

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний вищий навчальний заклад
«КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВАДИМА ГЕТЬМАНА»

Збірник наукових праць «Моделювання та інформаційні системи в економіці» входить до Переліку № 6 (Економічні науки, п. 6) наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата економічних наук, що затверджено постановою президії Вищої атестаційної комісії України від 11 жовтня 2000 р. № 1-03/8.

Моделювання та інформаційні системи в економіці

Збірник наукових праць

Заснований 1965 р.

Випуск 78

Відповідальний редактор В. К. Галіцин

Київ 2008

Збірник містить наукові матеріали, в яких досліджуються моделювання економічних систем, оцінки стану, розвитку, ефективності інформаційних систем та технологій в економіці та підприємстві, інформаційних процесів у фінансово-економічній сфері. Розглядаються питання ризик-менеджменту в широкому спектрі економічних проблем тощо.

Для широкого кола наукової громадськості, що використовує теоретичні засади моделювання різних аспектів в економіці та дослід їх упровадження в практичній діяльності в різних галузях народного господарства.

Редакційна колегія

В. К. Галіцин, д-р екон. наук, проф. (відп. ред.); **О. Д. Шарапов**, канд. техн. наук, проф. (заст. відп. ред.); **А. Я. Махоткіна** (відп. секр.); **К. Г. Валєєв**, д-р фіз.-мат. наук, проф.; **А. П. Великий**, чл.-кор. НАН України, д-р фіз.-мат. наук, проф.; **В. В. Вігліньський**, д-р екон. наук, проф.; **Г. В. Лавінський**, д-р техн. наук, проф.; **С. Ф. Лазарева**, канд. екон. наук, проф., **А. І. Макаренко**, канд. фіз.-мат. наук, доц.; **І. Г. Манцуров**, д-р екон. наук, проф.; **С. І. Наконечний**, канд. екон. наук, проф.; **С. В. Устенко**, канд. техн. наук, доц.; **О. П. Суслов**, д-р екон. наук, проф.

*Адреса редакційної колегії: 0453 м. Київ, Львівська пл., 14
Кім. 403, 413. Тел.: 537-07-42, 537-07-30, 537-07-29*

kneu-sbornik@yandex.ru

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

Засновник та видавець

Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана

Засновано в Міністерстві юстиції України.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 11718-589Р від 11.09.06

*Рекомендовано до друку Вченою радою КНЕУ
Протокол № 10 від 26.06.08*

Рецензенти

М. М. Клименюк, д-р екон. наук, проф.
(Академія муніципального управління)

Н. О. Парфенцева, д-р екон. наук, проф.
(Українська національна академія

державного управління при Президентові України)

*Редактор В. Антонюк. Художник обкладинки О. Покорницька.
Коректор Е. Піщаль. Верстка І. Грибанової*

*Підписано до друку 14.10.08. Формат 60×84/16. Папір офсет.
Гарнітура Тип Таймс. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 16,74.
Обл.-вид. арк. 19,05. Наклад 100 пр. Зам. № 08-3576*

*Державний вищий навчальний заклад
«Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»
03680, м. Київ, проспект Перемоги, 54/1
Тел./факс (044) 537-61-41; тел. (044) 537-61-44
E-mail: publish@kneu.kiev.ua*

ЗМІСТ

Манцуров І. Г., Яценко А. В. Інтелектуальне забезпечення ефективної інноваційно-інвестиційної політики держави . . .	5
Вітлінський В. В., Матвійчук А. В. Нейро-нечітке моделювання в інтелектуальних системах прийняття рішень	20
Устенко С. В., Степаненко О. П. Інтелектуальні системи прийняття рішень в організаціях	28
Верченко П. І. Багатокритеріальні моделі в інтелектуальних системах прийняття рішень	36
Дербенцев В. Д. Моделювання складних інтелектуальних систем	45
Вітлінський В. В., Шарапов О. Д. Теорія інтелектуальних систем прийняття рішень	58
Галицин В. К., Лазарєва С. Ф. Управління якістю проєктів інтелектуальних інформаційних систем	70
Козак І. А. Концепція онтологічного моделювання інформаційних систем	84
Кукоба В. П. Організаційне проєктування на основі вдосконалювання інформаційної системи підприємства	93
Гужва В. М. Еволюція організаційних форм управління підприємствами: від вертикальних до інтелектуальних підприємств	100
Данильчук Г. Б., Триус В. Ю. Ентропійні методи вимірювання складності	107
Лапшина М. А. Дослідження умов стійкості розв'язків моделі Самуельсона—Хікса	120

Головень О. В. Нечітка когнітивна модель ситуації, як інструмент покращення системних характеристик підприємства	132
Глуцевський В. В. Рішення задачі адаптивного планування розвитку та розміщення виробництва з оптимальним розподілом інвестиційних ресурсів методами стохастичного програмування	145
Джаладова І. А. Багатовимірний аналіз даних	161
Шарапов О. Д., Соловійов В. М. Використання вейвлет-ентропії для аналізу складних економічних систем.	170
Бегун А. В. Безпека інтелектуальних інформаційних систем	182
Вілінський В. В., Матвійчук А. В., Махоткіна А. Я. Методологічний підхід до розподілу бюджетних призначень з податку на додану вартість за регіонами	191
Нелюба В. М. Моделювання вибору постачальників прокату в умовах багатокритеріальної оптимізації.	209
Соловійов В. М., Щерба В. В. Застосування Кільського аналізу рекурентних діаграм для моделювання універсальних властивостей кризових явищ	220
Стрельченко І. І. Використання інтегрального рівняння Вінера—Хопфа для моделювання динаміки обмінних курсів	230
Городнов В. П., Ткач І. М. Мікроекономічна модель $ML/Mn/t$ вимог з очікуванням	240
Верченко П. І., Ніколаєв М. Г. Адаптивна модель бізнес-планування з урахуванням ризику	251
Іванченко Г. Ф., Потапенко С. Д. Особливості побудови мовних інтерфейсів у системах штучного інтелекту.	261
Галіцин В. К., Лазарева С. В. Моніторинг інформаційних технологій у системі ІТ менеджменту	270

І. Г. Манцуrow, д-р екон. наук, професор,
А. В. Яценко, канд. екон. наук, здобувач,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОЇ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПОЛІТИКИ ДЕРЖАВИ

АНОТАЦІЯ. Стаття присвячена проблемним питанням інтелектуального забезпечення глобальних інвестиційних проєктів, які розробляються і реалізуються Урядом України. В статті доводиться, що для підвищення рівня ефективності реалізації цих проєктів необхідно розробити та організаційно забезпечити обов'язкове застосування комплексної системи інтелектуального обґрунтування прийняття рішень стосовно відповідності того чи іншого інвестиційного проєкту певним критеріям.

За результатами проведеного аналізу розроблено відповідні висновки та сформувано рекомендації, реалізація яких має сприяти покращенню інноваційно-інвестиційної політики держави.

ANNOTATION. The article is devoted to the issues of intellectual capacity building in global investment projects, which are being developed and implemented by Ukrainian Government. It has been proven that the better efficiency of these projects implementation demands development and obligatory use of complex system of intellectually grounded decision-making procedures.

Significant conclusions and recommendations in regard to the improvement of innovation and investment policy of Ukraine are provided.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Міжнародний ринок інновацій та інвестицій, інноваційний проєкт, інноваційно-інвестиційна політика держави, інвестиційні ризики, інтелектуальне забезпечення інвестиційної діяльності, економічний розвиток.

Вступ

Сучасний етап розвитку України відбувається в умовах потужних процесів інтернаціоналізації. Минуле десятиріччя внесло істотні корективи до міжнародних відносин, зокрема до темпів зростання обсягів міжнародної міграції капіталу (ММК), які призводять до розробки і реалізації глобальних інвестиційних проєктів, направлених на докорінну зміну економічних пріоритетів і життєво важливих національних інтересів, усвідомлення суспільством ролі та місця України в глобальному просторі.

З урахуванням об'єктивних законів розвитку економічних систем, які визначають розвиток процесів інтернаціоналізації та

лежать в основі міжнародного розподілу факторів виробництва, принциповим є розуміння того, що участь національної економіки в процесах міжнародної міграції капіталу повинна розглядатися не тільки з позицій ввезення капіталу, але й у контексті підвищення ефективності використання цього капіталу, забезпечення вигідної для національної економіки інноваційно-інвестиційної політики, реалізація якої неможлива без підвищення рівня аналітичного забезпечення розробки та реалізації інвестиційних проектів, тобто, практично, без їх інтелектуального забезпечення.

Отже, дослідження питань інтелектуального забезпечення інноваційно-інвестиційної політики держави є дуже актуальними для сучасної України.

Постановка задачі

Незважаючи на загальну позитивну динаміку макроекономічних показників України за останні роки, значна кількість стратегічних вітчизняних підприємств не працює ефективно через застарілу виробничу базу. Особливо турбує невпинне погіршення показників майже всіх напрямів інноваційної діяльності, без чого неможливо досягти стійких процесів економічного зростання і підвищення конкурентоспроможності.

Так, у 2007 р. питома вага українських підприємств, які займалися інноваційною діяльністю, склала лише 10,6 % загальної кількості промислових підприємств, у той час як у США, Японії, Німеччині, Франції інноваційно-активні підприємства становлять 70—80 % загальної їх кількості. В країні спостерігається тенденція сталого скорочення впровадження нових прогресивних технологічних процесів та освоєння виробництва нових видів продукції, яке у 2007 році зменшилося у 7,7 разу у порівнянні з 2000 р. (табл. 1).

На думку авторів, така тенденція в першу чергу пояснюється тим, що інвестиційні проекти, на розробку яких були затрачені значні кошти, не доводяться до стадії їх реалізації. Це призводить до того, що точність аналізу інвестиційних проектів та прогнозів стосовно ефективності їх реалізації залишається однаковою на протязі багатьох років, інвестиційний успіх є дуже низьким, а інвестиційний ризик дуже великим, що призводить до низької ефективності функціонування великої кількості компаній, економіки регіонів та країни в цілому. І що дуже важливо, результативність аналізу ефективності інвестиційних проектів, іннова-

ційно-інвестиційного процесу взагалі та його прогнозу не підвищується протягом багатьох років (рис. 1).

Таблиця 1

**ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ
НА ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ
у 2000—2007 рр.**

Рік	Питома вага підприємств, що займалися інноваціями, %	Питома вага підприємств, що впроваджували інновації, %	Впроваджено нових технологічних процесів	Освоєно виробництво нових видів продукції, найменувань	Питома вага реалізованої інноваційної продукції в обсязі промислової, %
2000	18,0	14,8	1403	15323	6,7
2001	16,5	14,3	1421	19484	6,8
2002	18,0	14,6	1142	22847	7,0
2003	15,1	11,5	1482	7416	5,6
2004	13,7	10,0	1727	3978	5,8
2005	11,9	8,2	1808	3152	6,5
2006	11,2	10,0	1145	2408	6,7
2007	10,6	8,7	1024	1978	6,3

Джерело: <http://www.ukrstat.gov.ua>

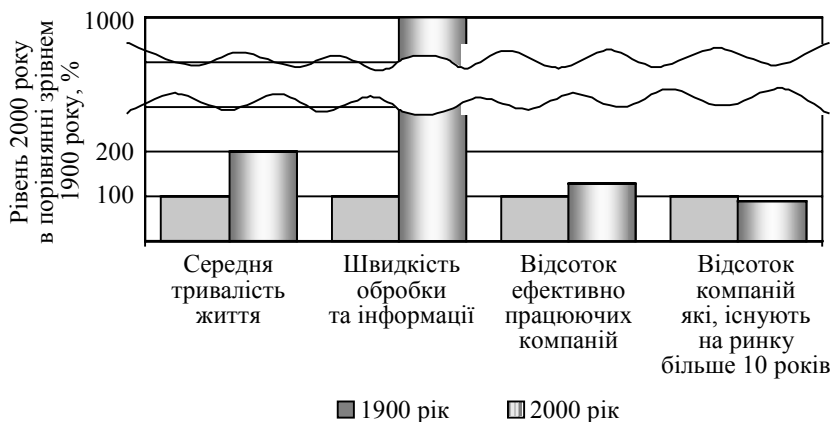


Рис. 1. Динаміка деяких показників людського розвитку та ефективності інвестиційних проєктів

Згідно з рис. 1, за останні 100 років середня тривалість життя пересічного громадянина збільшилась майже вдвічі, швидкість пересування — майже у десять разів, швидкість передачі інформації майже в сто разів. Водночас, ефективність функціонування компаній (яку ми розуміємо в певній мірі як функцію результативності техніко-економічного обґрунтування бізнес-проекту і, як результат, ефективності інвестиційного проекту), відсоток компаній, які функціонують ефективно, та відсоток компаній, які продовжують працювати на ринку після 10 років функціонування) залишилась практично на тому ж рівні, що й 100 років тому. Це має місце не дивлячись на той факт, що об'єктивно існують внутрішні закономірності, що дають можливість підвищувати і рівень ефективності реалізації інвестиційних проектів, і, як результат, ефективності виробництва, тривалість ефективного функціонування компаній на ринку і т. д.

Усе викладене вище дозволяє авторам зробити висновок, що на даному етапі розвитку економіки України саме відсутність системи відповідного інтелектуального та інформаційно-аналітичного забезпечення інноваційно-інвестиційних проектів перешкоджають підвищенню ефективності їх реалізації, сталому економічному зростанню та підвищенню рівня конкурентоспроможності країни.

Економічна теорія знає один дуже ефективний спосіб подолання цієї негативної тенденції, а саме — розробка та реалізація ефективної системи інвестиційного менеджменту, найважливішою складовою якого має стати підсистема інтелектуального інформаційно-аналітичного забезпечення прийняття рішень відносно доцільності реалізації того чи іншого інвестиційного проекту.

Основна частина

За результатами проведеного аналізу даних щорічників Держкомстату України «Наукова та інноваційна діяльність в Україні» за останні вісім років, автори роблять висновок, що розробка інвестиційних проектів є досить витратним та трудомістким етапом інвестиційного циклу й складає в середньому 7,8 % від загальної вартості проекту. Враховуючи критичний фінансовий стан багатьох українських підприємств, витрати на передінвестиційні розробки є надто обтяжливими та ризикованими. Таким чином, існуючі умови вимагають одночасного виконання різноспрямо-

ваних завдань: підвищити якість інвестиційних проектів та максимально скоротити витрати на інвестиційні дослідження. Вирішити ці завдання можливо шляхом підвищення ефективності процесу розробки інвестиційного проекту, чого неможливо досягти без інтелектуального забезпечення цієї розробки, найважливішою складовою якого є відповідне інформаційно-аналітичне забезпечення інвестиційних проектів.

Оскільки основною метою управління інвестиційною діяльністю є забезпечення найбільш ефективних шляхів реалізації інвестиційної стратегії держави, що в кінцевому підсумку набуває конкретного вираження в максимізації рівня ефективності функціонування національної економіки та підвищення її конкурентоспроможності, то в процесі реалізації цієї мети інтелектуальне забезпечення інвестиційної діяльності спрямовується на вирішення найважливіших завдань розвитку економіки країни, які відображені на рис. 2.



Рис. 2. Складові інноваційно-інвестиційної політики держави

Розробка інтелектуального інформаційно-аналітичного забезпечення інвестиційної діяльності умовно поділяється на наступні етапи:

- моделювання оцінки перспективного функціонування економіки з урахуванням життєвого циклу основного обладнання (без реалізації інвестиційного проекту);
- моделювання оцінки перспективного функціонування економіки з урахуванням структури джерел фінансування інвестування за умов реалізації інвестиційного проекту;
- розробка моделі оптимізації інвестиційного процесу за рахунок визначення додаткових джерел окупності;
- розробка моделі інвестиційної стратегії як системи довгострокових цілей і засобів їх досягнення, що реалізуються в інвестиційній діяльності підприємств, компаній та інших суб'єктів господарювання.

Покрокова реалізація згаданих вище етапів дозволяє при прийнятті рішення максимально врахувати фактор ризику і захистити об'єкт господарювання від значних втрат, пов'язаних з реалізацією інвестиційного проекту, яка має здійснюватися в межах допустимого інвестиційного ризику, конкретний рівень якого визначається схильністю до ризиків власників або менеджерів підприємства при здійсненні інвестиційної діяльності. Підвищення рівня інтелектуального інформаційно-аналітичного забезпечення інвестиційного проектування передбачає зменшення інвестиційних ризиків.

Ризик інноваційно-інвестиційного проекту — це міра непевності в одержанні очікуваного рівня прибутковості при реалізації цього проекту в реальних умовах господарювання. Іншими словами, інвестиційний ризик — це можлива загроза втрати суб'єктом господарювання частини ресурсів, недоодержання доходів або створення додаткових видатків внаслідок здійснення фінансових операцій на етапі розробки та/чи реалізації інвестиційного проекту.

Ризики супроводжують практично всі форми та напрями інвестування і характеризують ймовірність настання несприятливих подій, що спричинять збитки від інвестиційної діяльності. Інвестиційні ризики включають у себе ризики неотримання прибутків у разі нездійснення певних заходів щодо усунення ризиків; ризики зниження дохідності інвестицій, а саме підвищення відсотків за кредити, зниження дивідендів, небезпеку неотримання позичальником основної частини боргу та відсотків; ризики прямих

фінансових втрат — біржові ризики, селективні ризики (ризики неправильного вибору об'єкта або способу вкладення капіталу при формуванні інвестиційного портфеля), ризики банкрутства тощо. Класифікація ризиків інвестиційних проектів відображена на рис. 3.

Оскільки альтернативи інноваційному шляху розвитку немає, то виникає об'єктивна необхідність розробити способи запобігання, зниження чи компенсації можливих негативних наслідків ризику. Попереднім етапом такої роботи є оцінка ризикованості проекту та величини ймовірних витрат при настанні ризикової події.

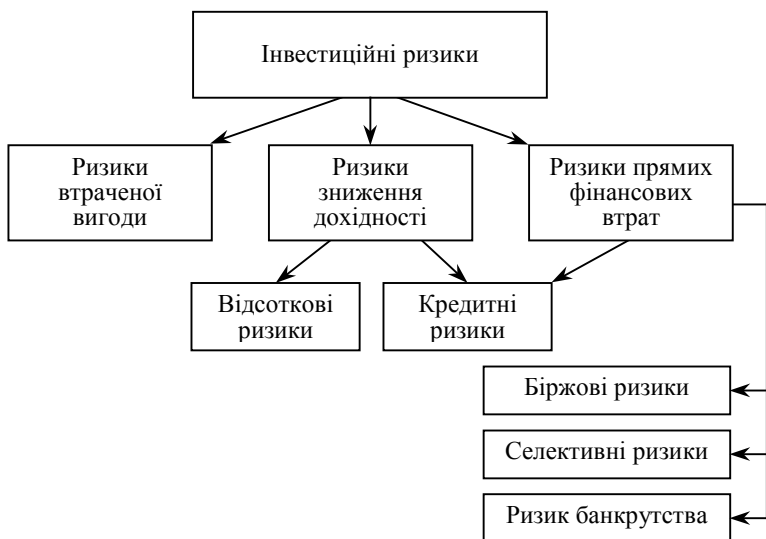


Рис. 3. Класифікація ризиків інвестиційної діяльності

У загальному випадку в економіці для оцінки ризику, в основному, використовують імовірнісний, тобто статистичний підхід. Але високий ступінь невизначеності і ризику інноваційних проектів потребує розробки заходів щодо його штучного зниження, що передбачає наявність точної оцінки не лише величини можливих збитків і ймовірності їх виникнення, а й ступеня впливу окремих факторів на загальний ризик проекту [4, с. 194].

