільшення доходів або зменшення видатків держави).
4. Мінімізація впливу зовнішніх інфляційних факторів, переважно пов'язаних з переміщенням через кордони спекулятивних капіталів (регулювання грошової маси, валютного курсу) [18, 19].

Висновки. В результаті дослідження було виявлено синергійний ефект, який виникає при одночасному зменшенні безробіття та інфляції, який, по-перше, прискорює подолання цих кризових явищ, а по-друге, є більш комплексним та результативним, аніж здійснення поетапних заходів з їх подолання.

На базі отриманих результатів було розроблено основні напрямки державної соціально-економічної політики щодо зменшення інфляції та зниження безробіття в контексті системного та комплексного впливу на три основні складові: стимулювання виробництва, оздоровлення фінансової системи та стимулювання внутрішнього споживання.

Результати дослідження носять важливе теоретичне та практичне значення, оскільки вони: підтверджують наявність взаємозв'язку між інфляцією та безробіттям за допомогою кореляційно-регресивного аналізу і математичного моделювання; доповнюють теоретичні засади в контексті нового погляду на вирішення проблемного та суперечливого питання подолання інфляції та безробіття у кризових умовах; носять системний та комплексний характер; покликані вирішити проблеми не кон'юнктурного, а структурного характеру та подолати існуючі диспропорції; містять прикладний зміст і можуть бути втілені при формуванні державної соціально-економічної політики.

Подальшого дослідження потребує поглиблене вивчення взаємозалежностей між соціальними чинниками та інфляцією, їх взаємообумовленості.

Отримані результати можуть бути використані для формування макроекономічної політики та при розробці антикризової стратегії.

Література

1. Даниленко А. І., Кораблін С. О., Петрик О. І., Кричевська Т. О., Гриценко А. А., Андрющенков А. М. Інфляція та фінансові механізми її регулювання / НАН України; Інститут економіки та прогнозування / А. І. Даниленко. — К.: [Ін-т екон. та прогноз.], 2007. — 399 с.
2. Гаркаво В. К. Безробіття та інфляція: [конспект лекцій з дисципліни «Основи екон. теорії» для студ. усіх спец. денної і заоч. форм. навч.] / В. К. Гаркаво. — К.: УДУХТ, 1995. — 28 с.
3. Гуць М. І. Організаційно-економічний механізм регулювання безробіття в Україні: дис. канд. екон. наук: 08.02.03 / Гуць Марина Іванівна. — К.: 2006. — 220 с.
4. Зайцева К. В. Організаційно-економічний механізм пом'якшення соціальних наслідків безробіття в умовах змішаної економіки: Автореф. дис. канд. екон. наук: 08.06.01 / К. В. Зайцева. — Донецьк, 2000. — 24 с.
5. Краузе О. І. Соціально-економічна природа й динаміка безробіття в трансформаційній економіці: дис. канд. екон. наук: 08.01.01 / Краузе Ольга Ігорівна. — Т.: 2005. — 194 с.
6. Wells Macroeconomics [Електронний ресурс] // The unofficial Paul Krugman Archive. — Режим доступу: <http://www.pkarchive.org/>
7. Мельник О. М. Інфляція: теорія і практика регулювання / Олексій Михайлович Мельник. — К.: Знання, 1999. — 291 с.
8. Самуельсон Пол Є., Нордхаус Вільям Д. Економіка.: пер. с англ.: 16-е изд.: учеб. пос. / Пол Є. Самуельсон, Вільям Д. Нордхаус. — М.: 2000. — 688 с.
9. Томашик Л. С. Інфляція в перехідних економічних системах: [моногр.] / Томашик Л. С. — Л.: Видавництво Львівської комерційної академії, 2007. — 196 с.
10. Шикіна Н. А. Інфляція в Україні та шляхи її стримування: дис. канд. екон. наук: 08.04.01 / Шикіна Наталія Анатоліївна. — О.: 2004. — 218 с.
11. Штундер І. О. Соціально-економічна природа і тенденції безробіття в перехідній економіці України: дис. канд. екон. наук: 08.01.01 / Штундер Ірина Олександрівна. — К.: 2003. — 212 с.
12. Статистична інформація [Електронний ресурс] // Державний комітет статистики України. - Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

13. Под макроскопом [Електронний ресурс] / Билин П., Бородаченко К., Велигорский В., Гриньков Д., Гусев Ю., Демченко Д., Денисенков В., Заика А., Ковалев С., Комаха А., Курачая Е., Кухарук О., Литвинова Н., Полищук О., Романюк Е., Саливон С., Силивончик В., Титаренко В. // Бізнес. – Режим доступу: <http://www.business.ua/i810/a24496/>
14. Промислова політика України [Електронний ресурс] // Міністерство промислової політики України. – Режим доступу: <http://industry.kmu.gov.ua/>
15. Закон України про Державний бюджет України на 2008 рік від 18.12.2008 [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=107-17>
16. Закон України про Державний бюджет України на 2009 рік від 21.03.2009 [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=835-17>
17. Ukraine and the IMF [Електронний ресурс] // International Monetary Fund. – Режим доступу: <http://www.imf.org/external/country/UKR/index.htm>
18. Круш П. В., Тульчинська С. О. Макроекономіка / П. В. Круш, С. О. Тульчинська. – К.: 2005. – 400 с.
19. OECD Factbook 2009: Economic, Environmental and Social Statistics [Електронний ресурс] // Organisation for economic co-operation and development. – Режим доступу: <http://www.oecd.org/>
20. Statistics by theme. Economy and finance. Population and social conditions [Електронний ресурс] // Eurostat. – Режим доступу: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/themes>
21. Стратегічні пріоритети [Електронний ресурс] // Національний інститут стратегічних досліджень. – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/>
22. Лещинський О. Л. Економетрія: [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.] / О. Л. Лещинський, В. В. Рязанцева, О. О. Юнькова. – К.: МАУП, 2003. – 208 с.

УДК 339.187.62

Жуйкова К.В.

Національний технічний університет України «КПІ»

МОДИФІКАЦІЯ УГОРСЬКОГО МЕТОДУ ДЛЯ РІШЕННЯ ЗАДАЧ МІНІМІЗАЦІЇ ВИТРАТ ПРИ ЛІЗИНГУ

Розглянуто та проаналізовано стан сільськогосподарських підприємств та підприємств машинобудування, роботу лізингових компаній при реалізації заявок потенційних лізингоотримувачів. Запропоновано модифікацію угорського методу, яка полягає у побудові та переборі такої кількості матриць, скільки варіантів поставки техніки існує. Розглянуто формування задач вибору варіантів лізингових проектів, побудовано приклади можливих матриць та дерево підматриць.

Condition of the agricultural enterprises and the mechanical engineering enterprises, work of the leasing companies at applications realization of potential lessees are considered and analyzed. Modification of the Hungarian method that consists in construction and search of such quantity of matrixes how many technical equipment variants exist is offered. Formation of problems of selection of variants of leasing projects is considered, examples of possible matrixes and tree of submatrixes are constructed.

Ключові слова: лізинг, угорський метод, модифікація угорського методу, мінімізація витрат, матриця витрат, сільськогосподарська техніка та обладнання.

Вступ. Кожного року більш як у 10 разів кількість списаної сільськогосподарської техніки та обладнання перевищує кількість придбаної. Заводи сільськогосподарського машинобудування не в змозі задовольнити існуючий попит, таким чином проблема забезпечення технічними засобами сільськогосподарських підприємств залишається і на сьогоднішній день до кінця не вирішеною [1–5]. Страждають не лише аграрії, а й підприємства машинобудування.

Сільськогосподарські підприємства втрачають власні прибутки за рахунок наступних невіршених в повному обсязі проблем [1, 3, 4]:

- зношеність технічних засобів до 90 %;
- направленість більшої частини коштів на фінансування обігового капіталу, в тому числі на купівлю насіння; паливно-мастильних матеріалів, мінеральних добрив, сплату банківських процентів за кредит тощо;
- вимушеність дедалі більше залучати сторонні організації для виконання основних технологічних операцій;

- сплата тієї частини ціни вітчизняної техніки, яка покриває невикористані потужності заводів.
- Проблеми підприємств машинобудування сільськогосподарської техніки полягають в наступному [3]:
- працюють на 30-40 % потужності, деякі навіть на 5 %;
- не забезпечують повністю існуючий попит;
- співвідношення «ціна - технологічний рівень - якість» не є оптимальним;
- працівники підприємств тривалий час перебувають у відпустках, відбувається висока плинність кадрів, втрачається кваліфікація працівників;
- система маркетингу є нерозвинутою;
- вартість техніки у дилерів в деяких випадках є нижчою.

Враховуючи вищезазначені проблеми, між виробниками, підприємствами машинобудування та споживачами (сільськогосподарськими товаровиробниками) не існує належного зв'язку. Для подолання цього розриву доцільно ввести посередника - лізингову компанію.