При оцінці ризику інноваційного проекту слід враховувати те, що існує ситуація невизначеності для загальної господарської ді-

яльності суб'єкта, а також окремі ризики, що притаманні лише цьому інноваційному проекту. Сукупність цих ризиків може спричиняти синергійний ефект, як сприятливий для підприємства, так і руйнівний за умов великого від'ємного значення приведенного чистого доходу від інновацій.

Ризики при реалізації інноваційного проекту можуть виникнути або на стадії продукування та вибору ідеї інноваційного проекту, або вже на стадії безпосередньої розробки та впровадження інноваційного проекту в реальних умовах господарювання. В будь-якому випадку, чим пізніше виявився (ідентифікувався) той чи той ризик, тим більша ймовірність виникнення збитків або тим більшою виявляється недосяжність поставлених цілей.

Для кількісного оцінювання ризику існують різні методи, серед яких найбільш поширені статистичний (у тому числі метод статистичних випробувань чи метод Монте-Карло); аналітичний; метод використання дерева рішень та ймовірнісного підходу; метод оцінювання фінансової стійкості або оцінювання доцільності витрат; метод експертних оцінок; нормативний метод; метод аналізу чутливості; метод використання аналогів та ін. [4, с. 68]. Кожний з названих методів має свої переваги й недоліки і використовується в цілком конкретних ситуаціях; універсального методу, прийнятного для всіх випадків, не існує.

Розмір можливих фінансових втрат обумовлюється видом інновації, обсягом залученого інвестиційного капіталу, рівнем ризику, передбаченого даним проектом, а також діапазоном відхилень фактично отриманого доходу від очікуваного значення.

На основі отриманих характеристик здійснюється позиціонування проектів відносно можливих фінансових втрат при настанні ризикової події по зонах ризиків: безризикова зона; зона припустимого ризику; зона критичного ризику; зона катастрофічного ризику [4, с. 56].

Загальний рівень ризику, притаманного конкретному інноваційному проекту, теоретично оцінюється як функція значень рівнів ідентифікованих елементарних ризиків по проекту. При цьому слід також враховувати взаємний вплив реалізації інноваційного проекту на зміну дохідності активів підприємства та середньогалузеві доходи від інноваційної діяльності.

У розпорядження держави (суб'єкта господарювання) повинні бути достатні кошти не лише для реалізації того чи іншого інноваційно-інвестиційного проекту, але й для страхування від імовірного настання тих чи інших ризикових подій, які ставитимуть

під сумнів можливість отримання прибутку від інновацій. Але витрати на страхування як один із методів фінансування ризику зменшують інвестиційну позицію країни та її чисті активи, які вона могла спрямувати на інновації чи інвестиції та отримати прибуток. Тому слід виражено підходити до величини ціни страхування, тобто до розміру страхової премії.

Ранжирування альтернативних інноваційних проектів за рівнем ризику та узагальнююча порівняльна оцінка здійснюється за допомогою двох методів:

- на основі варіації усіх кінцевих показників ефективності проектів від їх середніх значень;

- на основі відхилень пріоритетних для держави показників ефективності проекту.

Ризик інноваційного проекту не приймає статичного, абсолютного значення раз і назавжди. Його природа така, що він змінює свої характеристики залежно від стадії інноваційного проекту. Тому керівництву держави слід здійснювати постійний моніторинг процесів впровадження та управління інноваційним проектом для своєчасного виявлення слабких сигналів та для підготовки механізму ефективного управління ризиками.

Управління ризиком інноваційно-інвестиційних проектів потребує якісної, різнобічної та своєчасної інформації. Упровадження поряд із суцільною звітністю вибіркових обстежень, одноразових обліків, опитувань дало можливість поглибити аналіз й обґрунтувати оцінку ризиків, пов'язаних із залученням коштів, їх інвестуванням, задоволенням передбачуваних і непередбачуваних зобов'язань інвесторів і реципієнтів. Для цього потрібна науково обґрунтована система показників, наближена до стандартів світової практики.

Як приклад, методи аналізу ризиків інвестиційних проектів наведені в табл. 2.

Оцінювати ризик на основі системи взаємозв'язаних показників можна також на базі β -коефіцієнтів.

Вони дають змогу здійснити порівняльний аналіз ризиковості одних видів інвестиційної діяльності щодо інших.

У загальному вигляді β -коефіцієнти характеризують змінюваність окремих факторних ознак або складових загальної ефективності щодо результативного або узагальнюючого показника. Стосовно інноваційно-інвестиційної діяльності це характеристика систематичного ризику окремих її видів, який пов'язаний з імовірністю подій, що впливають на загальний результат діяльності інвестиційної компанії чи/та економіки в цілому.

Таблиця 2

**СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ
ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ**

1. Оцінювання ризиків інноваційно-інвестиційних проектів	Для оцінювання проектів за ступенем ризику використовується така система показників: 1. Ступінь ризику — r_j. 2. Вартість інвестиційного проекту — Kp_j. 3. Класифікована вартість інвестиційного портфеля: $Kp_{кл} = \sum Kp_j r_j$ 4. Ступінь якості інвестиційного портфеля: $K_{як} = \frac{Kp_{кл}}{Kp_{заг}}$. 5. Середній рівень ризику: $r = \frac{\sum Kp_j r_j}{\sum Kp_j}$. 6. Динаміка ризику портфеля кредитів: $I_r = \frac{r_1}{r_0}$
2. Аналіз динаміки кредитного ризику в розподілі за інвестиційними проектами	Оцінка ризиків інвестиційного портфелю за допомогою індексів середніх величин $I_r^{з.с.} = \frac{\sum r_1 d_1}{\sum r_0 d_0}; \Delta_1 = \sum r_1 d_1 - \sum r_0 d_0$ Індекс змінного складу показує, як у середньому по інвестиційному портфелю (у відносному та абсолютному виразі) у звітному періоді порівняно з базовим змінився рівень ризику портфелю інвестиційних проектів за рахунок усіх факторів. $I_r^{ф.с.} = \frac{\sum r_1 d_1}{\sum r_0 d_1}; \Delta_2 = \sum r_1 d_1 - \sum r_0 d_1$ Індекс фіксованого складу показує, як у середньому по інвестиційному портфелю (у відносному та абсолютному виразі) у звітному періоді порівняно з базовим змінився рівень інвестиційного ризику за рахунок динаміки ризику по окремих складових інвестиційного портфелю. $I_r^{с.з.} = \frac{\sum r_0 d_1}{\sum r_0 d_0}; \Delta_3 = \sum r_0 d_1 - \sum r_0 d_0$ Індекс структурних зрушень показує, як у середньому по інвестиційному портфелю (у відносному та абсолютному виразі) у звітному періоді порівняно з базовим змінився рівень інвестиційного ризику за рахунок зміни розподілу складових інвестиційного портфелю

β-коефіцієнт розраховується за формулою:

$$\beta_i = \frac{COV(XY)}{\sigma^2(Y)} = \frac{r(xy)\sigma(X)}{\sigma^2(Y)},$$

де X — вектор факторних ознак, які впливають на узагальнюючий показник інвестиційної діяльності;

Y — узагальнювальний показник ефективності інвестиційної;

$COV(XY)$ — коваріація факторних ознак щодо результативної ознаки;

$\sigma(X)$, $\sigma(Y)$ — середньоквадратичні відхилення факторної та результативної ознак;

$r(x,y)$ — коефіцієнти кореляції між результативною і факторною ознаками.

На основі значень коваріації робляться висновки щодо прямої (+) або зворотної (–) пропорційності зміни ознак. Порівняння β-коефіцієнтів дає оцінку ступеня ризику. Чим більше значення β, тим вищий ступінь ризику відповідного чинника щодо узагальнюючого показника Y .

Розраховуються також β-коефіцієнти, які характеризують зміну одного чинника (X_i) щодо другого чинника (X_j).

Наступним етапом інтелектуального інформаційно-аналітичного оцінювання інвестиційних проектів є оцінювання загального рівня ефективності їх розробки та реалізації. Для розрахунків показників ефективності інвестиційних проектів використовується широкий спектр методів статистичного аналізу (порівняння, балансовий, елімінування впливу ризиків, розрахунку простих та складних процентів, кореляційно-регресійний аналіз тощо).

Головним критерієм ефективності будь-яких інвестиційних проектів є чиста приведена вартість, внутрішня норма рентабельності та термін окупності інвестицій, які забезпечуються через механізм амортизаційних відрахувань та відповідний рівень прибутковості інвестиційних проектів.

Аналіз інтелектуальних моделей прийняття рішень поділяється на етапи: визначення проблеми (дослідження ситуації, в якій приймається рішення про інвестування), побудова моделі (визначення ступінню схожості між ситуацією, в якій приймається рішення, і моделлю: опрацювання варіантів рішення, врахування стану ринкового оточення, системи цілей, функцій результативності), забезпечення інформаційними даними, реалізація задуму,

аналіз отриманих результатів. При цьому може виникнути ситуація визначеності, ризику, неясності та невизначеності, яка в інвестиційній сфері зумовлена наступними причинами: неповнотою та асиметрією інформації; кон'юктурою зовнішнього середовища; поведінкою контрагентів та конкурентів; нестійкістю соціально-економічних та науково-технічних процесів; ненадійністю прогнозних оцінок функціонування інвестиційних об'єктів та кон'юктури ринку; браком часу для прийняття інвестиційних рішень.

Метою оцінки ефективності інвестиційних проектів є максимізація віддачі в поєднанні із зниженням до прийнятих меж ступеня ризику інвестування. Для оцінки ефективності інвестиційних проектів розраховують такі показники:

1. Чистий потік грошових доходів (Net Cash Flow — NCF) — це різниця між очікуваними надходженнями від проекту за певний період і видатками по проекту. Кількісно визначається як сума чистого прибутку по проекту та обсягу амортизаційних відрахувань.

2. Період окупності інвестицій (T) — це кількість років, необхідних для повної компенсації видатків по проекту доходами від цього ж проекту.

3. Чиста теперішня вартість проекту (Net Project Value — NPV) — це показник, який дозволяє врахувати фактор часу, а отже, і ризик при обґрунтуванні інвестиційного проекту:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{C_F}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{Co_F}{(1+r)^t}, \quad (1)$$

де C_F — чистий потік доходу; Co_F — чистий потік витрат по проекту; r — дисконтна ставка; T — тривалість життєвого циклу проекту; t — порядковий номер періоду.

Якщо чиста теперішня вартість є додатною, то це означає, що необхідно очікувати зростання вартості відповідного суб'єкту господарювання чи підвищення рівня ефективності функціонування економіки в цілому. Такий проект вважається доцільним для впровадження.

Внутрішня ставка доходу — це норма доходу по проекту, за якої чиста теперішня вартість його дорівнює нулю. В результаті норма дисконту зрівнюється дисконтний потік доходу з величи-

ною інвестиційних втрат IRR (Internal Rate of Return), визначається з рівняння:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{C_F}{(1 + IRR)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{Co_F}{(1 + IRR)^t} = 0. \quad (2)$$

Згідно з цим критерієм до реалізації повинні допускатись лише ті проекти, для яких розмір внутрішньої ставки доходу є більшим ніж ціна капіталу, необхідного для інвестування.

Індекс прибутковості — це показник ефективності інвестиційних проектів, що пропонуються для реалізації. Він визначається як відношення теперішньої вартості потоку доходів по проекту до теперішньої вартості видатків по проекту:

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{C_F}{(1 + r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{Co_F}{(1 + r)^t}}. \quad (3)$$

Проекти, для яких індекс прибутковості більше одиниці, повинен братись до реалізації. Серед альтернативних проектів перевага надається таким, для якого цей показник приймає більш суттєве значення.

Ефективність упровадження проекту значною мірою визначається проведеними передінвестиційними дослідженнями.

Передінвестиційна фаза може включати кілька паралельних видів діяльності та робіт, деякі з них можуть переходити в наступні фази.

До складу робочої передінвестиційної фази включені такі пункти:

- визначення інвестиційних можливостей (експертна оцінка всіх доступних даних і чинників);

- аналіз альтернативних варіантів та попередній вибір (формулювання проекту);

- попереднє техніко-економічне обґрунтування доцільності та здійснення проекту;

- розробка техніко-економічного обґрунтування;

- дослідження забезпечення проекту всіма видами ресурсів;

- підготовка оціночного висновку (рішення про фінансування проекту).

Утвердження інноваційної моделі розвитку — один з найважливіших системних факторів підвищення рівня конкурентоспроможності національної економіки та національної безпеки держави.

Висновки та рекомендації

1. За результатами статистичного дослідження ефективності розробки і реалізації інноваційно-інвестиційних проєктів в Україні за останні п'ять років доведено, що переважна більшість цих проєктів реалізується із надзвичайно низьким рівнем ефективності.

2. Основна причина цього полягає в недостатньо високому рівні інтелектуального інформаційно-аналітичного обґрунтування прийняття рішень стосовно відповідності того чи іншого інвестиційного проєкту стратегічним пріоритетам розвитку країни, привабливості цього проєкту з точки зору інтересів потенційних зарубіжних чи/та вітчизняних інвесторів та вимогам проєктного менеджменту, які передбачають зменшення ризику втрати коштів, пов'язаних з розробкою та реалізацією цих проєктів.

3. Інноваційна інфраструктура в Україні, яка має забезпечити достатньо високий рівень ефективності інвестиційної політики держави, є функціонально неповною, недостатньо розвинутою. Вона не охоплює усі ланки інноваційного процесу.

4. В Україні не визначено механізм стимулювання створення інноваційної інфраструктури, яка б забезпечувала можливості реалізації інтелектуального потенціалу нації в цілях підвищення рівня інноваційності економіки та зростання ефективності використання інвестиційних ресурсів.

5. Збереження існуючого підходу до розвитку інноваційної інфраструктури призведе до появи нових проблем у сфері інноваційної діяльності та подальшої деформації структури національної економіки.

6. З огляду на високі комерційні ризики інвестування у зазначену сферу, значні фінансові витрати, тривалий строк окупності інвестицій необхідно забезпечити інтелектуальне інформаційно-аналітичне обґрунтування інноваційної діяльності шляхом першочергового формування відповідної організаційно-економічної системи управління інноваційно-інвестиційною діяльністю.

7. Формування такої системи сприятиме забезпеченню інноваційної сфери всіма видами посередницьких інтелектуальних послуг.

8. Виходячи з викладеного, оптимальним варіантом розбудови інноваційної інфраструктури є розвиток виробничо-технологічної підсистеми із створенням окремих найважливіших елементів інших підсистем, що сприятиме створенню умов для прискореного впровадження інновацій навіть в умовах обмеження бюджетного фінансування.

9. Для розбудови виробничо-технологічної підсистеми необхідно удосконалити нормативно-правову базу, зокрема щодо відповідності вимогам цілісності, комплексності та системності у сфері науково-технологічного, інноваційного розвитку та підприємницької діяльності, а також розробити відповідне методичне забезпечення.

Література

1. Агафонова И. П. Характеристика и классификация рисков инновационного проекта // Менеджмент в России и за рубежом. — 2002. — № 6. — С. 41 — 48.

2. Друкер П. Задачи менеджмента в XXI веке. — М.: Издательский дом Вильямс, 2001. — 272 с.

3. Ілляшенко С. М. Економічний ризик: Навч. посібник. — 2-ге вид., доп., перероб. — К.: Центр навчальної літератури, 2004. — С. 10 — 86.

4. Мустафаєва Е. Н. (Товкес). Розвиток інвестиційного проектування в Україні // Експрес-новини: наука, техніка, виробництво. 1998. — № 9—10. — С. 32—33.

5. Товкес Е. Н. Система інформаційного забезпечення інвестиційної діяльності // Наукові записки Національного університету «Києво-Могилянська академія». — 2001. — Т. 19. — С. 56—60.

6. Шнейдер А., Кацман Я., Топчишвили Г. Наука побеждает в инвестициях, менеджменте и маркетинге. — М.: ООО «Издательство АСТ», 2002. — 232 с.

7. <http://www.ukrstat.gov.ua> — Офіційний сайт Державного комітету статистики України.

В. В. Вітлінський, д-р екон наук, проф.,
А. В. Матвійчук, канд. екон. наук,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

НЕЙРО-НЕЧІТКЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

АНОТАЦІЯ. Досліджено розвиток та особливості функціонування інтелектуальних системах прийняття рішень, їх загальні характеристики. Наведено результати аналізу модельних експериментів та надано пропозиції щодо моделювання економічних систем із застосуванням методів нечіткої логіки та нейронних мереж окремо, а також нейро-нечітких систем.

ANNOTATION. There are researched the developing, specify of functioning and common characteristics of decision making intellectual systems in the article. It's presented the results of model experiments and given the propositions for economical systems modeling with usage of methods of fuzzy logic and neural networks separately and also neural-fuzzy systems.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. СППР, інтелектуальні системи прийняття рішень, нейронні мережі, нечітка логіка, нейро-нечітке моделювання.

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) виникли у результаті розвитку управлінських інформаційних систем та систем управління базами даних на початку 70-х років XX ст. Система підтримки прийняття рішень — це інтерактивна автоматизована система, що використовує правила прийняття рішень і відповідні моделі з базами даних для вирішення слабоструктурованих проблем.

На сучасному етапі розвитку інформаційних систем і технологій більшість рутинних операцій з обробки інформації вже автоматизовано і подальше підвищення ефективності СППР можливе за умови їх інтелектуалізації, тобто, використання експертних, інтелектуалізованих технологій, що включають досвід вирішення задач управління та дозволяють враховувати експертні знання у процесі прийняття раціональних рішень.

Відповідно, результатом подальшого розвитку СППР стають інтелектуальні системи прийняття рішень, що здатні вирішувати інтелектуальні задачі — в умовах неповноти, неточності і суперечливості знань про об'єкт дослідження, для розв'язання яких немає чітко заданого алгоритму. Як зазначається у монографії з

інтелектуальних технологій ідентифікації [1, с. II], інтелектуальні системи (технології, здатні розв'язувати інтелектуальні задачі, які традиційно вирішуються людьми) повинні задовольняти таким основним природним властивостям: здатності до навчання (можливості послідовно мінімізувати відхилення результату моделювання від еталону) та лінгвістичності (здатності виражати знання природною мовою).

Зауважимо, що класичні кількісні або якісні підходи лише частково задовольняють таким умовам. Тобто, якщо використовуваний інструментарій передбачає можливість налаштування на реальних даних, то здатність до оперування експертно-аналітичною інформацією у нього зазвичай відсутня (або значно обмежена). Якщо ж перейти в площину якісних методів, то втрачається можливість оптимізації параметрів моделі на реальних статистичних даних.