Робота лізингових компаній в Україні вкрай відрізняється від роботи іноземних, які працюють здебільше за класичною схемою, яка передбачає наявність трьох учасників: лізингодавця, лізингоотримувача та продавця [6]. Схема лізингу в аграрному секторі нашої держави ускладнюється недосконалою законодавчою базою не зважаючи навіть на те, що ряд недоліків та негативних факторів було припинено шляхом прийняття Верховною Радою України Закону від 11.12.2003 р. № 1381-IV «Про фінансовий лізинг» [7]. Однак лізингова компанія має ряд додаткових перешкод на шляху підписання договору та впродовж строку його виконання. Наприклад, збільшення або часове обмеження витрат при оформленні термінової поставки об'єкту лізингу сільськогосподарським підприємствам.

В українській практиці питаннями розвитку лізингу займаються Внукова Н.М., Баєва О.І., Щєбликіна І. О. та інші провідні науковці.

Постановка задачі. Для подолання вищезазначених проблем та налагодження зв'язку між виробниками, споживачами сільськогосподарської техніки та лізинговою компанією доцільно розробити механізм, який враховуватиме особливості сільськогосподарських товаровиробників, інтереси підприємств машинобудування та лізингових компаній.

Лізинговою компанією здійснюється відбір постачальників при реалізації заявки (проекту) якої лізингова компанія понесе мінімальні витрати. Більшість потенційних лізингоотримувачів (фермерські господарства, а також компанії, що працюють в сільськогосподарському секторі) мають бажання придбати не одну, а декілька одиниць техніки та обладнання для переробки сільськогосподарської продукції відомих світових лідерів. Відповідно, лізингова компанія при реалізації однієї заявки (проекту) може нести різний обсяг витрат відповідно до обраного майбутнім лізингоодержувачем виробника [8]. Для гармонійного поєднання виробника техніки зі споживачем та розвитку вітчизняного лізингу, лізинговій компанії доцільно використовувати економіко-математичні методи та моделі.

Методологія. Проведене дослідження базується на наукових роботах українських вчених та спеціалістів, використано угорський метод, заснований на симплекс-методі.

Результати дослідження. При підготовці лізингових договорів необхідно переглянути та проаналізувати значну кількість можливих варіантів поставки техніки та/або обладнання різними компаніями. Перебір варіантів та їх порівняння являє собою досить трудомістку задачу, яка може бути спрощена шляхом використання спеціальних математичних методів [9, 10]. Одним з методів є метод прямого перебору та порівняння, однак цей метод є досить громіздким. Угорський метод [9, 10], заснований на симплекс-методі, традиційно використовується у детермінованих транспортних моделях для розв'язання задачі про призначення з мінімізацією витрат. При рішенні таких задач обов'язковою умовою є дотримання певних етапів [8-10]. Безпосередньо застосування угорського методу невиправдано, так як поставка тільки одного виду продукції тільки однією компанією може бути здійснена у надто поодиноких випадках. Усунути цей недолік дозволяє модифікація угорського методу, яка полягає у побудові та переборі такої кількості матриць, скільки варіантів поставки техніки існує. Перш ніж перейти до розгляду можливості використання модифікованого угорського методу, розглянемо яким чином доцільно формувати задачі вибору варіантів лізингових проектів.

Зазначимо, що компанія може побудувати алгоритм вибору найкращого варіанту рішення при заданих умовах, однак, доцільно формулювати задачу вибору варіантів як задачу обмеження множини можливих рішень з яких спеціаліст повинен обрати найкраще з урахуванням неформалізованих факторів.

Перше формулювання задачі: задано Q компаній $F_1, F_1...F_Q$ кожна з яких може поставити множину $M_1, M_2 ...M_Q$, видів техніки та/або обладнання з L необхідного. При цьому $1 \leq M_1 \leq L$, $1 \leq M_2 \leq L ... 1 \leq M_Q \leq L$, де множини $M_1, M_2 ...M_Q$ можуть бути як перехресними, так і не

перехресними. На рис. 1 знаком «+» позначено заповнені елементи множин, що означає наявність техніки.