Відповідно, при розробці інтелектуальних систем прийняття рішень доцільним є застосування такого математичного інструментарію, який здатний поєднувати можливість оперування експертно-аналітичною інформацією із адаптивністю до мінливих умов економіки. За таких умов особливого значення набуває застосування інструментарію нечіткої логіки та нейронних мереж, в основу яких закладено нейрофізіологічні особливості функціонування людського мозку, що робить їх практично ідеальним інструментом для вирішення інтелектуальних задач. Зауважимо, що обидва математичні апарати є ефективними при моделюванні складних нелінійних функціональних залежностей (особливо у порівнянні з альтернативними підходами).

В основу теорій нечіткої логіки та нейронних мереж покладено принципово різну ідеологію та математичний інструментарій. Перевагами нечіткої логіки є можливість врахування експертних знань щодо об'єкта моделювання та оперування лінгвістичною інформацією. Проте, інструментарій нечіткої логіки окремо не володіє механізмом налаштування на реальних даних параметрів моделі, побудованої на його основі. Тому адекватність нечіткого логічного висновку суттєво залежить від виду та параметрів функцій належності, які входять до структури моделі.

Головною ж особливістю нейронних мереж є їхня здатність до навчання, що реалізується за допомогою спеціально створених для цього методів. Однак, для нейронних мереж властива проблема змістовної інтерпретації внутрішніх параметрів та нездатність працювати з лінгвістичною інформацією.

Проте, у разі поєднання інструментарію нечіткої логіки із нейронними мережами у вигляді специфічної конструкції з назвою «нейро-нечітка модель», вдається отримати СППР із принципово новими якостями та забезпечити дотримання зазначених вище властивостей інтелектуальних технологій: лінгвістичності та здатності до навчання.

Інтелектуальні системи прийняття рішень, побудовані на підґрунті синтезу методів нечіткої логіки та нейронних мереж, володіють інструментарієм для представлення експертно-встановлених правил розвитку ринку в математичній формі, забезпечують можливість автоматичного налагодження параметрів моделі з урахуванням даних кількісної та якісної природи та мають низку інших незаперечних переваг для моделювання фінансово-економічних систем. Доцільність застосування такого інструментарію для моделювання економічних систем обґрунтована в авторських працях [2, 3].

Авторами даної статті було розроблено концепцію та методологію побудови економіко-математичних моделей аналізу економічних систем і прогнозування фінансових показників в умовах невизначеності та ризику на підґрунті нейро-нечіткого підходу.

Розроблена концепція побудови економіко-математичних моделей надала можливість проведення ідентифікації фінансових часових залежностей та прогнозування розвитку фінансово-економічних показників у відповідності до встановленого набору правил з теорії хвиль Елліотта [3—7]. Подібний підхід є ефективним як для довгострокового, так і короткострокового прогнозування та володіє здатністю налаштування параметрів економіко-математичної моделі відповідно до реального часового ряду обраного показника. Ефективність даних моделей експериментально перевірено на провідних світових та вітчизняних фондових індексах. Моделі виявили високу здатність до відтворення вихідного часового ряду та, зокрема, передбачення напрямів змін курсів фінансових показників, що особливо важливо для гравців фондового ринку.

Також відповідно до запропонованої нейро-нечіткої концепції було побудовано економіко-математичні моделі оцінювання фінансового стану підприємства на основі наборів незалежних змінних та найбільш інформативних показників [8, 9]. Проведений аналіз експериментів показав високу точність передбачення банкрутства за допомогою цих моделей. Крім того, із застосуванням побудованих нейро-нечітких моделей вдається не тільки оцінити можливість банкрутства компанії (що є типовою задачею

класифікації), але й визначити час, протягом якого банкрутство може відбутись. До того ж, подібні моделі можна будувати на тих показниках, які на думку аналітика є найінформативнішими для вирішення поставленої задачі, навіть тих, які в числовому вигляді мають мультиколінеарний зв'язок між собою. Запропонований підхід до проведення комплексного оцінювання фінансів підприємств унікає недоліків підходу Альтмана в умовах країн з економікою, що розвивається, оскільки дозволяє враховувати специфіку ведення бізнесу і зберігає свою стійкість у часі.

На підставі розробленого методологічного підходу авторами також було побудовано низку економіко-математичних моделей аналізу (зокрема, рейтингування цінних паперів [10], оцінювання ризику несплати податків та формування плану-графіка податкових перевірок [11, 12]), в основу яких закладено синтез інструментарію нечіткої логіки та нейронних мереж.

Застосування методів нейронних мереж надає можливість сконструювати ієрархічну багаторівневу систему, яка крім розрахунку результативного показника дозволяє здійснювати оцінювання груп факторів, за якими розподілені пояснюючі змінні. Так, наприклад, в економіко-математичній моделі аналізу конкурентоспроможності компанії [13] крім визначення рівня конкурентоспроможності розроблена система дозволяє цілеспрямовано здійснювати аналіз фінансового, виробничого станів та рівня менеджменту підприємства. З цією метою необхідно сформулювати базу правил прийняття рішень щодо визначення рівня кожної з груп показників на основі притаманних цій групі пояснюючих змінних, а також загальну базу правил розрахунку результативного показника на основі значень груп показників. Групи показників поєднуються із пояснюючими та пояснювальною змінними за допомогою міжнейронних зв'язків шляхом побудови неповнозв'язної ієрархічної нейронної мережі.

За подібним принципом (на основі синтезу методів теорії нечіткої логіки та нейронних мереж) авторами цієї статті було побудовано також багаторівневі ієрархічні системи оцінювання кредитоспроможності [14] та аналізу фінансового стану підприємства [15].

При проведенні модельних експериментів на підґрунті розроблених нейро-нечітких систем ми дійшли низки висновків щодо особливостей функціонування як моделей на нечіткій логіці, так і на нейронних мережах (їх оптимальної конфігурації, параметрів функцій належності та активації тощо), які викладемо далі у вигляді конкретних практичних рекомендацій.

Найефективнішою економіко-математична модель виявляється за умови, коли кількість пояснюючих змінних знаходиться в межах від п'яти до семи (деякі дослідники вказують на оптимальну кількість входів моделі 7 ± 2 [16]). Якщо ж виникає необхідність врахування значно більшої кількості факторів, то доречно модель зробити ієрархічною і пояснюючі змінні розподілити за різними узагальнюючими групами показників.

За приблизно однакових результатів моделювання (точності відтворення вихідної статистики, прогнозування на незалежній тестовій вибірці та стійкості результатів прогнозування на різних вибірках) необхідно вибирати ту економіко-математичну модель, яка має більш просту структуру.

Обов'язково необхідно відстежувати, щоби кількість параметрів моделі (нейронних зв'язків у сумі з нульовим параметром суматорів та параметрів функцій активації нейронів (за наявності) для нейронних мереж, чи параметрів функцій належності у сумі з ваговими коефіцієнтами правил прийняття рішень (за наявності) для моделей на нечіткій логіці) була меншою за обсяг навчальної вибірки. Хоча для коректного налаштування економіко-математичної моделі достатньо, щоби обсяг статистичної вибірки був на одне спостереження більший за кількість параметрів моделі, все таки, модель буде більш стійкою, якщо статистика буде хоча б утричі більшою.

При моделюванні на підґрунті кількісних змінних із застосуванням нейронних мереж значення показників мають бути переведені у відносну форму або нормалізовані, щоби характеризуватись приблизно одною розмірністю. Причому це стосується як значень вхідних змінних, так і вихідного показника. І тут навіть не важливо, що при переході від абсолютних до відносних значень може бути втрачена значимість кореляційного зв'язку між вхідними та вихідною змінними (це зазвичай відбувається для економічних часових рядів, особливо на тривалих часових інтервалах). У будь-якому випадку точність відтворення вихідного показника має суттєво підвищитись, оскільки після налаштування на реальних даних розмірності в параметрах системи не будуть мати суттєвих перекосів у числовому вимірюванні (і це забезпечить уникнення нейронною мережею екстремальної поведінки).

Якщо вихідний показник нейромережевої моделі приймає значення в інтервалі від 0 до 1 (або від -1 до 1), то для нейрону вихідного шару доречно застосовувати сигмоїдні або лінійні з обмеженнями по осі ординат функції активації. Якщо значення

виходу будуть лише значення -1 , 0 , 1 , то доречно використовувати крокові функції активації. Якщо вихідна змінна не обмежується, то доцільним є застосування лінійної функції активації — коли вихід нейрону вихідного шару дорівнюватиме розрахунку на його суматорі.

У нейро-нечітких моделях функції належності мають бути диференційованими з кількох причин. По-перше, суттєво зменшується похибка відтворення вихідного показника на основі пояснюючих змінних моделі (оскільки у підґрунті найбільш точних методів навчання моделі знаходиться градієнтний підхід). Таким чином вдається значно підвищити ефективність розрахунку складних нелінійних функціональних залежностей. По-друге, за умови використання лінійних функцій належності (трапецієподібної, трикутної) у разі, якщо поточна комбінація змінних, що подається на входи системи, не точно відповідає встановленому правилу прийняття рішень (тобто, хоча б одна із вхідних змінних не відповідає заданому в правилі терму), тоді значення принаймні одної функції належності прийме нуль. У такому випадку, в результаті здійснення операції мультиплікації дане правило також згенерує нуль на виході незалежно від значень інших пояснюючих змінних. За таких умов найбільш частим значенням розрахунку вихідного показника моделі буде «нуль», що є принципово невірним. Відповідно, щоби уникнути такої ситуації, доцільно застосовувати в нейро-нечіткій моделі диференційовані повільно спадаючі функції належності.

Підкреслимо доцільність встановлення для функцій належності вхідних змінних таких параметрів, за яких ці функції будуть доволі пологими (розтягнутими). Це обумовлюється порядком розрахунку результативного показника, в основі якого знаходиться процедура мультиплікації значень функцій належності вхідних змінних. Відповідно, доцільним є, щоби функції належності всіх вхідних показників не одразу спадали до нуля, оскільки в іншому випадку результатом обчислень за усіма логічними правилами на виході системи здебільшого буде саме «нуль». Варто зазначити, що зазвичай у результаті проведення налаштування параметрів нейро-нечітких моделей функції належності дійсно стають дуже розтягнутими.

Оскільки для розрахунку вихідного показника моделі важливою є комбінація всіх відібраних вхідних факторів, а не найменше значення функції належності одного з них до представленого в логічному правилі терму, то значення функції належності по кожному правилу доречно розраховувати шляхом мультиплікації

функцій належності всіх вхідних змінних. А для знаходження функцій належності вихідної змінної по кожному її терму доцільно застосувати операцію максимізації. Це обумовлюється тим, що при побудові моделі на нечіткій логіці для кожного терму вихідної змінної зазвичай формується різна кількість вирішальних правил. Якщо же поводити сумування функцій належності всіх таких правил, то найбільше значення функції належності вихідної змінної частіше за все буде у того терму, який описується більшою кількістю правил. При застосуванні операції максимізації такого недоліку вдається уникнути. Отже, значення функції належності по кожному правилу пропонуємо розраховувати шляхом добутку функцій належності всіх вхідних змінних, а для знаходження функцій належності вихідної змінної по кожному її терму застосовувати операцію максимізації:

$$Y = \arg \max_{p=1, k_j, j=1, m} \left\{ w_p^{d_j} \prod_{i=1}^n \mu^{a_i^{jp}}(X_i) \right\}, \quad (1)$$

де $w_p^{d_j}$ — ваговий коефіцієнт p -го правила, $p = \overline{1, k_j}$, для терму d_j вихідної змінної Y (є характеристикою суб'єктивної міри впевненості експерта в цьому правилі і може приймати значення від 0 до 1. Перед проведенням оптимізації параметрів системи всі ваги правил прирівнюються до одиниці);

k_j — кількість правил у базі знань, що відповідають j -му значенню вихідної змінної Y ;

$\mu^{a_i^{jp}}(X_i)$ — функція належності вхідної змінної X_i лінгвістичному терму a_i^{jp} ;

m — кількість значень вихідної змінної Y ;

n — кількість пояснюючих змінних моделі.

Аналіз результатів проведених експериментів із використанням нейро-нечітких систем, побудованих із урахуванням наведених висновків та пропозицій, демонструє їх високу ефективність у порівнянні з існуючими на сьогодні альтернативними підходами та підтверджує доцільність застосування такого математичного інструментарію для побудови економіко-математичних моделей.

Таким чином, узагальнюючи викладене вище зазначимо, що нейро-нечіткі системи є універсальним відтворювачем складних нелінійних залежностей, що з успіхом можуть бути застосовані для розв'язання таких економічних задач, як аналіз, прогнозування, класифікація тощо. Подібний математичний інструментарій

надає можливість здійснювати моделювання будь-яких соціально-економічних систем, навіть таких, для яких відсутня яка-небудь повноцінна статистика, або ж у разі, коли серед інформативних чинників є лише якісні показники. Обраний інструментарій дозволяє у розрахунках поряд із кількісними фінансовими показниками враховувати ще й якісні експертно-аналітичні оцінки даних та встановлені правила прийняття рішень. Крім того, нейро-нечітким моделям властива можливість адаптації до мінливих умов економіки, що особливо важливо для молодих ринків, які активно розвиваються, зокрема, українського.

Література

1. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. — Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. — 320 с.
2. Вітлінський В. В., Матвійчук А. В. Зміна парадигми в сучасній теорії економіко-математичного моделювання // Економіка України. — 2007. — № 11. — С. 35—43.
3. Матвійчук А. В. Моделювання економічних процесів із застосуванням методів нечіткої логіки: Монографія. — К.: КНЕУ, 2007. — 264 с.
4. Andriy Matviychuk. Fuzzy logic approach to identification and forecasting of financial time series using Elliott wave theory // Fuzzy economic review. — 2006.— November. — Vol. XI. — Num. 2. — P. 51—68.
5. Матвійчук А. В. Нечеткая идентификация и прогнозирование финансовых временных рядов // Экономическая наука современной России. — 2006. — № 3 (34). — С. 29—44.
6. Матвійчук А. В. Нечітке моделювання динаміки фінансових показників із різними видами функцій належності // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — К.: КНЕУ, 2006. — Вип. 73. — С. 54—67.
7. Матвійчук А. В. Прогнозування розвитку фінансових показників із використанням апарату нечіткої логіки // Фінанси України. — 2006. — № 1. — С. 107—115.
8. Матвійчук А. В. Діагностика банкрутства підприємств // Економіка України. — 2007. — № 4. — С. 20—28.
9. Матвійчук А. В. Методологічний підхід до комплексного фінансового аналізу підприємства на підґрунті теорії нечіткої логіки // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — К.: КНЕУ, 2007. — Вип. 76. — С. 30—47.
10. Матвійчук А. В. Метод відтворення рейтингів цінних паперів та проведення скорингу акцій // Фінанси України. — 2006. — № 10. — С. 105—115.

11. *Матвійчук А. В.* Аналіз ризику несплати податків із застосуванням методів нечіткої логіки // Науковий вісник Національної академії державної податкової служби України. — 2005. — № 3 (30). — С. 138—145.
12. *Матвійчук А. В.* Методологічний підхід до оцінки ризику ухилення від сплати податків // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — К.: КНЕУ, 2007. — Вип. 75. — С. 196—212.
13. *Матвійчук А. В.* Багаторівнева система оцінки конкурентоспроможності підприємств // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна. — 2004. — Вип. 82. — С. 117—125.
14. *Вітлінський В. В., Матвійчук А. В.* Аналіз кредитоспроможності позичальника з використанням методів нечіткої логіки // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — К.: КНЕУ, 2005. — Вип. 72. — С. 29—40.
15. *Сметанюк О. А., Матвійчук А. В.* Діагностика фінансового стану підприємства із застосуванням інструментарію нечіткої логіки // Фінанси України. — 2007. — № 12. — С. 115—128.
16. *Miller G. A.* The Magic Number Seven Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information // Psychological Review.— 1956.— № 63. — P. 81—97.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

УДК 004.8:334

С. В. Устенко, канд. техн. наук, доц.,
О. П. Степаненко, канд. екон. наук, доц.,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ОРГАНІЗАЦІЯХ

АНОТАЦІЯ. Визначено актуальність розроблення і впровадження сучасних інформаційних систем управління організаціями, які спираються на прогресивні інформаційні технології. Запропоновано шляхи вдосконалення управління організаціями за рахунок упровадження інтелектуальних систем прийняття рішень. Обґрунтовується вибір інтелектуальних систем прийняття рішень як найкращого варіанту інформаційної підтримки управління органами державного управління.

ANNOTATION. Actuality of modern information systems and progressive technologies of organization's management development and introduction is determined. The ways of perfection of organization's management due to the using of the intellectual decision support systems are offered. The choice of intellectual decision support system are ground as the best variant of the information support of government organization's management.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Інтелектуальна система прийняття рішень, інформаційні технології, організація, органи державного управління.

Важливе значення при управлінні будь-якою організацією мають інформаційні системи і технології, які безпосередньо впливають на його ефективність.

Інформаційні технології надають організаціям засоби для забезпечення різноманітних типів зв'язків для швидкого збору, реєстрації та актуалізації інформації, проведення багатомірного аналізу для оброблення даних і підтримки прийняття ефективних управлінських рішень. Особливого значення застосування інформаційних технологій набуває у великих організаціях і органах державного управління, де створені на їх основі інформаційні системи дозволяють істотно підвищити конкурентоспроможність за рахунок забезпечення ефективної роботи з інформацією, а також створення гнучких управлінських механізмів роботи таких установ [1—3].

Існує думка, що для забезпечення потреб управління великими організаціями та державними установами необхідно використовувати системи підтримки прийняття рішень [2, 5, 9]. Проведене дослідження сучасного стану автоматизації великих організацій і органів державного управління показало, що діючі системи підтримки прийняття рішень неспроможні забезпечити ефективне функціонування в таких установах. Це пов'язано з тим, що ці установи мають особливі потреби автоматизації обліку, оформлення звітності, забезпечення високого рівня надійності, несуперечливості інформації, а головне — можливості підтримки прийняття рішень в умовах глобалізації та швидкоплинних змін економічного середовища. Саме глобалізація суспільних процесів, активна інтеграція України в світову економічну систему, що породжує нестабільність умов функціонування великих організацій, зумовлює необхідність використання сучасних інформаційних систем і технологій як основного фактору підвищення конкурентоспроможності таких організацій у світовому економічному просторі [3, 4]. Для вирішення цієї проблеми пропонується використовувати інтелектуальні компоненти в системах підтримки прийняття рішень, що підсилить функціональність останніх та підвищить ефективність функціонування великих організацій у цілому.

Великі організації й органи державного управління мають потребу в забезпеченні сучасними інформаційними технологіями підтримки управлінської діяльності й впровадження сучасних інтелектуальних систем прийняття рішень. Але, як свідчить практика, більшість таких організацій впроваджують автоматизовані системи, які здійснюють лише інформаційну й технічну підтрим-

ку внутрішніх дій та транзакцій. Автоматизовані системи, спрямовані на підтримку управління організаціями, можна умовно поділити на системи типу Operational-level systems (системи операційного рівня), які концентрують і обробляють внутрішню інформацію, яку отримують з різних підрозділів і філій організацій, і системи типу Management-level systems (системи управлінського рівня), які призначені для моніторингу, контролю, допомоги в прийнятті рішень і виконанні адміністративних функцій керівниками середньої ланки організації [5, 6]. Для підтримки діяльності вищих керівників (топ-менеджменту), деякі з організацій впроваджують інформаційні системи типу Knowledge-level systems (системи зберігання і оброблення знань). Для забезпечення інформаційної підтримки стратегічного управління організації або підприємства необхідно використовувати системи типу Strategic-level systems (стратегічні системи), які мають допомогти вищим керівникам вирішувати питання стратегії та займатися довгостроковим плануванням [6, 7]. Особливістю стратегічних систем є активне використання методів інтелектуального оброблення інформації, сучасних математичних моделей і алгоритмів, які дозволяють ефективно долати проблеми неповноти даних, здійснювати довгострокове прогнозування високої точності, працювати з нечіткою інформацією. Отже, впровадження сучасних інформаційних систем з інтелектуальними компонентами в організаціях є актуальним [3, 4].

На жаль, сьогодні вітчизняні організації майже не використовують інтелектуальні системи прийняття рішень у своїй діяльності. В той же час досвід підприємств, що використовують такі системи (наприклад, Expert Choice, PLEXSYS, Visual IFPS/Plus, Advanced Scout), свідчить про високу ефективність таких систем [3, 8].

Основним елементом інтелектуальних систем прийняття рішень є підтримка прийняття стратегічних управлінських рішень. Оскільки від виваженості управлінських рішень, що приймаються, залежить ефективність стратегічного управління організацією, а отже, і управління організацією в цілому, тим більш доцільним є запровадження інтелектуальних систем прийняття рішень у практику діяльності організацій [4, 9].

Інтелектуальна система прийняття рішень являє собою людино-машинну систему, яка спрямована на підтримку вирішення нестандартних проблем, які потребують точних суджень, оцінок і певної інтуїції, оскільки стандартних процедур їх вирішення не існує. Інтелектуальні системи прийняття рішень (ІСПР) форму-

ють загальне комп'ютерне обчислювальне й комунікаційне середовище, більш багату потенційними можливостями, ніж будь-яка окрема прикладна програма. Інтелектуальні системи прийняття рішень розроблюються таким чином, щоб вони мали змогу групувати дані по всіх зовнішніх подіях (змінах у законодавстві, появі нових конкурентів, подіях на світовому ринку тощо) й отримувати дані від внутрішніх систем організації (автоматизованої системи управління організацією, окремих прикладних програм тощо). ІСПР фільтрують, концентрують і відслідковують усі «критичні» значення даних, тим самим дозволяючи скоротити зусилля і час для отримання інформації, корисної для керівників організації. Такі системи використовують у процесі своєї роботи найдосконаліші графічні програми і можуть надавати діаграми, схеми, графіки з різних джерел безпосередньо на робочі місця вищих керівників організації.

На відміну від інших типів інформаційних систем інтелектуальні системи прийняття рішень не проєктуються під рішення певних проблемних ситуацій, а надають обчислювальні і комунікаційні засоби та потужності, які можуть бути використані для прийняття управлінських рішень будь-якої складності.

Інтелектуальні системи прийняття рішень допомагають організації в досягненні цілей, поставлених при довгостроковому інвестуванні, здійснюють довгострокове прогнозування стану організації. На управлінському рівні ІСПР допомагають керівникам бачити цілісну картину і контролювати ресурси організації. Базис знань надають користувачам аналітичні інструменти для отримання максимального прибутку від діяльності організації.

Проблеми прийняття рішень в управлінні великою організацією є, в більшості, унікальними. Разом з цим їм притаманні наступні загальні властивості: неповторність ситуацій вибору; недостатня визначеність наслідків дій; складний для оцінювання характер альтернатив; наявність різноманітних факторів, що впливають на рішення, що приймається; наявність особи або групи осіб, відповідальних за прийняття рішень.

Вищі керівники організації (особи, що приймають рішення), приймаючи рішення, все більше стикаються зі складністю вибору і з необхідністю розгляду множини альтернативних варіантів дій. Для оцінювання варіантів використовуються знання фахівців, складні аналітичні розрахунки, наукові дослідження, засоби сучасних інформаційних технологій. Отже, видається доцільним використання інтелектуальних систем підтримки прийняття рі-

шень в організаціях, які нададуть можливість керівникам організації здійснювати ефективне управління за певними напрямками діяльності організації, здійснювати координацію їх діяльності, швидко знаходити інформацію про зміни внутрішнього стану організації та зміни, які відбуваються в зовнішньому економічному середовищі, відслідковувати тенденції, мати їх зручне відображення, а також оцінювати ефективність управлінських рішень [1, 2]. Така система базується на досягненнях в області штучного інтелекту і реалізує наступні функції:

- виявлення та формалізація переваг осіб, що приймають рішення (ОПР);

- обробка ситуацій недостатності і суперечливості вихідних даних;

- багатокритеріальне порівняння варіантів в умовах визначеності, ризику та невизначеності умов функціонування підприємства (його структурних елементів);

- обґрунтування результатів порівняння варіантів у діалозі з ОПР;

- аналіз стійкості ранжування варіантів;

- знаходження відповідного класу проблемних ситуацій і застосування відповідних моделей і методів управління до проблеми, яку було діагностовано на підприємстві;

- автоматична побудова плану розрахунків;

- автоматична реалізація обраного плану розрахунків;

- інтерпретація отриманого результату на мові, близької до природної.

Загальна схема вибору й прийняття управлінського рішення подана на рис. 1.

Зауважимо, що прийняття управлінського рішення є динамічним процесом. Особи, що приймають рішення, стикаються з проблемами пошуку інформації, із затримкою зворотного зв'язку стосовно результатів пошуку, неоднозначністю та неструктурованістю отриманих результатів [3, 5]. Сучасні методи оброблення інформації дозволяють вирішити ці проблеми, тому їх необхідно включати до складу інтелектуальних систем прийняття рішень. Так, останнім часом стають все популярнішими засоби штучного інтелекту [1, 2, 8]. До них відносяться: експертні системи, системи візуалізації, системи з навчання, оброблення природною мовою, роботи, програмні агенти, нейромережі, апаратні засоби штучного інтелекту.

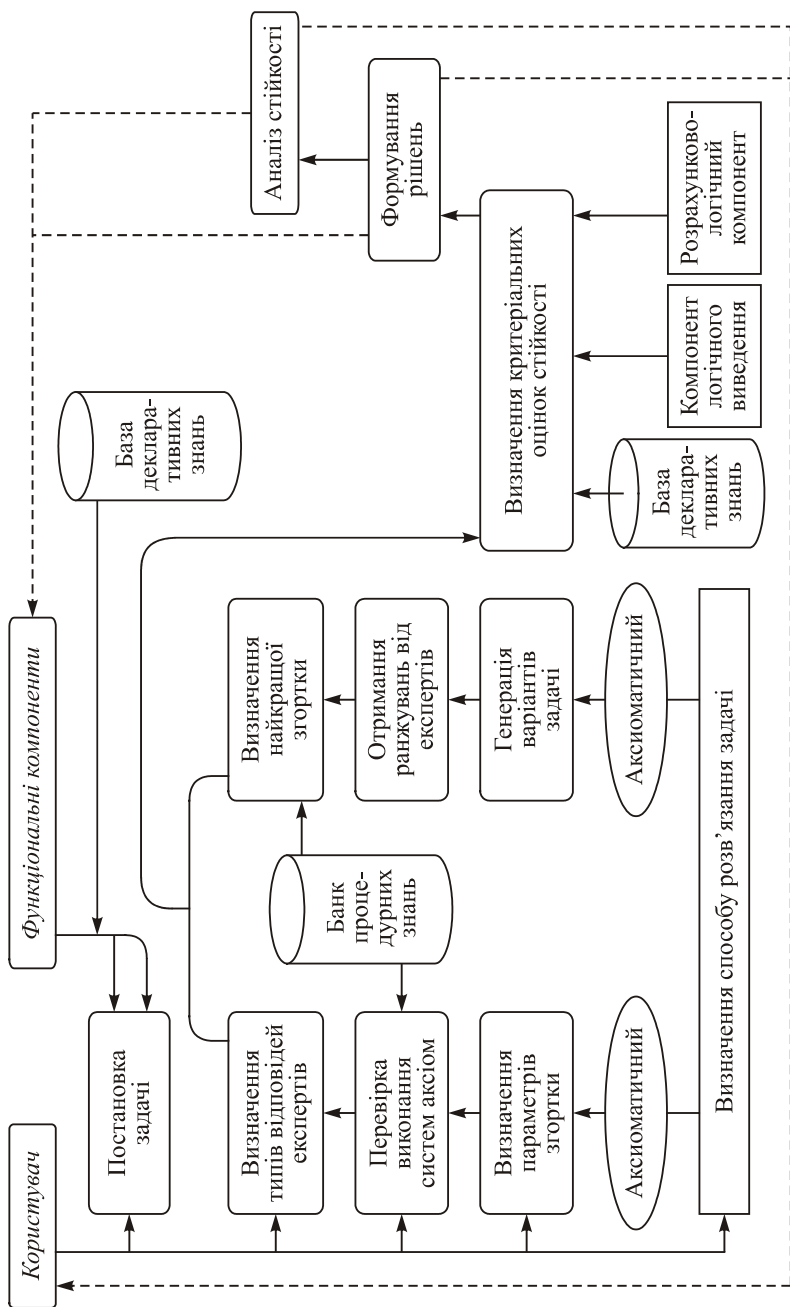


Рис. 1. Загальна схема вибору й прийняття управлінського рішення в інтелектуальній системі підтримки прийняття рішень

Особливістю інтелектуальних систем прийняття рішень є робота зі знаннями. Під знаннями в інтелектуальній системі прийняття рішень розуміємо сукупність відомостей, які утворюють цілісний опис, що відповідає певному рівню інформованості щодо певного процесу, предмету тощо. Залежно від типу нагромадження і використання в базі знань знання поділяються на декларативні (безпосередньо доступні для використання після звертання до відповідного поля пам'яті), процедурні (описи процедур, за якими можна отримати знання) та евристичні (неформальні знання про певну предметну область). Для підтримки управління організацією важливе значення мають евристичні знання. Це пов'язано з особливостями управління прибутком організації, яке полягає в знаходженні оптимальної пропорції в розподілі прибутку. А вирішення цієї задачі залежить не лише від використання строгих формальних прийомів, математичних моделей і алгоритмів, а значною мірою спирається на досвід вирішення цієї задачі керівниками організації.

Для створення ІСПР необхідно дотримуватись однорідного і зрозумілого подання знань для спрощення управління логічними висновками і управління знаннями.

Подання знань може бути організовано у вигляді однієї з основних чотирьох моделей опису знань або їх комбінації (гібридні моделі):

- логічна модель (основа — формальний опис логічною мовою структури об'єкту);

- фреймова модель (рекурсивне подання знань, в основу яких покладені фрейми);

- продукційна модель (на основі правил — продукцій);

- семантичні мережі (граф, де вершинами є одиниці інформації, а дуги характеризують зв'язки між ними).

Дослідження показало, що для задачі створення інтелектуальної системи прийняття рішень в області державного управління підходять логічна модель опису знань і модель на основі семантичних мереж. Тому в цьому випадку вважаємо доцільним використовувати гібридну модель представлення знань, яка будується на основі вказаних двох основних моделей.

Пропонується розроблення інтелектуальної системи прийняття рішень за наступною схемою: визначення потреб організації (органу державного управління), дослідження існуючої автоматизованої системи управління, проектування, створення бази знань, програмування, наповнення інформаційної системи правилами

виведення, впровадження інтелектуальної системи прийняття рішень в організації.

Інтелектуальна система прийняття рішень для управління організацією, побудована за такою схемою, дозволяє приймати оптимальні стратегічні рішення, орієнтована на досягнення конкретних результатів, дозволяє пов'язати стратегічні управлінські рішення з оперативним управлінням організацією, забезпечує взаємозв'язок між факторами, які вплинули на отримання стратегічного управлінського рішення та цілями діяльності організації, мінімізує ризики, пов'язані з наслідками прийнятих стратегічних управлінських рішень з управління організаціями.

Література

1. Лодон Дж., Лодон К. Управление информационными системами: 7-е изд. / Пер. с англ. под ред. Д. Р. Трутнева. — СПб.: Питер, 2005. — 912 с.
2. Тронин Ю. Н. Информационные системы и технологии в бизнесе. — М.: Альфа-Пресс, 2005. — 236 с.
3. Степаненко О. П., Мейтус В. Ю. Моделювання та інформаційні технології підтримки процесів прийняття рішень у фінансовому управлінні комерційним банком / Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України» (22—23 листопада 2007 р.): У 2-х т. — Т. 1. — Суми: УАБС НБУ, 2007. — С. 152—154.
4. Степаненко О. П. Сучасний підхід до інформаційної підтримки банківської діяльності / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Забезпечення сталого розвитку банківської діяльності» (11 жовтня 2007 р.) — К.: КНЕУ, 2007. — С. 256—258.
5. Романов А. Н., Одинцов Б. Е. Советующие информационные системы в экономике. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. — 487 с.
6. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень: Навч. посіб. — К.: КНЕУ, 2004. — 614 с.
7. Годин В. В., Корнеев И. К. Управление информационными ресурсами. — М.: ИНФРА-М, 1999. — 432 с.
8. Джексон П. Введение в экспертные системы. Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. — 624 с.
9. Морозов А. О., Косолапов В. Л. Інформаційно-аналітичні технології підтримки прийняття рішень на основі регіонального соціально-економічного моніторингу. — К.: Наукова книга, 2002. — 232 с.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

П. І. Верченко, канд. фіз.-мат. наук, доц.,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНІ МОДЕЛІ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

АНОТАЦІЯ. Розглянуто підхід до обґрунтування прийняття рішень в умовах невизначеності, конфлікту та зумовленого ними ризику, відомий як багатоцільова багатокритеріальна задача. Запропоновано критерій оптимальності, який автор трактує як критерій мінімальної схильності до ризику. Розглянуто багатоцільову багатокритеріальну задачу як ефективний інструмент в інтелектуальних системах прийняття рішень.

ANNOTATION. This article describes modern business-planning techniques and their main disadvantages. It is offered methodological approach to business planning process oriented to concept of creating and using multi-goaled and multi-criterion model which takes into consideration significant lacks in existing models. This approach allows decreasing external and internal project risks on all planning stages and improving the potential of existing business.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Багатокритеріальний, багатоцільовий, рішення, принцип оптимальності, неохочість до ризику, ієрархічна модель, інтерактивна система.

Проблема множинності цілей, багатокритеріальності у процесі вибору, оцінюванні, ранжуванні, управлінні економічними системами утвердилася як одне з ключових питань сучасного системного аналізу. Ця проблема виокремилася у самостійний науковий напрямок — багатоцільову (багатокритеріальну) оптимізацію і її дослідженню присвячена велика кількість наукових праць, зокрема [1—3].

У науковій літературі проблема багатоцільового оптимуму вперше виникла у формі оптимуму Парето (в економічних дослідженнях Парето, Вальраса та ін.), у формі парадоксу Ерроу (при узгодженні індивідуальних переваг у матричних іграх) та у формі парадоксу Кондорсе—Дебре щодо нерозв'язності процедури голосування (при виборі однієї кандидатури з трьох можливих A, B, C , якщо в результаті попарного порівняння мають місце співвідношення пріоритету $A \succ B, B \succ C, C \succ A$).

В економіко-математичних дослідженнях домінуючою є концепція, згідно з якою ціль — це основний (бажаний) напрямок розвитку економічної системи, оскільки цей підхід дозволяє порівнювати між собою різні варіанти управлінських рішень. Такий

підхід до поняття цілі (а також — ціленаправленості) був розвинутий на початку 40-х років XX ст. А. Розенблютом, Н. Вінером та Д. Бігелоу. У статті «Поведінка, ціленаправленість та телеологія» вони відмічають [4]: «... Термін ціленаправленість означає, що дія чи поведінка допускає тлумачення як направлена на досягнення певної цілі, тобто певного кінцевого стану, у разі досягнення якого об'єкт вступає у певний зв'язок у просторі або в часі з певним іншим об'єктом чи подією...».

Зазначимо, що згідно з Н. Вінером розуміння цілі та ціленаправленості економічної системи може базуватися лише на основі її поведінки і ніяк не пов'язане з наявністю у неї свідомості. Вибираючи таку точку зору, як ціленаправлену будемо вважати таку (економічну) систему, поведінка якої виявляє направленість на певний результат. Тобто, ціленаправлена (економічна) система веде себе так, начебто вона переслідує певну ціль, а чи зумовлена справді ця направленість свідомою ціллю системи чи просто її структурною організацією — це інше питання.

Приписування ж цілі (навіть у разі, коли система явно не може мати усвідомленої цілі) є зручним та важливим з методологічної точки зору засобом щодо вивчення її поведінки. Своєю чергою, існування глобальної цілі економічної системи у «чистому» вигляді є дещо суперечливим, а то й просто заперечується. Зазвичай вона розглядається як свого роду синтез локальних цілей. Більш того, можна стверджувати, що множинність цілей економічних систем має об'єктивний характер. Так, приміром, коли вважати, що ціль торговельного підприємства — це забезпечення його стабільного функціонування, то цього можна добитися шляхом досягнення таких підцілей: достатньо високого рівня рентабельності підприємства, стабілізації його прибутків, забезпечення високого рівня коефіцієнта оборотання оборотних засобів тощо.

Зазвичай, формалізація цілі в математичних моделях обґрунтування прийняття рішень полягає у побудові цільової функції, тобто такої функції, яка для кожного можливого результату щодо функціонування економічної системи (значень відповідних економічних показників) кількісно оцінює його «корисність» або цінність для суб'єкта обґрунтування прийняття рішення (СОПР). Зазначимо, що у разі існування цільової функції для економічної системи їй притаманний (як кращий варіант) випадковий характер.

Але, як показує практика, таку функцію можна ввести далеко не завжди. Більш того, вона може й не існувати в явному вигляді. Виходом у цьому разі може слугувати введення до розгляду якісної цілі, яка характеризується тим, що будь-який результат або

повністю задовольняє поставленій цілі, або ж повністю їй не задовольняє. Вона не вказує, на скільки (чи у скільки разів) один результат кращий за інші, а вказує лише, який результат кращий, а який — гірший.

Такий спосіб задавання цілі слід розглядати не як її кінцевий варіант, а лише як певний етап (рівень ієрархії) у процесі її відображення. За цим етапом можливі й інші етапи (рівні ієрархії), які сприяють її уточненню, спрощенню, аж до моменту, коли для отриманих підцілей (або частини з них) стає можливою побудова адекватних моделей — цільових функцій.