З рис. 1 бачимо, що множина M_1 заповнена повністю. Множина M_2 має заповнення у 2-й, 3-й та N позиціях та перетинається по цим позиціям з множиною M_1 і т.д. Наприклад, для 5-ти множин $M_1, M_2, M_3, M_{Q-1}, M_Q$ можна записати умови перетину у вигляді $M_1 \cap M_2 \cap M_3 \cap M_{Q-1} \cap M_Q = 0$, де 0 - нульова множина. Для 3-х множин M_1, M_2, M_{Q-1} ця умова записується у вигляді $M_1 \cap M_2 \cap M_{Q-1} = 3$. Тобто тільки третя позиція присутня в цих 3-х множинах.

Так як застосування угорського методу передбачає вибір однієї позиції для однієї компанії, то це може привести до відкидання вигідних з точки зору лізингу позицій тієї компанії, що обрана один раз. Модифікуємо угорський метод наступним чином: будемо записувати витрати, що визначаються постачальниками техніки F_j , $j=1...Q$ стільки разів, скільки елементів k_j множини (запропонованої техніки) міститься в множині M_j . Таким чином у першому рядку записується множина $M_{11} = \{m_{11}, m_{12}, ..., m_{1,N}\}$, у другому рядку $M_{12} = \{m_{21}, m_{22}, ..., m_{2,N}\}$, у k -му рядку $M_{1k_1} = \{m_{k_1,1}, m_{k_1,2}, ..., m_{k_1,N}\}$. У такому випадку, якщо компанія F_j постачає по усім позиціям найбільш вигідний товар, вона по всім цим позиціям і буде обрана. При модифікації угорського методу матрицю витрат F записуємо наступним чином:

	1	2	3	...	$N-1$	N
M_1	+	+	+	...	+	+
M_2		+	+	...		+
M_3				...	+	
...	...	...	...	...	...	...
M_{Q-1}			+	...		
M_Q	+	+		...		

Рис. 1. Матриця запису множини компаній та техніки

$$F = \left(\begin{array}{c|cccccc} & 1 & 2 & 3 & \dots & N-1 & N \\ \hline F_1 \left\{ \begin{array}{l} M_{11} \\ M_{12} \\ M_{13} \\ \dots \\ M_{1k_1} \end{array} \right. & \begin{array}{l} m_{11} \\ m_{12} \\ m_{13} \\ \dots \\ m_{1k_1,N} \end{array} & \begin{array}{l} m_{12} \\ m_{12} \\ m_{12} \\ \dots \\ m_{1k_1,N} \end{array} & \begin{array}{l} m_{13} \\ m_{13} \\ m_{13} \\ \dots \\ m_{1k_1,N} \end{array} & \dots & \begin{array}{l} m_{1,N-1} \\ m_{1,N-1} \\ m_{1,N-1} \\ \dots \\ m_{1,N-1} \end{array} & \begin{array}{l} m_{1,N} \\ m_{1,N} \\ m_{1,N} \\ \dots \\ m_{1,N} \end{array} \\ \hline F_2 \left\{ \begin{array}{l} M_{21} \\ M_{22} \\ M_{23} \\ \dots \\ M_{2k_2} \end{array} \right. & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{2k_2,N} \end{array} & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{2k_2,N} \end{array} & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{2k_2,N} \end{array} & \dots & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{2k_2,N-1} \end{array} & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{2k_2,N} \end{array} \\ \hline F_j \left\{ \begin{array}{l} M_{j1} \\ M_{j2} \\ M_{j3} \\ \dots \\ M_{jk_j} \end{array} \right. & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{jk_j,N} \end{array} & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{jk_j,N} \end{array} & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{jk_j,N} \end{array} & \dots & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{jk_j,N-1} \end{array} & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{jk_j,N} \end{array} \\ \hline F_Q \left\{ \begin{array}{l} M_{Q1} \\ M_{Q2} \\ M_{Q3} \\ \dots \\ M_{Qk_Q} \end{array} \right. & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{Qk_Q,N} \end{array} & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{Qk_Q,N} \end{array} & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{Qk_Q,N} \end{array} & \dots & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{Qk_Q,N-1} \end{array} & \begin{array}{l} \\ \\ \\ \dots \\ m_{Qk_Q,N} \end{array} \end{array} \right), \quad (1)$$

де $-F_1...F_Q$ розширені матриці витрат компаній $1...Q$, $j=1...Q$, $k_1+k_2+...+k_j+...+k_Q=N$. Роботу з побудовою таким чином матриці F проводимо за алгоритмом «угорського» методу.