Дехто з авторів (приміром, [1]) на цьому етапі моделювання вводять до розгляду термін «цільовий критерій» або просто — «критерій». Як наслідок, їх моделі отримали назву багатокритеріальних. Інші автори (приміром, [2, 5]) надали перевагу таким термінам, як цільовий показник, цільовий функціонал, оцінюючий функціонал, цільова функція тощо і схильні називати такого роду моделі багатоцільовими.

Формально багатоцільова задача обґрунтування рішення суб'єктом господарювання набуває вигляду

$$f(s_{k_0}) = \underset{s \in S}{\text{opt}} f(s),$$

де $f(s) = \{f(s; r) : r \in R\}$, S — множина рішень (стратегій) СОПР, R — множина параметрів, що ідентифікують цільові функції. У разі, коли $R = \{r_0\}$, задача обґрунтування прийняття рішень набуває статусу одноцільової (з одним скалярним цільовим показником); якщо ж $R = I\{1; 2; \dots; L < \infty\}$, то має місце багатоцільова задача, яку можна трактувати як задачу векторної оптимізації. Зазначимо, що задачі більшої складності (приміром, динамічні) вимагають введення у функції $f(s; r)$ ще однієї змінної — x , яка інтерпретується як стан економічної системи [5].

З математичної точки зору багатоцільова задача оптимізації є некоректною, оскільки досягнення оптимуму багатоцільовим показником $f(s)$, $s \in S$, неможливе у тому сенсі, що у разі, коли елемент $s_{k_0} \in S$ вибраний за умови досягнення оптимуму якимсь з компонентів $f(s; r_0)$, $r_0 \in R$, багатоцільового показника $f(s)$, зазвичай не залишається можливості для оптимізації решти його компонент. Зазначене вказує на те, що постановка задачі обґрунтування прийняття рішень (власне, проблема оптимізації багатоцільових показників) вимагає уточнення. Таке уточнення здійснюється шляхом введення правила, що вказує, в якому сенсі тре-

ба розуміти оптимум багатоцільового показника. Це правило називають принципом оптимальності (власне, принципом вибору рішення задачі багатоцільової оптимізації).

Принагідно відмітимо, що основні системи аксіом щодо принципів оптимальності сформульовані Ерроу, Сеном, Нешем, Мілнером та Гурвіцем. Детальний аналіз цих принципів, їх взаємодоповнення, розвиток тощо наведено в [3].

Як зазначається в [1, 2, 5, 6], прикладні задачі обґрунтування прийняття рішень в економіці та підприємстві вимагають урахування в математичній моделі чинника невизначеності, який притаманний економічному середовищу. Якщо через Θ позначити множину станів, яких може набувати економічне середовище, то математична модель багатоцільової задачі обґрунтування прийняття рішень в умовах невизначеності буде визначатися трійкою множин $\{S; \Theta; f(S; \Theta; R)\}$, де $f(S; \Theta; R) = \{f(s; \theta; r) : s \in S; \theta \in \Theta; r \in R\}$. У разі, коли $S = \{s_k : k = 1, \dots, K\}$, $\Theta = \{\theta_j : j = 1, \dots, J\}$, $R = I = \{\ell : \ell = 1, \dots, L\}$ і тоді $f(S; \Theta; R) = \{f^\ell(S; \Theta), \ell = 1, \dots, L\}$, де $f^\ell(S; \Theta) = \{f^\ell(s_k; \theta_j) : s_k \in S; \theta_j \in \Theta\}$, задача набуває дискретного характеру, яку, власне, ми далі й будемо розглядати.

За наявності випадкового чинника до проблем, зазначених раніше, додається ще одна — визначення множини критеріїв $E = (e_n : n = 1, \dots, N)$: для оцінювання ступеню ризику (як векторної величини [5, 6]) критеріїв $e_n = e_n^-$, $n = 1, \dots, n'$, тобто величин, що мають від'ємний інгредієнт, та для оцінювання очікуваної ефективності рішень $e_n = e_n^+$, $n = n' + 1, \dots, N$, тобто величин, що мають додатний інгредієнт (у наукових джерелах зазначені критерії часто трактуються як критерії згортки [3, 6]). Відмітимо, що для кожної з виділених цілей існує (може використовуватися) своя множина критеріїв кількісного оцінювання ступеню ризику та очікуваної ефективності. У цьому разі обґрунтування прийняття рішень здійснюється в умовах невизначеності, конфлікту та зумовленого ними ризику з позиції багатьох цілей та з використанням багатьох критеріїв. Сама ж задача набуває статусу багатоцільової багатокритеріальної (БЦ БК) задачі обґрунтування прийняття рішень [5, 6].

Аналіз БЦ БК підходу до обґрунтування прийняття рішень (а також оцінювання ступеню ризику) породжує низку проблем як математичного, так і концептуального рівня [5—7]. Як вже зазначалося, до математичних проблем, насамперед, відноситься адаптація відомих та створення нових принципів оптимальності, а також реалізація обчислювальних операцій. До концептуальних

проблем — вибір принципу оптимальності, способу нормалізації інформації, методу побудови та врахування пріоритету цільових функцій, критеріїв та інформаційних ситуацій [7]. Принагідно відмітимо, що проблемам першого виду притаманний об'єктивний характер, а проблемам другого виду — суб'єктивний, оскільки їх розв'язання вимагає безпосередньої участі людини (так званий — інтерактивний метод).

Як один з критеріїв оптимальності для розв'язання БЦ БК задач обґрунтування прийняття рішень в умовах невизначеності, конфлікту та зумовленого ними ризику пропонується використувати критерій мінімальної схильності до ризику суб'єкта господарювання. Сутність його полягає в такому. Для кожної оцінки ступеню ризику $e_n^-(f^\ell(s; \Theta))$, $n=1, \dots, n'$; $\ell=1, \dots, L$, стратегії $s \in S$ визначається величина λ_n^ℓ , що задовольняє умові

$$\begin{aligned} e_n^-(f^\ell(s; \Theta)) - \min_{\tilde{s} \in S} e_n^-(f^\ell(\tilde{s}; \Theta)) = \\ = \lambda_n^\ell(s) (\max_{\tilde{s} \in S} e_n^-(f^\ell(\tilde{s}; \Theta)) - \min_{\tilde{s} \in S} e_n^-(f^\ell(\tilde{s}; \Theta))), \end{aligned} \quad (1)$$

де $\lambda_n^\ell(s) \in [0; 1]$. Для кожного фіксованого номера n критерію оцінки ступеню ризику величину $\lambda_n^\ell(s)$ можна трактувати у разі вибору стратегії $s \in S$ як ступінь досягнення мінімуму по n -й компоненті багатокритеріального показника $E(\cdot)$. З іншої сторони, якщо (1) представити у вигляді

$$e_n^-(f^\ell(s; \Theta)) = \lambda_n^\ell(s) \max_{\tilde{s} \in S} e_n^-(f^\ell(\tilde{s}; \Theta)) + (1 - \lambda_n^\ell(s)) \min_{\tilde{s} \in S} e_n^-(f^\ell(\tilde{s}; \Theta)),$$

то, як зазначається в [7], величину $\lambda_n^\ell(s)$ для кожного фіксованого критерію та кожної фіксованої цілі можна трактувати у разі вибору стратегії $s \in S$ як коефіцієнт несхильності до ризику. Власне, чим менше значення параметра $\lambda_n^\ell(s)$, тим менш схильним до ризику вважається суб'єкт господарювання.

За наявності критеріальних оцінок з додатним інгредієнтом ($n = n' + 1, \dots, N$) викладки будуть аналогічними, якщо для цих оцінок попередньо інгредієнт на протилежний [7].

Покладемо

$$S_\lambda = \{s \in S : \lambda_n^\ell(s) \leq \lambda, n = 1, \dots, N; \ell = 1, \dots, L\}.$$

Зрозуміло, що вибір певного рівня λ забезпечує для елементів непустиї множини S_λ те, що ступінь досягнення мінімуму по кож-

ній з компонент багатокритеріального показника $E(\cdot)$ є не більшим за λ .

Тепер принцип мінімальної схильності до ризику набуває такого вигляду: необхідно знайти мінімально можливий рівень $\lambda^{\min}$ як розв'язок задачі

$$\lambda^{\min} = \min_{\lambda \in [0;1]} \left\{ \lambda \geq \lambda_n^{\ell}(s) : s \in S_{\lambda}, n = 1, \dots, N; \ell = 1, \dots, L \right\}.$$

Будь-яку стратегію $s_{k_0} \in S$ будемо називати оптимальною згідно з принципом мінімальної схильності до ризику, якщо для неї $\lambda_n^{\ell}(s_{k_0}) \leq \lambda^{\min}$ для всіх $n = 1, \dots, N; \ell = 1, \dots, L$.

До переваг цього критерію оптимальності слід віднести те, що він забезпечує одночасне наближення до мінімуму всіх компонент багатокритеріального показника $E(\cdot)$ з урахуванням усіх цілей суб'єкта господарювання, не використовуючи при цьому ні кількісної, ні якісної інформації щодо пріоритету цілей, критеріїв та інформаційних ситуацій. До недоліків — нестійкість розв'язків щодо початкових умов (неважко показати, що множина цих розв'язків співпадає з множиною Парето-оптимальних розв'язків цієї задачі).

Як альтернативним способом, для відшукування $\lambda^{\min}$ можна скористатися принципом гарантованого результату

$$\lambda^{\min} = \min_{s \in S} \max_{\ell = 1, \dots, L} \max_{n = 1, \dots, N} \lambda_n^{\ell}(s).$$

Власне, принцип мінімальної схильності до ризику можна розглядати, з однієї сторони, як певну інтерпретацію принципу гарантованого результату, з іншої — як самостійний і досить зручний принцип вибору оптимального рішення.

В [5—7] для багатоцільового багатокритеріального обґрунтування прийняття рішень в умовах невизначеності, конфлікту та зумовленого ними ризику, за наявності дворівневої ієрархії цілей (0-ий рівень — рівень глобальної цілі, 1-ий рівень — рівень локальних цілей системи) та необхідності гнучкого врахування пріоритету цілей, критеріїв та інформаційних ситуацій, запропоновано використовувати ієрархічну модель, наведену на рис. 1. Реалізація цієї моделі передбачає наявність репрезентативної статистичної інформації, яка використовується для побудови цільових функціоналів оцінювання F^{ℓ} , $\ell = 1, \dots, L$, і ґрунтується на використанні оператора ZLF — узагальненого оператора згортання L

цільових функціоналів оцінювання F^ℓ ($\ell = 1, \dots, L$), який має ієрархічну структуру. Власне, на першому рівні ієрархії знаходяться (узагальнені) оператори ZF^ℓ , $\ell = 1, \dots, L$, які реалізують згортання функціоналів оцінювання з позиції різних інформаційних ситуацій, на другому рівні ієрархії — оператори ZI_j , $j = 1, 2, \dots$, які реалізують згортання інформації з позиції фіксованої (j -ї) інформаційної ситуації, здійснюючи при цьому нормалізацію інформації, що генерується критеріями оцінювання стратегій (рішень) СОПР.

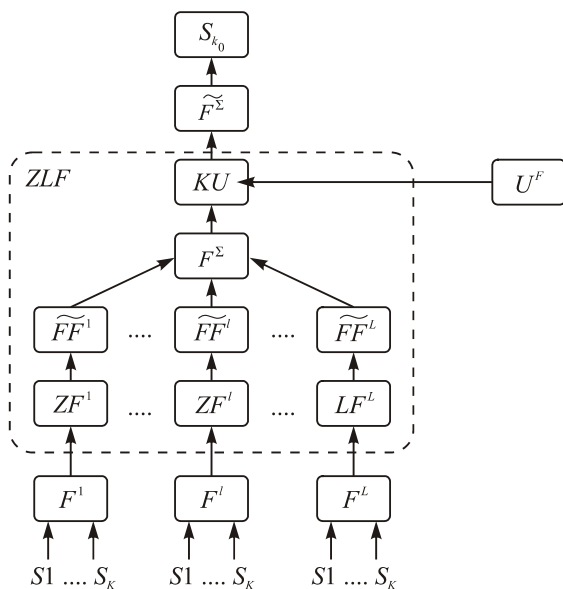


Рис. 1. Структура ієрархічної моделі багатоцільового багатокритеріального обґрунтування прийняття рішень та оцінювання ступеню ризику

В моделі на відповідних рівнях ієрархії використовується інформація щодо пріоритету цілей (функціоналів оцінювання), інформаційних ситуацій та критеріїв, яка зазвичай має суб'єктивний характер. До переваг запропонованої моделі слід віднести її відкритість для подальшого нарощування як по «горизонталі», так і по «вертикалі». До недоліків — обов'язкова наявність репрезентативної статистичної інформації.

Як зазначалось раніше, системи цінностей часто є змінними, суперечливими, що, власне, й породжує багатоцільовість. Більш того, деталізація цінностей СОПР може призвести до побудови багаторівневої ієрархічної структури цілей. У цій структурі цілі, що належать вищим рівням ієрархії, зазвичай вдається сформулювати лише у якісному, вербальному вигляді. І лише для елементів (цілей) нижнього рівня цієї ієрархічної структури можливо (вдається) побудувати відповідні адекватні математичні моделі — функціонали оцінювання (цільові функції). Так у процесі побудови спрощеної моделі, наведеної на рис. 1, робилося допущення, щодо дворівневої деталізації цілей. У разі ж обґрунтування прийняття рішень за наявності багаторівневої ієрархічної структури цілей (кількість рівнів ієрархії більша 2) пропонується здійснювати синтезування статистичної та експертно-аналітичної інформації. У розрізі цієї концепції для аналізу «верхньої» (вербальної) частини моделі пропонується використовувати БЦ БК підхід, в основу якого покладена низка критеріїв обґрунтування рішень на нечітких множинах та використання методу аналізу ієрархій. Отримані проміжкові (компромісні) оцінки використовуються як вагові коефіцієнти пріоритету щодо цілей, які є елементами «нижнього» (статистичного) рівня ієрархії цілей СОПР.

Окрім зазначеного, можливий інший варіант синтезу різномірної інформації, коли паралельно, як окремі процеси, здійснюється обґрунтування прийняття рішень як на підставі статистичної, так і на підставі експертно-аналітичної інформації і лише на завершальній стадії будується узагальнений вектор рейтингів рішень (стратегій) СОПР.

Як зазначає Р. Штойєр [3], майбутнє багатоцільового багатокритеріального обґрунтування рішень у розв'язуванні цих задач з використанням інструментарію штучного інтелекту, власне, в інтерактивному режимі. Інтерактивні процедури характеризуються по чергову зміною етапів обчислень та прийняття рішень. На кожній ітерації для подальших досліджень генерується рішення або група рішень. Після закінчення етапу дослідження СОПР вводить (у разі необхідності) додаткову інформацію у процедуру розв'язання задачі.

Зворотний зв'язок між людиною та моделлю дає можливість СОПР отримати нову інформацію щодо поставленої проблеми. Вона дозволяє СОПР точніше оцінювати діапазон можливостей, що задається множиною допустимих рішень.

Інтерактивні процедури дають можливість для ефективного розподілу функцій між комп'ютером та людиною. Алгоритми,

які реалізують інтерактивні процедури, зазвичай розбивають на такі типи:

- методи звужування множини допустимих розв'язків;
- методи звужування у просторі вагових коефіцієнтів;
- методи звужування критеріального конуса та ін.

До відомих процедур, що реалізують інтерактивні режими розв'язування багатокритеріальних задач, відносяться: STEM (Бен-айюн); процедура Джоффра—Дайєра—Файнберга; метод Зайонца Валленіуса; метод інтервальних критеріальних ваг з алгоритмом векторної оптимізації (Штойер); інтервальний метод зв'язаних сум з фільтрацією (Штойер); візуальний інтерактивний підхід Корхонена та Лаако; MAUT (багатокритеріальна теорія корисності); АНР (метод аналізу ієрархії Т. Сааті); ELECTRE (виключення та вибір, що відображають реальність, Б. Руа) та ін.

Як показують дослідження, проведені в останні кілька десятиліть багатьма науковцями, суттєвий вклад у реалізацію інтерактивних процедур обґрунтування прийняття рішень може внести використання таких інструментів, як нейронні мережі та генетичні алгоритми. Власне, реалізація цих інструментів стає можливою завдяки використанню у процесі їх навчання експертно-аналітичної інформації, тобто завдяки присутності «інтелектуальної складової» в моделях обґрунтування прийняття рішень.

Література

1. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. — М.: Наука, 1981.
2. Хоменюк В. В. Элементы теории многоцелевой оптимизации. — М.: Наука, 1983.
3. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и приложения. — М.: Радио и связь, 1992.
4. Винер Н. Кибернетика. — М.: Сов. радио, 1968.
5. Верченко П. І. Багатокритеріальність і динаміка економічного ризику (моделі та методи): Монографія. — К.: КНЕУ, 2006.
6. Вітлінський В. В., Великоіваненко Г. І. Ризикологія в економіці та підприємстві: Монографія. — К.: КНЕУ, 2004.
7. Економічний ризик: ігрові моделі / В. В. Вітлінський, П. І. Верченко, А. В. Сігал, Я. С. Наконечний / За ред. д-ра екон. наук, проф. В. В. Вітлінського. — К.: КНЕУ, 2002.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

В. Д. Дербенцев, канд. екон. наук, доц.,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. Розглянуто аналіз сучасного стану розвитку інтелектуальних систем, напрямків їх використання, проблеми моделювання та математичного інструментарію, який у них використовується.

ANNOTATION. This paper is devoted to the analysis of modern development status of the intelligent systems, directions of their use, problems of modeling and mathematical tools which at them is used.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. штучний інтелект, інтелектуальні системи, моделі представлення знань.

Вступ. Процеси глибоких технологічних перетворень, що відбуваються в теперішній час, можна охарактеризувати як етап зародження інформаційного суспільства, оскільки сьогодні саме інформаційні технології справляють вирішальний вплив на всі суспільні процеси: економічні, соціальні, екологічні тощо. Для сучасного етапу розвитку цивілізації притаманне перенесення центру тяжіння економічного розвитку зі сфер матеріального виробництва, що використовують енергетично-сировинний базис на галузі «нової економіки» — на наукоємні та високотехнологічні сфери, зокрема, біо- та нанотехнології, інформаційні та телекомунікаційні технології тощо. В розвинених західних країнах доля зайнятих у високотехнологічних секторах економіки складає понад 50 % і цей процес має тенденцію до неупинного зростання [9].

Однією із характерних рис, що притаманна сучасному етапу розвитку людства є лавиноподібне зростання обсягу інформації, що накопичений людством та використовується в людській діяльності. В останнє десятиріччя зростання обсягу інформації відбувається експоненційно та оцінюється приблизно як її подвоєння за кожні два роки. Інформація перетворилась на глобальний, практично невичерпний ресурс людства, яке перейшло в нову епоху — епоху інтенсивного опанування цим інформаційним ресурсом, завдяки чому багато розвинених країн стрімко змінюють свій соціальний устрій, більш динамічною та ефективною стає економіка країн, зростає якість життя населення.

Таким чином, економічний рівень та потенціал розвинених країн сьогодні визначається переважно рівнем виробництва та використання засобів переробки інформації. Виходячи з цього особливої актуальності набувають питання необхідності розробки адекватних інструментальних засобів підтримки прийняття рішень на базі новітніх інформаційних технологій, що висуває принципово нові, підвищені вимоги до вдосконалення існуючих та розробки нових засобів підтримки процесів збору, накопичення, обробки інформації в усіх сферах людської діяльності.

Сучасні інформаційні технології все ширше використовуються в різних галузях науки та техніки, економіки, соціальної сфері. Останні досягнення в галузі штучного інтелекту дозволили підійти до створення принципово нових інформаційних систем — систем, що оперують не стільки даними, скільки знаннями, здатними генерувати нові знання — «інтелектуальних систем» (Intelligent System), що є класом «систем, заснованих на знаннях» (Knowledge-based System) [2—4].

Загальна характеристика інтелектуальних систем

Спеціальна термінологія в галузі інформаційних систем і технологій та штучного інтелекту почала формуватись у 60—80-х рр. XX ст. Перший етап у формуванні термінології завжди характеризується виникненням багатьох синонімічних або близьких за значенням термінів, які використовують різні наукові школи та групи фахівців. Більшість цих термінів є запозиченими із англійської мови, оскільки саме в США найінтенсивніше проводились наукові дослідження в галузі штучного інтелекту.

Так, наприклад, у науковій літературі часто терміни «системи підтримки прийняття рішень» (Decision Support System), «експертні системи» (Expert System), «інтелектуальні системи» (Intelligent System) вживались практично як синоніми, або в близьких за змістом значеннях. На сьогоднішній день термінологія в цій галузі вже певною мірою є загальноприйнятою та більшістю фахівців вважається, що ці типи інформаційних систем належать до класу «систем, заснованих на знаннях» (Knowledge-based System), хоча мають різне функціональне призначення [2—7].

Згідно із визначенням, наведеним у тлумачному словнику зі штучного інтелекту [3], інтелектуальна система — це програмно-технічний комплекс, який здатний вирішувати задачі, які належать певній предметній галузі, знання про яку зберігаються у пам'яті системи, що традиційно вважалися творчими та придат-

ними для розв'язання лише людиною. Архітектура цих систем включає три головні компоненти — базу знань, розв'язуючий блок (блок, здатний завдяки вбудованим стратегіям знаходження розв'язку, наприклад, шляхом пошуку у просторі альтернатив або шляхом логічного виводу знаходити розв'язки задач) та інтелектуальний інтерфейс (рис. 1).

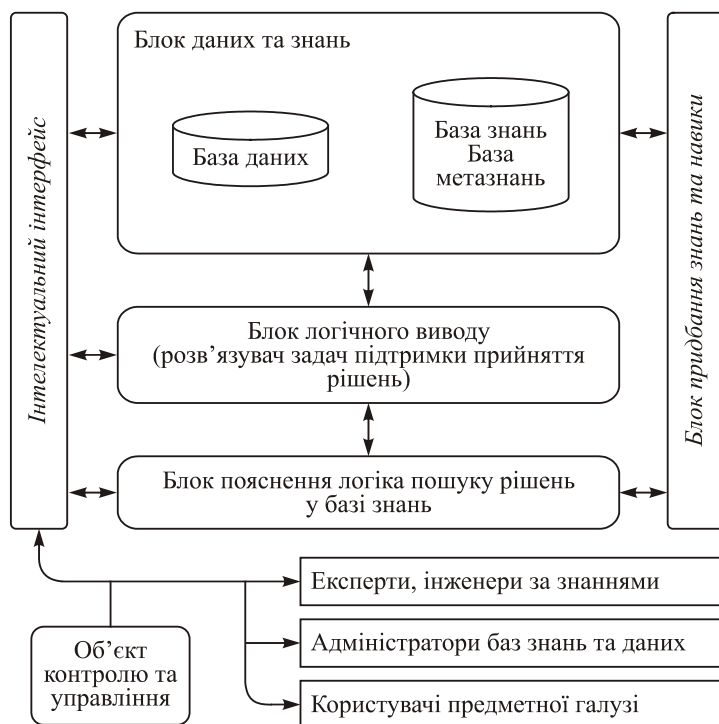


Рис. 1. Архітектура інтелектуальної системи

Центральна парадигма інтелектуальних технологій сьогодні — це обробка знань. Системи, ядром яких є база знань або модель предметної галузі, яка описана на мові надвисокого рівня, максимально наближеної до природної, називають інтелектуальними.

Найчастіше інтелектуальні системи застосовуються для вирішення складних завдань, де головна складність вирішення пов'язана з використанням слабоформалізованих знань фахівців-практиків і де логічна (або змістовна) обробка інформації преважує над обчислювальною. Наприклад, розуміння природної мо-

ви, підтримка ухвалення рішень у складних, нештатних ситуаціях, постановка діагнозу і рекомендації щодо методів лікування, аналіз візуальної інформації, управління диспетчерськими пультами і ін. Фактично, зараз прикладні інтелектуальні системи використовуються в десятках тисяч прикладних додатках.

Таким чином, головна відмінність інтелектуальних систем від традиційних СППР (DSS) першого покоління полягає в тому, що вони орієнтовані не на обробку даних, а призначені для роботи із знаннями. Знання являють собою сукупність відомостей (індивідуума, суспільства, системи штучного інтелекту) про зовнішній світ (певну предметну галузь, об'єкти чи їх сукупності), що містить інформацію про властивості об'єктів, закономірності процесів та явищ, гіпотези про можливі взаємозв'язки між явищами та фактами, правилах використання цієї інформації для прийняття рішень тощо. Тобто знання — це структуровані дані, або дані про дані — метадані.

Знання можуть бути класифіковані по наступних категоріях:

— *поверхневі* — знання про видимі, безпосередні взаємозв'язки між окремими подіями і фактами в досліджуваній галузі;

— *глибинні* — знаходяться у «глибинних змістовних шарах»: абстракції, аналогії, схеми, що відображають структуру і природу процесів, що відбуваються в досліджуваній галузі. Ці знання пояснюють явища і можуть використовуватися для прогнозування поведінки об'єктів та здійсненні нетривіальних висновків та генерації нових знань.

Сучасні інтелектуальні системи працюють переважно із поверхневими знаннями, оскільки на сьогоднішній день не існує універсальних методик виявляти глибинні структури в знаннях та працювати із ними.

Класифікація та напрямки використання інтелектуальних систем

Розглянемо головні напрями практичних застосувань або функціональної діяльності, які можуть бути реалізовані за допомогою інтелектуальних систем та за якими їх можна класифікувати за типами задач, що вони виконують.

Класифікація. Одним із найзагальніших функціональних призначень інтелектуальних систем є класифікація — у загальному випадку це вибір відповіді із деякого набору альтернатив на підставі введеної інформації про проблемну ситуацію.

Інтерпретація даних. Це одне з традиційних завдань для інтелектуальних систем. Під інтерпретацією мається на увазі процес

визначення змісту даних, результати якого повинні бути узгодженими і коректними. Зазвичай, передбачається багатоваріантний аналіз введеної інформації. Ця інформація є, як правило, недостатньою, неповною, зашумленою і, як наслідок, ненадійною або навіть недостовірною, що вимагає необхідності розробки спеціальних методів реєстрації потоків даних, сигналів, зображень та методів їх символічного представлення.

Моніторинг. Основне завдання моніторингу — безперервна реєстрація та інтерпретація даних у реальному масштабі часу і сигналізація про вихід тих або інших параметрів за допустимі межі. Головні проблеми — «пропуск» тривожної ситуації або помилкове реагування на некритичну, штатну ситуацію. Складність цих проблем полягає у розмитості симптомів тривожних ситуацій та необхідності врахування часового контексту.

Діагностика, тобто виявлення причин виникнення проблемної ситуації, неефективного або критичного режиму функціонування системи за результатами спостережень шляхом співвідношення об'єкту з деяким класом об'єктів та/або виявлення несправності в деякій системі. Несправність — це відхилення від норми. Таке тлумачення дозволяє з єдиних теоретичних позицій розглядати і несправність устаткування в технічних системах, і захворювання живих організмів, і всілякі природні аномалії, і передкризові стани в економічних системах. З метою з'ясування ймовірних причин передкризових режимів функціонування інтелектуальні системи використовують опис ситуацій, характеристики поведінки, або відомості щодо конструктивних властивостей досліджуваної системи.

Після діагностики може бути здійснена *відладка* — співставлення рецептів виправлення невірної режиму функціонування системи з типами знайдених невідповідностей.

Проектування та синтез. Синтез полягає у побудові конфігурації об'єктів при заданих обмеженнях, або на основі вибору альтернатив. Проектування полягає в підготовці специфікацій на створення «об'єктів» з наперед заданими властивостями. Під специфікацією мається на увазі весь набір необхідних документів — креслення, пояснювальна записка і т. д. Основні проблеми тут — отримання чіткого структурного опису знань про об'єкт. Для організації ефективного проектування і в ще більшому ступені при перепроєктуванні необхідно формувати не тільки самі проектні рішення, але і мотиви їх ухвалення. Таким чином, у завданнях проектування тісно пов'язуються два основні процеси: одержання рішення та процес пояснення.

Прогнозування та планування. Прогнозування дозволяє передбачати наслідки деяких подій або явищ на підставі аналізу наявних даних. Прогнозуючі системи шляхом логічного виводу знаходять імовірні наслідки із заданих ситуацій. У прогнозуючій системі зазвичай використовується параметричні динамічні моделі, в яких значення параметрів «підганяються» під задану ситуацію. Результати, що отримуються за допомогою цих моделей, складають основу для прогнозів з імовірнісними оцінками. (Наприклад, прогнози погоди, оцінки майбутнього урожаю, прогнози економічної кон'юнктури тощо). *Планування* — вибір набору дій із складного набору альтернатив для досягнення поставленої мети.

Навчання. Такі системи призначені для здійснення навчання людини деякому виду діяльності, тобто мають на меті здійснювати діагностику, «відладку» та корегування поведінки особи, що навчається. Окрім природно-мовного інтерфейсу, засобів графічного спілкування та бази знань такі системи мають спеціальний блок, який управляє процесом подачі матеріалу, аналізує відповіді особи, що навчається та приймає рішення щодо оцінки ступеня засвоєння матеріалу.

Управління та регулювання. Під регулюванням розуміють функцію організованої системи, що підтримує певний режим функціонування. Управління полягає у комбінації спостереження за ситуацією, прогнозом майбутнього стану та співставленням його із запланованим або бажаним та здійсненні на підставі цього аналізу корегуючих дій.

Синтез інформації — полягає в одержанні нових знань із наявної інформації, знаходженні нових зв'язків між відомими фактами, генерації нових ідей тощо.

Що стосується напрямків використання інтелектуальних систем, то важко знайти галузі діяльності, в яких би не використовувались інтелектуальні системи — це і виробництво, торгівля, фінанси, медицина, соціологія, наукові дослідження, освіта й ін. Інструментарій інтелектуальних систем використовується для завдань технічної і медичної діагностики; розробки заходів по прийняттю рішень у позаштатних, нетипових ситуаціях; для задач проектування, управління виробничими процесами; контролю якості; прогнозування; оцінки кредитоспроможності; аналізу стану ринків; маркетингових досліджень; планування експериментів; роботи з клієнтами; соціологічних опитувань; моделювання та вивчення складних систем різноманітної природи на підставі аналізу передісторії їх еволюції тощо [2—9].

Моделі представлення знань в інтелектуальних системах

Робота зі знаннями є головним пріоритетом для сучасних інтелектуальних систем, основні напрямки якої схематично наведено на рис. 2.

Довільна предметна (проблемна) галузь діяльності може бути описана у вигляді сукупності відомостей про її структуру, основні характеристики, процеси, що в ній відбуваються, а також про способи вирішення проблем, або розв'язання виникаючих у ній задач. Усі ці відомості утворюють знання про предметну галузь. Для вирішення завдань у даній предметній галузі необхідно зібрати знання про неї і створити її концептуальну модель. Джерелами знань можуть бути документи, статті у періодичних виданнях, інтернет-ресурси, книги, мультимедійні об'єкти, досвід та знання експертів тощо.

Одержання та видобуток знань з цих джерел виявляється нетривіальним, оскільки треба наперед оцінити важливість і потрібність тих або інших знань для роботи інтелектуальної системи. При цьому треба вирішити дві задачі: формалізація якісних знань і інтеграція знань. Перша пов'язана із створенням методів, що дозволяють переходити від знань, виражених у текстовій формі, до їх аналогів, придатних для введення в пам'ять інтелектуальної системи.

Існує багато моделей представлення знань [2], але практично їх можна згрупувати на чотири класи: моделі семантичних мереж, фреймові моделі, логічні моделі, продукційні моделі.

Моделі семантичних мереж. Головна ідея цього підходу полягає у тому, що проблемну галузь розглядають як сукупність понять (об'єктів) та бінарних (n -арних) відношень між ними. Графічно таку модель можна подати у вигляді мережі або орієнтованого графа, вершинам якого відповідають об'єкти, а дугам — відношення між ними. Часто в семантичних мережах окрім функціональних, кількісних, просторових, часових, логічних, лінгвістичних використовують зв'язки типу: «частина — ціле», «клас — підклас», «мета — засіб», «властивість — значення», «рід — вид» тощо.

Імена, що відповідають вершинам та ребрам, як правило, співпадають з іменами відповідних понять та відношень, що використовуються у природній мові. Ребро та пов'язані з ним вершини утворюють підграф семантичної мережі, який містить мінімальну одиницю інформації — факт наявності зв'язку певного типу між відповідними об'єктами.

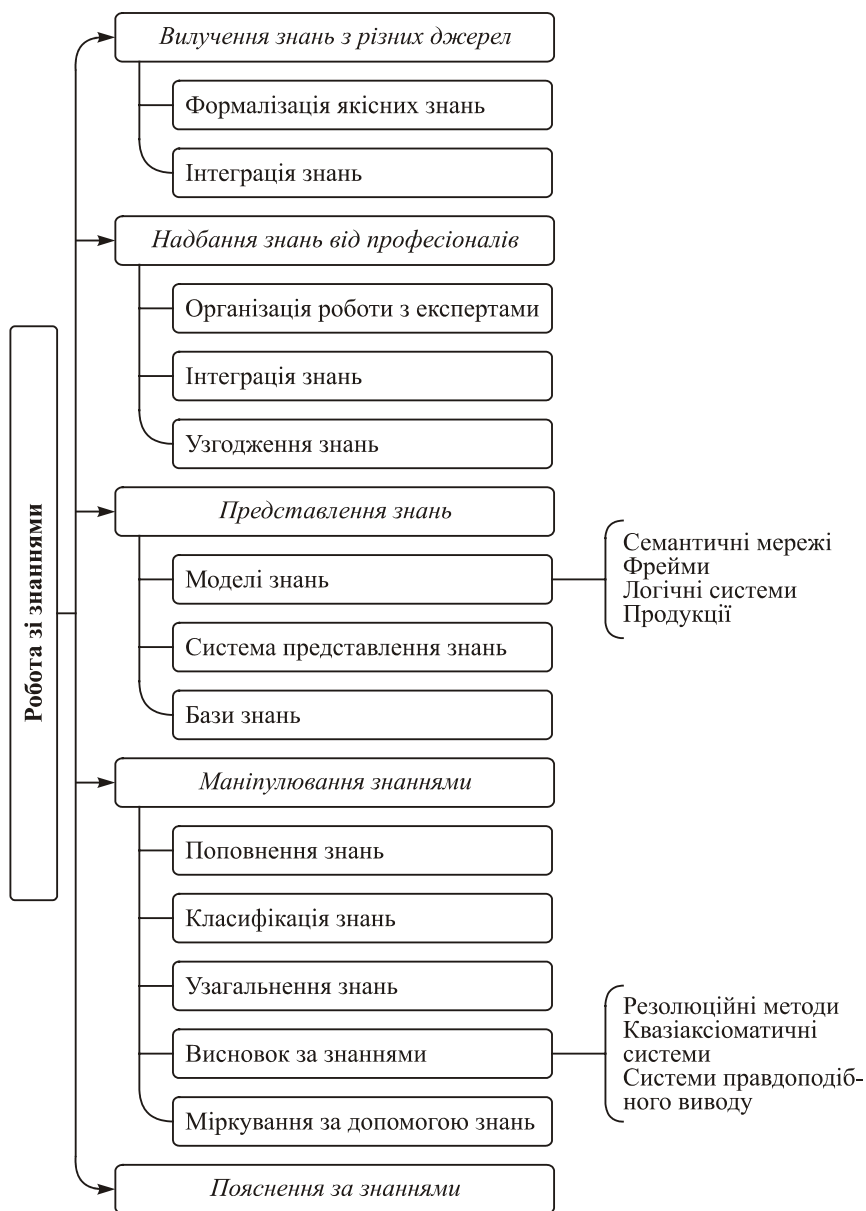


Рис. 2. Напрямки роботи із знаннями у сучасних інтелектуальних системах

Перевагою семантичних мереж є можливість представлення знань у них більш природним, структурованим чином, що більше відповідає текстам природної мови. Недоліком є складність процедури пошуку виводу на мережі.

Фреймові моделі. Фреймова модель визначається як структура даних для представлення стереотипних ситуацій. Ця структура містить інформацію про об'єкти та події, які слід очікувати в тій чи іншій ситуації. Спочатку в якості «фрейму» (від англ. frame — каркас, структура) розуміли мінімальний опис об'єкту, який містить всю суттєву інформацію про об'єкт чи явище. Фрейм — це формалізована модель для відображення образу.

Розрізняють фрейми-зразки, або прототипи, що зберігаються в базі знань, і фрейми-екземпляри, які створюються для відображення реальних фактичних ситуацій на основі даних, що поступають. Модель фрейму є достатньо універсальною, оскільки дозволяє відобразити все різноманіття знань про світ через: фрейми-структури, що використовуються для позначення об'єктів і понять, фрейми-ролі, фрейми-сценарії; фрейми-ситуації.

На відміну від моделей інших типів, у фреймових моделях фіксується жорстка структура інформаційних одиниць, яка називається протофреймом, структура якого може бути представлена множиною властивостей (атрибутів), що містяться у слотах:

(ІМ'Я ФРЕЙМУ:

(ім'я 1-го слоту: значення 1-го слоту) (ім'я 2-го слоту: значення 2-го слоту) ... (ім'я N-го слоту: значення N-го слоту))

Значенням слоту можуть бути числа, математичні відношення, тексти природної мови, програми, правила виводу, посилання на слоти поточного фрейму або інших фреймів тощо. Допускається, щоб слот сам був фреймом, тоді в якості «значення слоту» виступає множина слотів. Таким чином, фрейм являє собою гнучку конструкцію, що дозволяє відображати у пам'яті системи різноманітну інформацію. Головною перевагою фреймової моделі представлення знань є те, що вона відображає концептуальну подібність способу організації пам'яті людини, її гнучкість та наочність.

Інші дві моделі представлення знань спираються на класичну логічну модель виводу та характеризуються чітко вираженою процедурною формою, на відміну від мереж та фреймів, які скоріше описують декларативні знання.