Друге формулювання задачі обумовлено часовими обмеженнями у кількості поставляємої техніки. Дійсно, якщо компанія F_1 може поставити M_1 видів техніки за час T_1 , який по будь-яким попереднім обмеженням перевищує допустимий час T_{don} поставки техніки ($T_{don} < T_1$), протягом якого компанія F_1 може поставити M_1 видів техніки ($M_{don} < M_1$), то розробнику лізингового проекту необхідно здійснити перебір можливих варіантів поставки. Кількість таких варіантів C_1 визначається числом поєднання M_1 з M_{don} :

$$C_1 = \frac{M_{don}!}{M_1(M_{don} - M_1)!} . \quad (2)$$

Наприклад, при $M_1 = 4$ та $M_{don} = 2$:

$$C_1 = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4}{2! \cdot 2!} = 6$$

Це означає, що по відношенню до першої компанії повинно бути побудовано 6 матриць F_1 .

Кількість C_0 усіх варіантів, необхідних для розрахунку та перебору варіантів, визначається як:

$$C_0 = \prod_{j=1}^N C_j ,$$

де C_j - число поєднань можливих поставок техніки для j -ої компанії, та може представляти велику величину. Наприклад, якщо 4 компанії можуть поставити по 2 техніки з 4-х запропонованих варіантів: $Q=4$, $k=2$, $N=4$ (1), то:

$$C_0 = 6 \times 6 \times 6 \times 6 = 1296 .$$

Тобто необхідно застосувати модифікований угорський метод до 1296 матриць, побудованих за методом, що відображає вираз (1). Запишемо можливі варіанти підматриць, які входять до матриці F , для компанії F_1 :

$$F_1 = F_{1/1} + F_{1/2} + F_{1/3} + F_{1/4} + F_{1/5} + F_{1/6} ,$$

де перший індекс означає номер компанії, другий - варіант поставки техніки. На рис. 2 зображено приклад дерева можливих варіантів побудови підматриць для розглянутого прикладу.

На рис. 2, починаючи з другої строки, перший індекс означає номер компанії та її поєднання з іншими, через дріб йде позначення номеру варіанту матриці і т.д. Наприклад, $F_{1-2-3-4/529}$ читається як матриця поставки компанії 1, що поєднується з матрицями поставки компаній 2, 3 та 4 та відповідає 529 варіанту комбінації.

Побудуємо підматриці $F_{1/1}$, ..., $F_{1-2-3-4/6}$ для першої гілки матриці F . Підматриця $F_{1/1}$ має наступний вигляд:

$$F_{1/1} = \begin{matrix} & & & 1 & & 2 \\ & & & & & \\ 3 & & 4 & & & \\ & & & & & \end{matrix} \begin{vmatrix} m_{11} & m_{12} & - & - \\ m_{21} & m_{22} & - & - \\ - & - & - & - \\ - & - & - & - \end{vmatrix} ,$$

де знаком «-» позначається техніка, яка не поставляється. Таким чином підматриця $F_{1/1}$ вироджується у підматрицю другого порядку:

$$F_{1/1} = \begin{matrix} & 1 & 2 \\ & & \end{matrix} \begin{vmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{vmatrix} .$$

Підматриці $F_{1/2}$, ..., $F_{1/6}$ мають наступний вигляд:

$$\begin{array}{ccccc}
 \begin{array}{cc} 1 & 3 \\ F_{1/2} = \begin{vmatrix} m_{11} & m_{13} \\ m_{21} & m_{23} \end{vmatrix}, \end{array} &
 \begin{array}{cc} 4 & 1 \\ F_{1/3} = \begin{vmatrix} m_{11} & m_{14} \\ m_{21} & m_{24} \end{vmatrix}, \end{array} &
 \begin{array}{cc} 3 & 2 \\ F_{1/4} = \begin{vmatrix} m_{12} & m_{13} \\ m_{22} & m_{23} \end{vmatrix}, \end{array} &
 \begin{array}{cc} 4 & 2 \\ F_{1/5} = \begin{vmatrix} m_{12} & m_{14} \\ m_{22} & m_{24} \end{vmatrix}, \end{array} &
 \begin{array}{cc} 4 & 3 \\ F_{1/6} = \begin{vmatrix} m_{13} & m_{14} \\ m_{23} & m_{24} \end{vmatrix}. \end{array}
 \end{array}$$