Логічні моделі. В основі моделей цього типу знаходиться поняття формальної системи, що задається кортежем вигляду:

$$M = \langle T, F, A, R \rangle,$$

де T — множина базових елементів різноманітної природи, F — множина синтаксичних правил, за допомогою яких з T елементів утворюються синтаксично вірні конструкції. У множині синтаксично вірних конструкцій виділяється підмножина A , елементи яких називаються аксіомами. Множина R є множиною правил виводу, за допомогою застосування яких до A можна одержати інші вірні конструкції.

Серед логічних моделей представлення знань найбільше поширення одержали числення предикатів 1-го порядку. Логічні моделі забезпечують просту та прозору нотацію для запису фактів, що має чітко виражену семантику. Але вони мають і суттєві недоліки.

Головна відмінність баз знань та даних інтелектуальних систем від тих об'єктів, якими оперує формальні логічні системи, це їх відкритість. Можливість появи у пам'яті інтелектуальної системи нових фактів та відомостей призводить до того, що починає порушуватись принцип монотонності, який знаходиться в основі усіх формальних систем, що вивчаються традиційною математичною логікою. Згідно з принципом монотонності, якщо деяке твердження виводиться у цій системі, то ніякі інші додаткові відомості не можуть змінити цей факт. У відкритих системах це не так — нові відомості можуть змінити ситуацію та зроблений раніше висновок може виявитися невірним.

Окрім цього, необхідно зауважити, що логічний підхід у класичній формі вимагає для кожної предметної галузі наявності повного переліку вихідних положень (аксіом). Їх існування (разом із апріорно заданими правилами виводу) забезпечує замкненість використовуваних моделей, дозволяє ставити та вирішувати спектр проблем, пов'язаних із повнотою, результативністю та несуперечливістю моделей та процедур. Але у багатьох предметних галузях у переважної кількості випадків не вдається побудувати аксіоматичні системи. Знання про предметні галузі, як правило, є неповними, неточними, суперечливими і, в кращому випадку, правдоподібними, що призводило до ефектів немонотонності процесів одержання результатів. Ці зауваження певною мірою стосуються і продукційних моделей.

Продукційні моделі, або моделі, засновані на правилах, дозволяють представляти знання у вигляді виразів типу «ЯКЩО [умова (и)] ТО [дія(і)]», які називаються продукціями (термін був введений американським логіком Е. Постом). Тобто, якщо виконується умова A , то можна виконати дію B , або у загальнішому випадку: якщо виконується умова A , то з ймовірністю p можна очікувати подію B .

До переваг продукційних моделей можна віднести те, що вони володіють наочністю, при цьому значну частину знань можна записати у вигляді продукцій, та модульністю (у більшості випадків додавання або вилучення продукцій не призводить до зміни інших продукцій). Окрім цього, при необхідності системи продукцій можуть реалізувати довільний алгоритм, а природний паралелізм у системі продукцій робить їх зручною моделлю для реалізації паралельних та асинхронних методів обчислень. До недоліків цього типу моделей можна віднести те, окрім наведених вище, що при зростанні кількості продукцій стає складною перевірка їх системи на несуперечливість.

Необхідно зауважити, що всі розглянуті моделі є недосконалими ще з тієї точки зору, що вони не спираються на аналоги когнітивних структур для представлення знань, що використовуються людиною. Це обумовлено слабким розумінням на сучасному етапі механізмів та форм представлення знань у пам'яті людини.

Математичний інструментарій сучасних інтелектуальних систем

Розв'язання задач предметної галузі (наприклад, економічного моделювання та прогнозування) за допомогою інтелектуальних систем, зокрема СППР, спирається на використання математичних моделей та застосування широкого спектру математичних методів обробки вхідної інформації.

В якості першого напрямку розвитку інструментальних математичних засобів інтелектуальних систем слід зазначити класичні статистичні методи обробки даних, які можна умовно поділити на чотири взаємопов'язані класи:

—попередній аналіз природи статистичних даних (перевірка стаціонарності гіпотез, нормальності, однорідності, незалежності, оцінці функції розподілу та її параметрів);

—виявлення взаємозв'язків та закономірностей (лінійний та нелінійний регресійний аналіз, кореляційний аналіз);

- багатовимірний статистичний аналіз (дискримінантний аналіз, кластерний аналіз, компонентний аналіз, факторний аналіз);
- методи аналізу часових рядів;
- побудова динамічних моделей та проноз.

До другого напрямку слід віднести сукупність традиційних методів розв'язання задач оптимізації — варіаційні методи, методи дослідження операцій (математичне програмування, теорія управління запасами, теорія масового обслуговування тощо).

До іншого класу методів можна віднести кібернетичні методи оптимізації, які ґрунтуються на принципах самоорганізованих систем — методи системної динаміки, нейронних мереж, еволюційного та генетичного програмування.

Останнім часом все більше поширення одержують синергетичні методи, зокрема, методи обчислення спектру показників Ляпунова, які дозволяють оцінити часовий горизонт передбачуваності поведінки досліджуваної системи, методи фрактального аналізу, які дозволяють знаходити скриті патерни та структури у часових рядах, алгоритми реконструкції атракторів, ентропійні методи, методи вейвлет-аналізу, саморганізованої критичності, методи теорії динамічного хаосу, теорії біфуркацій та теорії катастроф тощо [10].

Ще один клас методів, який умовно можна назвати експериментальними, включає методи теорії планування експериментів, сценарний аналіз, методи теорії розмірності та подібності, методи імітаційного моделювання, методи експертних оцінок тощо.

Особливим напрямом у спектрі аналітичних засобів інтелектуальних систем складають методи, основані на нечітких множинах та нечіткій логіці. Їх застосування значно розширює можливості класичних логічних методів обробки інформації та здійсненні логічних висновків, які оперують з бінарними категоріями типу «істинно—хибно», «належить—не належить». Такий підхід дозволяє ранжувати дані за ступенем близькості до бажаних результатів, здійснювати так званий нечіткий пошук у базах знань та даних, що значно більше відповідає механізмам сприйняття та обробки інформації людиною.

На завершення огляду інструментальних засобів обробки інформації та моделювання інтелектуальних систем слід згадати методи візуалізації даних та результатів аналізу, що дозволяють наочно відображати одержані висновки для формування в експертів або керівників проектів єдиної картини досліджуваної проблемної ситуації.

Таким чином, важко переоцінити важливість використання сучасних інтелектуальних систем для проведення наукових досліджень та використанні одержаних результатів в практичній діяльності найширшої проблематики — в галузі стратегічного планування, бізнес-моделювання, менеджменту (моделювання різного роду фінансових проєктів, управління виробництвом), реінжинірингу, моделювання та прогнозування соціально-економічного розвитку, моделювання екологічних процесів тощо.

Підсумовуючи, зауважимо, що не зважаючи на широкий спектр математичних методів та моделей, що використовуються в сучасних інтелектуальних системах, застосування класичних логічних моделей та схем виводу виявляється недостатнім для створення потужних сучасних інтелектуальних систем [8].

На сьогоднішньому етапі виникла проблема заміни формальних математичних систем з притаманними їм процедурами дедуктивного виводу настільки ж потужною моделлю, яка б віддзеркалювала особливості пошуку рішень у слабкоструктурованих предметних галузях, які розглядаються як відкриті системи з постійно поновлюваними знаннями про їх структуру, побудову та функціонування. Зараз відбувається становлення нової парадигми, в якій основною операцією при пошуку рішення є правдоподібна аргументація. Робота з аргументами «за» та «проти» із відповідними ваговими коефіцієнтами призведе до адитивних процедур роботи з цими вагами. На жаль, досі не розроблено науково обгрунтованої теорії правдоподібної аргументації і тому виявляється цілком природнім, що в найближчі роки в цьому напрямі будуть зосереджені дослідження фахівців у галузі штучного інтелекту.

Література

1. Голицын Г. А., Петров В. М. Информация и биологические принципы оптимальности: Гармония и алгебра живого. — М.: КомКнига, 2005. — 128 с.
2. Искусственный интеллект: Справочник в 3-х т. — М.: Радио и связь, 1990.
3. Толковый словарь по искусственному интеллекту / Авторы-составители А. Н. Аверкин, М. Г. Гаазе-Рапопорт, Д. А. Поспелов. — М.: Радио и связь, 1992. — 256 с.
4. Дербенцев В. Д., Шарапов О. Д., Семьонов Д. Є. Словник термінів інформаційних систем і технологій. — К.: КНЕУ, 2008. — 304 с.

5. Люгер Д. Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем: 4-е изд. // Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2003. — 864 с.
6. Геловани В. А. и др. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. — М.: Эдиториал УРСС, 2001. — 304 с.
7. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. — СПб.: Питер, 2000. — 384 с.
8. Поспелов Д. А. Десять «горячих точек» в исследованиях по искусственному интеллекту // Интеллектуальные системы (МГУ). — 1996. — Т. 1. — Вып. 1—4. — С. 47—56.
9. Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Експертні технології прийняття рішень: Монографія. — К.: ТОВ «Маклаут», 2008. — 444 с.
10. Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Основания синергетики. Синергетическое мировидение. — М.: КомКнига, 2005. — 240 с.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

УДК 519.8

В. В. Вітлінський, д-р екон., наук, проф.,
О. Д. Шарапов, канд. техн. наук, проф.
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ТЕОРІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

АНОТАЦІЯ. В даній статті розглядаються теоретико-методологічні проблеми щодо побудови інтелектуальних систем прийняття рішень у сфері економіки. Аналізується низка підходів до побудови систем прийняття рішень в умовах невизначеності та породженого цим ризику на підґрунті використання математичних моделей і методів; побудови комбінованих інтелектуальних систем на нейронних мережах, генетичних алгоритмах, експертних системах, інструментарії нечіткої логіки.

ANNOTATION. Abstract. In this article considered theoretical and metodological problems as to crietion of intellectual systems of makig decisions in the sphere of economy are described. The range of approaches to crietion of systems of makig desicions in the condition of indefinity and risk caused by it on the basis of using of mathematical models and methods of criation of combined intellectual system neuron net, genetic algorithm, expert system, instruments of unclear logic is analized.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Інтелектуальні системи прийняття рішень, слабо структуровані проблеми, принцип модульності, принцип ітеративності, системні характеристики, генетичні алгоритми, нейронні мережі, нечітка логіка.

Проблема прийняття рішень має фундаментальний характер, що визначається роллю, котру відіграють рішення в усіх сферах

людської діяльності. Її дослідження належить до числа міждисциплінарних, оскільки вибір способу дій — це результат системного взаємозв'язку різних аспектів: інформаційного, економічного, психологічного, логічного, організаційного, математичного, правового, технічного тощо. Про це йдеться, зокрема в [8].

В останні десятиріччя відбувається не лише розвиток і практичне використання нових інформаційних технологій, але й здійснюється усвідомлення причин і наслідків якісних змін усієї інформаційної та інтелектуальної діяльності суспільства.

У низці наукових праць, зокрема в [7], зазначається, що «включення в професійну діяльність нової обчислювальної техніки, складних знакових систем, математичних методів і моделей, інформаційних технологій змінює організаційні форми і методи діяльності».

Отже, за умови виконання низки функцій щодо підготовки рішень комп'ютерною системою, необхідно враховувати, що ці функції є частинами більш складної діяльності, інші частини якої має виконувати людина. Тому йдеться не лише про передавання окремих інтелектуальних функцій, але також і про взаємодію фахівців з комп'ютерною інформаційною системою в складних контекстах. Комплекс взаємодіючих компонентів у кожному конкретному випадку є інтелектуальною системою. В процесі передавання інтелектуальних функцій відбувається їх новий перерозподіл як між фахівцями, так і між усіма засобами інформаційних технологій. Усе це дає підстави говорити про наявність інтелектуальних інновацій в організації.

З одного боку, стимули до інтелектуалізації нарощуються на фоні розвитку формалізації, розповсюдження нових математичних методів і моделей щодо прийняття рішень і перспектив глобальної комп'ютеризації. З іншого боку, математичне моделювання вступає в третій принципово важливий етап свого розвитку, «вбудовуючись» у структури інформаційного суспільства.

Прогрес засобів переробки, передавання та зберігання інформації відповідає світовим тенденціям до ускладнення та взаємного проникнення різних сфер людської діяльності на підґрунті застосування інформаційних технологій нових поколінь. Без володіння інформаційними ресурсами не варто й думати про вирішення складних проблем, які постають перед світовою спільнотою.

Однак інформація як така мало що дає для аналізу й прогнозування, для прийняття рішень і контролю за їх виконанням. Потрібні надійні способи переробки інформаційної «сировини» у готовий продукт, тобто в знання.

Історія математичного моделювання переконує: воно може і повинно бути інтелектуальним ядром інформаційних технологій щодо прийняття зважених рішень. Моделювання рішень створює серйозну інформаційну та методологічну основу їх структурного аналізу, необхідну для вдосконалення процесу прийняття рішень.

У кожному процесі прийняття рішень формується відповідна модель самоактуалізації. Модель самоактуалізації процесу прийняття рішень включає такі головні елементи [12]:

- цільову модель (ієрархічну сукупність цілей процесу прийняття рішень, правила побудови відношення домінування на множині цілей і на множині критеріїв оцінювання альтернатив);
- модель поточного стану процесу прийняття рішень (сукупність альтернатив, множина критеріїв, значення критеріїв для альтернатив на множині критеріїв (відношення домінування, відношення пріоритетності, правила вибору);
- модель обмежень (модель відносин між цілями процесу прийняття рішень і цілями інших процесів у прийнятті рішень, а також моделі поточного стану інших процесів прийняття рішень).

Прийняття управлінських рішень є однією із функцій управлінської діяльності, а рішення є її результатом. Моделювання управлінських рішень відбувається в межах моделювання управління.

Класифікація та сутність моделей, за допомогою яких може описуватись процес прийняття рішень, наводиться у низці літературних джерел, зокрема [1, 3, 6, 11—14, 18].

Зазначимо, що прийняття рішень — це процес, який починається з виникнення певної проблеми, її ідентифікації і закінчується вибором управлінського рішення з усунення даної проблеми.

Вироблені певні вимоги до управлінських рішень:

- 1) своєчасність розробки, прийняття та реалізації (сприяє вирішенню проблем, які виникають, і недопущенню їх загострення);
- 2) реалізованість (забезпечення відповідними ресурсами, недопущення конфліктів, відповідність психології управління, що використовується);
- 3) оптимальність (забезпечення максимальної віддачі від потенційних можливостей);
- 4) реальність (встановлення досяжних цілей, урахування наявних ресурсів і часу);
- 5) комплексність (урахування можливих наслідків не лише економічного, а й політичного, правового, психологічного та іншого типу);
- 6) наукова обґрунтованість (урахування об'єктивних закономірностей розвитку об'єкта управління, що знаходять відображення в технічних, економічних, організаційних та інших аспектах функціонування об'єкта управління);

7) цілеспрямованість (відповідність цілям, поставленим перед об'єктом функціонування, стосовно якого прийняте рішення);

8) гнучкість (можливість зміни, корегування рішення за зміни умов, ситуації);

9) кількісна та якісна визначеність (обов'язковість встановлення конкретних, виражених у кількісних показниках, результатів проєктованого здійснення рішення; якісна визначеність характеризує ознаки рішення, які не можуть бути виражені кількісно);

10) можливість верифікації контролю виконання;

11) правомірність та законність (дотримання правових норм; несуперечність чинним законам);

12) зрозумілість за формою.

На даний час використовується кілька концепцій щодо прийняття рішень, зокрема, концепція максимальної сподіваної користі, концепція обмеженої раціональності тощо.

Зазначимо, що концепція — це узагальнена система поглядів на певний об'єкт чи явище, розуміння того, як підходити до сприйняття та аналізу об'єкта дослідження.

Відомий дослідник С. Коссен вважає, що перш ніж приймати рішення, керівник повинен відповісти на сім запитань [4]:

питання 1. У чому полягає проблема?

питання 2. Які дані необхідно одержати та проаналізувати, щоб чітко сформулювати проблему?

питання 3. Які альтернативні варіанти рішення існують?

питання 4. До яких наслідків може привести той чи інший варіант рішення?

питання 5. Яке рішення є найкращим? Для відповіді на це питання використовують, зокрема, такі критерії:

- короткостроковий, довгостроковий ефекти;
- обсяги матеріальних і людських ресурсів;
- чи виправдає результат затрачені зусилля;
- який обсяг підтримки керівництва та підлеглих є достатнім;
- чи допоможе даний варіант вирішити проблему (чи усуне її симптоми).

питання 6. Контроль за результатом;

питання 7. Чи можлива зміна рішення в результаті контролю?

Існує також низка варіантів формалізованих узагальнених схем процесу прийняття управлінських рішень [9].

Процес прийняття управлінських рішень за Ф. Анапу — містить наступні операції (етапи):

- 1) попереднє формулювання задачі;
- 2) вибір критерію оцінювання ефективності рішення;
- 3) збір даних для уточнення поставленої задачі;
- 5) розробка множини можливих варіантів;
- 6) побудова математичних моделей;
- 7) співставлення варіантів рішень за критерієм ефективності;
- 8) ухвалення рішення.

Процес прийняття управлінських рішень за Т. Кравченком містить 13 етапів:

- 1) одержання інформації;
- 2) аналіз інформації;
- 3) виявлення проблемної ситуації;
- 4) формування цілей;
- 5) побудова моделі системи;
- 6) розробка альтернатив;
- 7) прогноз результатів та їх наслідків;
- 8) формування критерію та (або) профілю переваг;
- 9) постановка задачі;
- 10) пошук процедур вирішення задачі;
- 11) вибір;
- 12) корегування задачі;
- 13) реалізація рішення.

На нашу думку кожен із наведених вище підходів має певні недоліки, зокрема, потребує залучення до процесу такого етапу як визначення принципу порівняння альтернатив, а також врахування того, що в процесі розв'язування загальної задачі прийняття рішень, зазвичай, беруть участь три групи осіб: особи, котрі приймають рішення (ОПР); експерти (Е) та консультанти (К).

У практичних (прикладних) задачах прийняття рішень формалізація кожного етапу процесу прийняття рішень, пов'язана з певними, іноді дуже складними, проблемами.

Насамперед постає проблема визначення мети та засобів її досягнення. Можна ставити апріорі недосяжні або навіть абсурдні цілі. Існує також проблема побудови множини альтернатив — варіантів дій, скерованих на досягнення мети. Тут, насамперед, виникає проблема побудови «повного списку альтернатив». Можлива ситуація, коли не включення певної альтернативи призведе до неможливості розв'язання задачі або до її «неякісного» розв'язання. Не менш складною є проблема оцінювання альтернатив — «до чого приведе та чи інша обрана дія».

Зазвичай, оцінювання альтернатив має суб'єктивний характер, оцінки отримують на підставі обробки експертної інформації. На-

віть якщо можна оцінювати альтернативи за допомогою «об'єктивних» процедур, постає проблема визначення хоча б «найважливіших» аспектів оцінювання кожної альтернативи. Неврахування навіть одного із «ключових» аспектів в оцінці варіантів дії може призвести до катастрофічних наслідків (згадаймо Чорнобильську катастрофу — неврахування ризику аварії під час будівництва АЕС привело до трагічних результатів).