Підматриці $F_{1-2/1}, \dots, F_{1-2/6}$ мають наступний вигляд:

$$\begin{array}{ccccc}
 \begin{array}{cc} 1 & 2 \\ F_{1/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \end{array} &
 \begin{array}{cc} 1 & 2 \\ F_{1/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \end{array} &
 \begin{array}{cc} 1 & 3 \\ F_{2/2} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{13} \\ m_{21} & m_{23} \end{Bmatrix} \end{array} &
 \begin{array}{cc} 2 & 1 \\ F_{1/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \end{array} &
 \begin{array}{cc} 4 & 1 \\ F_{2/3} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{14} \\ m_{21} & m_{24} \end{Bmatrix} \end{array}
 \end{array},$$

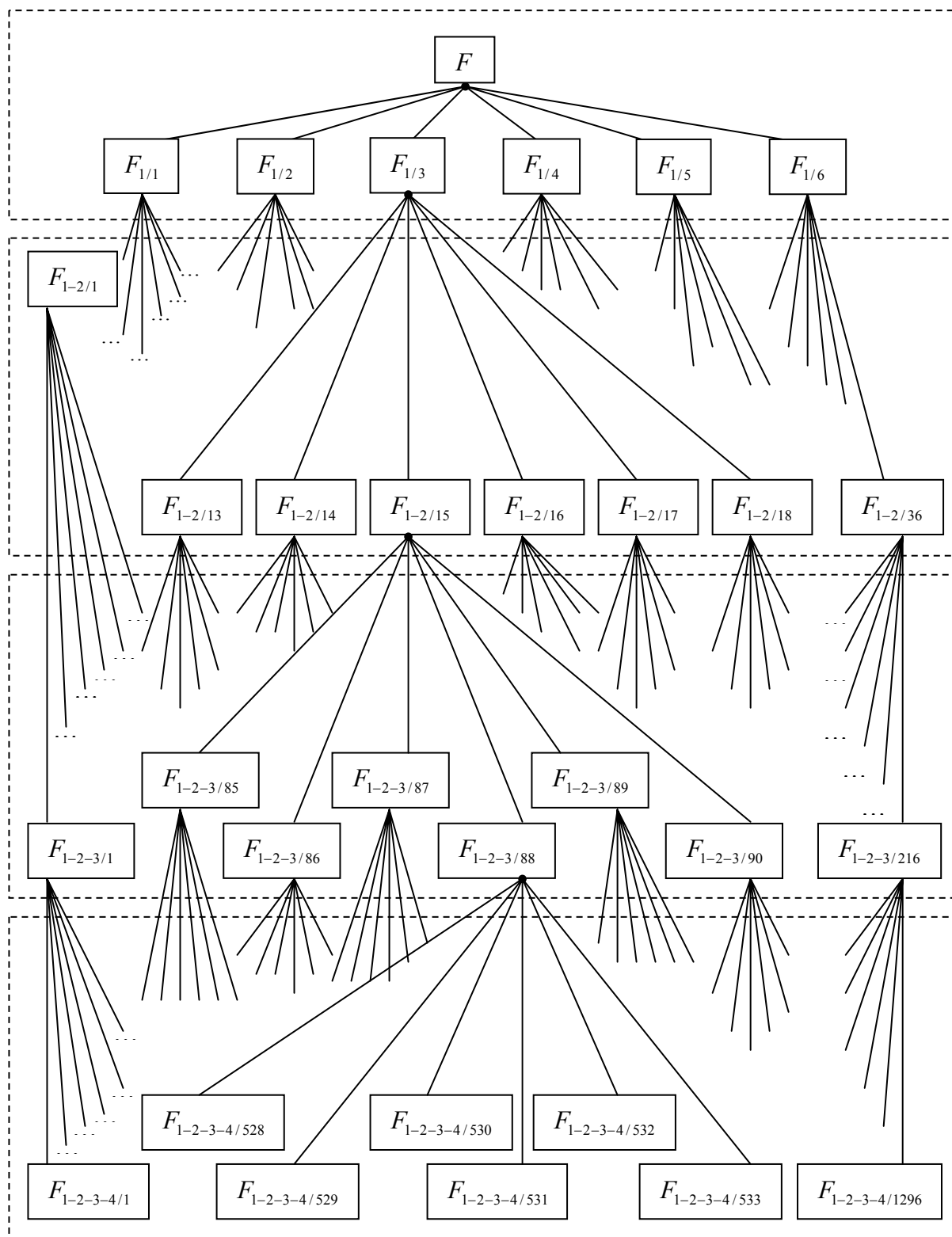


Рис. 2. Приклад дерева підматриць

$$F_{1-2/4} = \begin{vmatrix} & & 1 \\ 2 & & \\ & F_{1/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} & \end{vmatrix}, \quad F_{1-2/5} = \begin{vmatrix} & & 1 \\ 2 & & \\ & F_{1/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} & \end{vmatrix}, \quad F_{1-2/6} = \begin{vmatrix} & & 1 \\ 2 & & \\ & F_{1/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} & \end{vmatrix}.$$

$$\left| \begin{array}{cc} & 2 \\ 3 & \\ & \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{cc} & 2 \\ 4 & \\ & \end{array} \right| \quad \left| \begin{array}{cc} & 3 \\ 4 & \\ & \end{array} \right|$$

Підматриці $F_{1-2-3/1}, \dots, F_{1-2-3/6}$ мають наступний вигляд:

[illegible]

Підматриці $F_{1-2-3-4/1}, \dots, F_{1-2-3-4/6}$ мають наступний вигляд:

$$F_{1-2-3-4/1} = \left| \begin{array}{cc} & 1 \\ 2 & \\ F_{1/1} \left\{ \begin{array}{cc} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{array} \right. & \\ & 1 \end{array} \right|, \quad F_{1-2-3-4/2} = \left| \begin{array}{cc} & 1 \\ 2 & \\ F_{2/1} \left\{ \begin{array}{cc} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{array} \right. & \\ & 1 \end{array} \right|, \quad F_{1-2-3-4/3} = \left| \begin{array}{cc} & 1 \\ 2 & \\ F_{3/1} \left\{ \begin{array}{cc} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{array} \right. & \\ & 1 \end{array} \right|, \quad F_{1-2-3-4/4} = \left| \begin{array}{cc} & 1 \\ 2 & \\ F_{4/1} \left\{ \begin{array}{cc} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{array} \right. & \\ & 1 \end{array} \right|$$

$$F_{1-2-3-4/4} = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \\ \begin{array}{c} 2 \\ F_{1/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \\ 2 \\ F_{2/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \\ 2 \\ F_{3/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \\ 3 \\ F_{4/4} \begin{Bmatrix} m_{12} & m_{13} \\ m_{22} & m_{23} \end{Bmatrix} \end{array} & \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 2 \end{array} \end{array}, F_{1-2-3-4/5} = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 4 \end{array} \\ \begin{array}{c} 2 \\ F_{1/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \\ 2 \\ F_{2/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \\ 2 \\ F_{3/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \\ 4 \\ F_{4/5} \begin{Bmatrix} m_{12} & m_{14} \\ m_{22} & m_{24} \end{Bmatrix} \end{array} & \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 2 \end{array} \end{array}, F_{1-2-3-4/6} = \begin{array}{c|c} & \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 4 \end{array} \\ \begin{array}{c} 2 \\ F_{1/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \\ 2 \\ F_{2/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \\ 2 \\ F_{3/1} \begin{Bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{Bmatrix} \\ 4 \\ F_{4/6} \begin{Bmatrix} m_{13} & m_{14} \\ m_{23} & m_{24} \end{Bmatrix} \end{array} & \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{array} \end{array}.$$

Прямий підхід до перебору цих матриць характеризується значною трудомісткістю, тому доцільно враховувати умови, що дозволяють суттєво зменшити їх кількість. Це можуть бути умови страхування, доставки, близькості до компанії постачальника, можливість навчання персоналу та інші фактори, що в подальшому розглядатимуться додатково.

Визначаємо кількість можливих варіантів відповідної матриці (1), що є більш привабливими, до яких застосовуємо модифікований угорський метод. Результати, що отримуються для кожного варіанту матриці, порівнюються між собою та обирається той, для якого витрати на придбання є найменшими.

Третє формулювання. Граничний або вироджений випадок практично не зустрічається у реальному житті. Одна компанія поставляє тільки один товар, що можливо лише при жорсткому обмеженні часу, строку поставки, транспортуванні або яких-небудь інших умов. Ця задача формулюється і вирішується як типова задача угорського методу і тому надалі не розглядається.

Розглянувши три типу формулювання задачі для правильного обрання того чи іншого варіанту та відповідного постачальника в залежності не лише від часу, а й від інших існуючих умов поставки, доцільно ввести додаткові матриці, що дозволять більш детально проаналізувати можливі варіанти рішення задач та обрати з них правильний з найменшими похибками для лізингової компанії. Такими додатковими матрицями можуть бути:

- матриця ризиків поставки техніки та його страхування;
- матриця післяпродажного та гарантійного обслуговування техніки;
- матриця навчання персоналу роботі на новій техніці;
- матриця виходу з ладу техніки;
- матриця зберігання техніки.

Наприклад, якщо поставка техніки відбувається з-за кордону, ризики своєчасної поставки її збільшуються. При збільшенні ризиків водночас збільшується і вартість витрат, пов'язаних з страхуванням цієї техніки. Таким чином, при аналізі ризиків доцільно оцінювати можливі ризики за певною шкалою та присвоювати кожному проекту відповідний коефіцієнт, максимальне значення якого дорівнюватиме 1. Якщо при реалізації проекту ризик мінімальний, розробник проекту присвоє йому мінімальне значення, наприклад, 0,1. Заповнюється така кількість матриць, скільки найкращих варіантів поставки техніки обрано. У матриці післяпродажного та гарантійного обслуговування оцінюється якість обслуговування, його швидкість, тобто витрати часу на ремонт та огляд, зручність для потенційного лізингоотримувача, наприклад, виїзд обслуговуючого персоналу на місце поломки техніки. При внесенні даних у матрицю навчання персоналу роботі на новій техніці оцінюється наявність такої послуги, додаткові витрати та час навчання, його якість, необхідність проходження у подальшому додаткових курсів та їх наявність для підвищення кваліфікації робітників. У матриці виходу з роботи техніки оцінюється тривалість її роботи до першої поломки та частота поломок у майбутньому за коефіцієнтами надійності. Матриця зберігання техніки показує складність та наявність витрат на її зберігання.

Висновок. Таким чином, при застосуванні модифікованого угорського методу побудова матриць та відповідних підматриць дозволяє розширити коло перебору можливих варіантів поставки техніки та обрати ряд найкращих, які в подальшому доцільно аналізувати за допомогою введення додаткових параметрів, що можуть суттєво вплинути на остаточне рішення при виборі постачальника для підписання лізингової угоди.

Література

1. Щєбликіна І. О. Розвиток лізингу для забезпечення оновлення основних засобів сільськогосподарських підприємств [Текст] : автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.07.02 / Щєбликіна Інна Олександрівна ; Національний аграрний ун-т. - К., 2006. - 250 с.
2. Баєва О. І. Лізингові відносини в аграрному секторі економіки України [Текст] : автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.07.02 / Баєва Ольга Іванівна; Національний науковий центр "Інститут аграрної економіки". - К., 2004. - 19 с.: рис., табл.
3. Ярославський О. Сучасний стан забезпечення сільськогосподарських підприємств основними видами техніки та ефективність заходів держави щодо розвитку ринку техніки для агропромислового комплексу [Текст] / О. Ярославський // Проект «Аграрна політика для людського розвитку». - Київ, Україна. - Листопад 2004 (№ 9).
4. Ярославський О. Лізинг в аграрному секторі економіки України. 18 липня 2006 р. Київ [Електронний ресурс] : Режим доступу : <http://www.leasing.org.ua/ua/news/?pid=755>. - Назва з екрана.
5. Техніка в сільському господарстві України [Текст] // Інформаційно-аналітичний журнал «Лізинг в Україні». - 2007. - № 2. - с. 6-9
6. Петрук О. М. Банківська справа [Текст] : навчальний посібник / О. М. Петрук; за ред. Ф.Ф. Бутинця. - К.: Кондор, 2004. - 461 с. - ISBN 966-7982-83-1.
7. Україна. Закони. Про фінансовий лізинг [Текст] : [в редакції Закону № 1381-IV (1381-15) від 11.12.2003]. - ВВР - 2004. - № 15. - ст. 231.
8. Жуйкова К. В. Мінімізація витрат лізинговою компанією угорським методом [Текст] / К. В. Жуйкова // Науково-практичний журнал АгроСвіт. - 2007. - № 18.- с. 23-25.
9. Таха Хәмди А. Введение в исследование операций [Текст] = Operations Research. An Introduction : [пер. с англ.] / Хәмди А. Таха. - перевод с англ. В. И. Тюпти, А. А. Минько. - 6-е изд. - М. : Вильямс, 2001. - 912 с.: ил. - парал. тит. англ. - 5000 экз. - ISBN 0-13-272915-6 (англ.). - ISBN 5-8459-0180-4 (рус).
10. Зайченко Ю. П. Исследование операций [Текст] : учебник / Ю. П. Зайченко. - 6 изд., перераб. и доп. - К. : Слово, 2003. - Библиогр. 66 наим. - 688 с. - 500 экз. - ISBN 966-8407-11-3.