Методологія прийняття управлінського рішення — це вчення, що описує закономірність процесу прийняття рішень, дає можливість виявити проблему, спосіб дослідження цієї проблеми, визначає методи, моделі й технологію підготовки, розробки, ухвалення та реалізації управлінського рішення, формує найважливіші практичні рекомендації.

Зазначимо, що, на сучасному етапі розвитку системної парадигми у сфері прийняття управлінських рішень, формами системних досліджень є системний підхід, загальна теорія систем, теорія організації (як спеціалізована теорія систем), теорія управління, системний аналіз, кібернетика, синергетика [12].

Якщо дотримуватись класифікації проблем прийняття рішень американських вчених Г. Саймона й А. Н'юелла [15], то, за їх складністю, проблеми можна розподілити на три групи:

перша група. Проблеми структуровані, в яких залежності між елементами можуть одержувати чисельні значення чи символи. У вирішенні добре структурованих проблем використовуються кількісні методи аналізу: лінійного, нелінійного, динамічного програмування, теорії масового обслуговування, теорії ігор, методологія яких відома як «дослідження операцій»;

друга група. Проблеми слабо структуровані, що відрізняються насамперед якісними залежностями елементів ситуації. Однак слабо структуровані проблеми містять як якісні зв'язки між елементами, так і кількісні, де переважають перші. Це царина застосування системного аналізу, побудови моделей на підґрунті використання інструментарію нечіткої логіки, нейронних мереж, генетичних алгоритмів, поєднання кількісних і евристичних методів, штучного інтелекту;

третя група. Проблеми неструктуровані, що містять лише опис найважливіших ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежності між якими майже невідомі. Рішення неструктурованих проблем розробляється з використанням методів і моделей штучного інтелекту (евристичних методів, які ґрунтуються на інтуїції, логіці, теоретичних міркуваннях, досвіді, професіоналізмі особи чи колегіального органу — суб'єкта управління). До їх складу

включаються експертні методи і моделі, а також нейрон-нечіткі моделі, де головну роль відіграють діалогові процедури тощо.

Це найбільш чисельний клас проблем [17].

Аналіз низки літературних джерел стосовно розробки і застосування систем прийняття рішення в управлінні економічними об'єктами і підходів до їх моделювання показує, що в сучасних умовах складність слабо структурованих задач зростає. Це, а також динамічність, особливо в умовах трансформаційної економіки, потребують розвитку та вдосконалення концептуальних положень та методології моделювання слабо структурованих задач як ключових складових системи прийняття рішень і методів штучного інтелекту (ШІ).

Термін «інтелект (intelligence)» походить від латинського *intellectus* — що означає розум, розсудливість, розуміння, розумові здібності людини. Відповідно штучний інтелект (*artificial intelligence*) — ШІ(AI) зазвичай тлумачать як властивість автоматизованих систем брати на себе окремі функції інтелекту людини, наприклад, обирати і обґрунтовувати ефективні рішення на підґрунті раніше отриманого досвіду та раціонального аналізу зовнішніх впливів. Отже, можна стверджувати, що ШІ є «підсилювачем інтелекту» особи, котра приймає рішення.

Для того, щоб пояснити, чим відрізняється інтелектуальна задача від просто задачі прийняття рішення, необхідно ввести термін «алгоритм» — один із наріжних каменів математики та кібернетики.

Під терміном алгоритм розуміють точну інструкцію щодо виконання у визначеному порядку системи операцій для розв'язування будь-якої задачі з деякого класу (множини) задач. Термін «алгоритм» походить від імені узбецького математика Аль-Хорезмі, котрий ще в IX столітті запропонував прості арифметичні алгоритми. У математиці та кібернетиці клас задач певного типу вважається вирішеним, коли для їх розв'язування встановлений (побудований) алгоритм. Знаходження (побудова) алгоритмів є метою у розв'язуванні різноманітних класів задач. Побудова алгоритму для задач певного типу пов'язана з витонченими, складними розмірковуваннями, що вимагають винахідливості та високої кваліфікації. Вважається, що такого роду діяльність потребує участі людини. Задачі, що пов'язані зі знаходженням алгоритму розв'язування класу задач (певного типу) будемо називати інтелектуальними задачами.

Стосовно тих класів задач, алгоритми розв'язування яких уже встановлені, то як зазначає відомий фахівець у сфері ШІ М. Мін-

ський «зайве приписувати їм таку містичну властивість, як «інтелектуальність»». Справді, після того, як такий алгоритм вже побудовано, процес розв'язування відповідних задач стає таким, що його можуть точно виконати людина, обчислювальна машина (ретельно запрограмована) чи робот, які не мають жодного уявлення щодо сутності самої задачі. Потрібно лише, щоб особа, що розв'язує задачу, була б здатна виконати ті операції, з яких складається процес, і, окрім того, щоб вона педантично й акуратно керувалася запропонованим алгоритмом. А тому пропонується вилучити такі задачі з класу інтелектуальних (для котрих існують стандартні методи розв'язування). Прикладами таких задач можуть слугувати чисто обчислювальні задачі: розв'язування системи лінійних алгебраїчних рівнянь, чисельне інтегрування диференційних рівнянь тощо. На відміну від цього для широкого класу інтелектуальних задач, таких як розпізнання образів, гра в шахи, доведення теорем тощо, навпаки такий формальний розподіл процесу пошуку розв'язку на окремі елементарні операції (кроки) часто виявляється досить складним, навіть якщо саме їх розв'язування не є складним.

Отже, можна перефразувати означення інтелекту як універсального мета-алгоритму (супералгоритму), котрий здатний створювати алгоритми розв'язування конкретних класів задач.

Створення інтелектуальних систем прийняття рішень, які забезпечили б економістів і менеджерів сучасними засобами аналізу інформації, генерації варіантів рішень, їх оцінювання й вибором, у певному сенсі найкращого варіанта, мають ґрунтуватися на використанні низки принципів.

Зокрема, принцип модульності та принцип ітеративності, що припускають виокремлений і поетапний синтез інтелектуальних систем прийняття рішень. Створюються моделі розпізнавання ситуацій, які дозволяють за допомогою семантичної нейронної мережі виявити причинно-наслідкові зв'язки, що дає можливість сформулювати правила вирішення слабкоструктурованих проблем (задач) управління економічними об'єктами [13].

Отже, під поняттям інтелектуальні системи прийняття рішень (ІСПР) в економіці та підприємництві будемо розуміти людино-машинні інтерактивні системи, що допомагають відповідальній та компетентній особі приймати ефективні рішення, в процесі вироблення яких задіяні штучні підсилювачі інтелекту, здатні до набуття нових знань, до навчання в результаті аналізу нагромаджених знань і досвіду, до адаптації їх стосовно динамічно змінюваних зовнішніх і внутрішніх умов і структури та складових елементів аналізованої економічної системи.

Необхідно наголосити, що в вирішенні проблеми прийняття рішень в управлінні складними соціально-економічними системами, важливе значення мають задачі вибору альтернатив та пошуку ефективних рішень в умовах невизначеності, конфлікту та породженого цим ризику. Вони характеризуються неповнотою, недостовірністю інформації, різноманітністю та складністю впливу на процес великої кількості екзогенних та ендегенних чинників.

Значний вплив на процес розробки рішень мають багатокритеріальність та багатоаспектність їх наслідків, неповнота даних про можливі результати, необхідність уміти їх хоча б наближено прогнозувати. Необхідно враховувати й неясність ситуації прийняття рішень (політичної й соціальної складової), високу динамічність усіх процесів, роль особистості в процесі розробки й виконання рішень. Отже, ризик є невід'ємною складовою в оцінюванні ситуації та прийнятті відповідних управлінських рішень.

Нами запропоноване таке означення ризику, яким обтяжене прийняття рішень в управлінні економічними системами [1].

Ризик — це економічна категорія, що відображає особливості сприйняття заінтересованими суб'єктами економічних відносин об'єктивно існуючих невизначеності та конфліктності, іманентних процесам цілепокладання, управління, прийняття рішень, які обтяжені можливими загрозами та невикористаними можливостями.

Зазначимо, що ризик має діалектичну об'єктивно-суб'єктивну структуру.

Невизначеність — фундаментальна характеристика недостатньої забезпеченості процесу прийняття економічних рішень, знаннями стосовно певної проблемної ситуації. Невизначеність деталізують низкою способів, вона характеризується множиною значень параметрів, яка в різних літературних джерелах має назву множини станів, випадків, альтернатив, елементарних подій, зони невизначеності, нечіткості тощо.

Зокрема, розрізняють три види невизначеності:

невизначеність 1-го виду — це невизначеність, за якої відомі всі можливі результати та ймовірності цих результатів, одержані статистичними методами або експертним шляхом;

невизначеність 2-го виду — це невизначеність, за якої відомі всі можливі результати, але неможливо оцінити ймовірність їх настання;

невизначеність 3-го виду — це невизначеність, за якої неможливо точно оцінити можливі результати та ймовірності їх настання.

Для того, щоб описати та врахувати реальні риси людської поведінки в задачах з аксіологічними (суб'єктивними) ймовірніс-

ними оцінками (оцінками, одержаними в результаті експертних процедур), тобто коли рішення приймається в умовах невизначеності 3-го виду та породженого цим ризику, Д. Канеманом і А. Тверські в 1979 р., була запропонована теорія перспектив [5].

Вона дає можливість врахувати три таких поведінкових ефекти:

а) ефект визначеності, тобто тенденцію надавати більшої ваги детермінованим результатам;

б) ефект відображення, тобто тенденцію до зміни переваг в умовах переходу від вигравів до програшів;

в) ефект ізоляції, тобто тенденцію спрощення вибору шляхом виключення загальних компонентів варіантів рішень.

Висновки теорії перспектив, що ґрунтуються на численних психологічних експериментах, відрізняються від рекомендацій нормативної теорії очікуваної корисності. У теорії перспектив визначається цінність (а не очікувана корисність) гри, яка називається перспектом (деяка ситуація вибору з імовірнісними результатами) з використанням наступної формули:

$$V = \sum_{i=1}^N V(x_i) \cdot \Pi(p_i),$$

де $V(x_i)$ — цінність результатів x_i , $i = \overline{1, N}$, а $\Pi(p_i)$ — вага (важливість) ймовірностей p_i , $i = \overline{1, N}$.

На відміну від теорії корисності замість імовірності тут використовується функція від імовірності (яка будується спеціальним чином для врахування поведінкових аспектів, причому $\Pi(p)$ не підпорядковується законом теорії ймовірностей, а саме $\Pi(0) = 0$, $\Pi(1) = 1$, але $\Pi(p) + \Pi(1 - p) < 1$; за малих ймовірностей $\Pi(p) > p$; відношення $\Pi(p)/\Pi(q)$ ближче до 1 за малих ймовірностей, ніж за великих; $\Pi(p)$ погано визначена біля найближчих значень). Окрім цього цінність відрховується від довільного рівня, який приймається за вихідний щодо початкового блага людини; припускається, що функція цінності є випуклою для вигравів, і ввігнутою для втрат (збитків), водночас її нахил, у разі втрат, приймається більшим, аніж для вигравів. Загальна схема застосування теорії перспектив для здійснення вибору між різними альтернативними варіантами дій містить таку послідовність кроків:

1) здійснюється редагування перспекту (для цього вибирається опорна точка, однакові результати об'єднуються, а їх імовірності підсумовуються; однакові висновки з рівними ймовірностями в перспектах, що порівнюються, видаляються; заокруглюються значення цінностей та ймовірностей);

2) визначаються значення цінності для різних варіантів дій за формулою $V = \sum_{i=1}^N V(x_i) \cdot \Pi(p_i)$, після чого обирається варіант з найбільшою цінністю.

У низці наукових праць, зокрема в [2, 16], пропонуються концептуальні положення та інструментальні засоби до проектування і створення інтелектуальних систем прийняття управлінських рішень у нечітких умовах з використанням технологій штучного інтелекту, зокрема: штучні нейронні мережі (методи не символічного подання знань, які моделюють здатність навчатися), системи, що ґрунтуються на теорії нечітких множин і нечіткої логіки — засоби формалізації природно-мовних висловлювань і нечіткого логічного висновку, а також методи еволюційного моделювання і генетичні алгоритми.

Об'єднання цих інтелектуальних технологій дозволить створити інтелектуальні системи, здатні вирішувати складні проблеми, слабкоструктуровані або неструктуровані, що потребують обробки різномірних видів знань.

У праці [16] запропоновано ефективний підхід до навчання інтелектуальних систем прийняття рішень у нечітких умовах. Використання зазначеного підходу є важливим для розвитку методів проектування інтелектуальних систем прийняття рішень, спроможних до вдосконалення на підґрунті нагромадження досвіду та знань.

Ведуться роботи щодо синтезу штучних нейронних мереж, експертних систем та генетичних алгоритмів [10]. Наголосимо, що побудова також комбінованих систем штучного інтелекту для прийняття рішень є малодослідженою цариною й потребує подальших зусиль як у теоретичному, так і в практичному аспектах.

Слід також звернути увагу на те, що в теорії інтелектуальних систем прийняття рішень мало уваги приділяється урахуванню системних характеристик аналізованих варіантів рішень, зокрема таких як маневреність, стійкість, гнучкість, адаптивність тощо, що теж відкриває простір для подальших наукових досліджень.

Наголосимо, що математичні моделі слабкоструктурованих проблем і об'єктів завжди містять у собі погано чи цілком невідомі поведінкові характеристики людей. Тому до них не варто застосовувати жорсткі вимоги щодо адекватності та точності, як скажімо, до структурованих проблем. Але у цій складній сфері аналіз, прогноз та прийняття рішень значною мірою ґрунтується на використанні математичних моделей і методів. Тому широке застосування методології математичного моделювання та обчис-

лювального експерименту, що ґрунтується на використанні комбінованих аналітичних та імітаційних моделей є ключовим у даній сфері людської діяльності, зокрема, в прийнятті обґрунтованих рішень в економіці та підприємстві.

Література

1. Вітлінський В. В., Великоіваненко Г. І. Ризикологія в економіці та підприємстві: Монографія. — К.: КНЕУ, 2004.
2. Вітлінський В. В., Матвійчук А. В. Зміна парадигми в сучасній теорії економіко-математичного моделювання // Економіка України. — 2007. — № 11. — С. 35—43.
3. Глухов В. В., Мечников М. Д., Коробко С. Б. Математические методы и модели для менеджмента. — СПб.: Лань, 2005.
4. Доусон Р. Уверенно принимать решения. — М.: Юнити, 1996.
5. Канеман Д., Словик П., Тверски А. Принятие решений в неопределенности: Правила предубеждения / Пер. с англ. — Ж.: Институт прикладной психологии «Гуманитарный центр», 2005.
6. Кігель В. Р. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці: Монографія. — К.: ЦУЛ, 2003.
7. Ладенко И. С., Поляков В. Г. Проектирование интеллектуальных систем в хозяйственной деятельности. — Новосибирск: НГУ, 1990.
8. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений. — М.: Логос, 2000.
9. Литвак Б. Г. Разработка управленческих решений: Учебник. — М.: Дело, 2002.
10. Лысенко Ю. Г., Иванов Н. Н., Минц А. Ю. Нейронные сети и генетические алгоритмы: Учебное пособие. — Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2003.
11. Марюта А. Н., Ковальчук К. Ф. Целевой экономический и управленческий анализ (контроллинг): Монография. — Днепропетровск: Системные технологии, 2005.
12. Приймак В. М. Прийняття управлінських рішень: Навчальний посібник. — К.: Атака, 2008.
13. Прокопенко Р. В., Стасюк В. П. Аналіз задач та моделей в системах підтримки прийняття рішень. // Торгівля і ринок України: Сб. наук. ст. — Донецьк: Дон ДУЕТ, 2000. — Вип. 10, том II.
14. Рамазанов С. К., Гіркін Є. Й. Інтелектуальні системи та теорія прийняття рішень: Навчальне видання. — Луганськ: СНУ, 2000.
15. Розен В. В. Цель — оптимальность — решение. — Москва: Радио и связь, 1982.
16. Сетлак Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений. — К.: Логос, 2004.
17. Цыгичко В. Н. Руководство о принятии решений. — М.: Радио и связь, 1996.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

В. К. Галіцин, д-р екон. наук,
завідувач кафедри інформаційного менеджменту,
С. Ф. Лазарева, канд. екон. наук,
професор кафедри інформаційного менеджменту,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОЕКТІВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. Розглянуто особливості системи управління проектами інтелектуальних інформаційних систем та проблематику управління якістю у проектах, пов'язаних з їх розробкою та впровадженням.

ANNOTATION. Article is concerned with special features of a system of project management of intellectual information systems and problems connected with quality management in projects which connected with their development and introduction.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Управління проектами, інтелектуальні інформаційні системи, проекти інформатизації, управління якістю проектів.

Процес формування інформаційного суспільства став одним із найзначиміших глобальних процесів кінця минулого століття. Нині ж інтенсивно відбуваються процеси інтелектуалізації суспільства. Підвищена інтелектуальна діяльність і прагнення реалізувати свої ідеї стають життєвою необхідністю для кожної людини. Знання стають загальним надбанням, капіталом, а одним з головних завдань суспільства стає правильна обробка інформації та її практичне використання. Звідси, перспективним напрямом процесу подальшого розвитку людства є **розвиток, заснований на знаннях**, і задача полягає у формуванні інноваційного суспільства (Innovation Driven Society) з економікою, що базується на генерації й поширенні знань, ефективному застосуванні досягнень у сфері науки й високих технологій. У зв'язку із цим необхідно особливо підкреслити ключову роль інформаційних технологій у процесах нагромадження, поширення й ефективного використання нових знань. Розповсюджувана з великою швидкістю інформація стає джерелом великих суспільних змін.

Ще в кінці минулого століття Білл Гейтс прогнозував, що протягом наступних 10 років бізнес зміниться більше, ніж за попередні 50 років. Нині його прогноз стає реальністю. Технологічним фактором, що обумовив такі темпи модернізації та розвитку всіх галузей бізнесу, став швидкий розвиток інформаційних технологій.

Одним із найважливіших досягнень стало створення і застосування систем і методів штучного інтелекту (*artificial intelligence - AI*) в інформаційних системах. У сфері бізнесу більш поширеним терміном, використовуваним для означення інформаційних систем, заснованих на методах штучного інтелекту, є інтелектуальні інформаційні системи.

Проекти інтелектуальних інформаційних систем — це проекти з розробки та впровадження сучасних засобів підтримки прийняття рішень на всіх рівнях системи управління. До таких засобів зазвичай відносять: усі інформаційно-аналітичні системи, від інформаційних систем керівника (*executive information systems, EIS*) до систем підтримки прийняття рішень (*decision support systems, DSS*), і зараз до систем бізнес-інтелекту (*Business Intelligent, BI*).

Експерти звичайно поділяють BI-засоби на дві великі групи — інструменти для аналізу (BI-інструменти) і додатки для аналізу (BI-додатки).

До **BI-інструментів** відносяться, насамперед інструменти оперативної аналітичної обробки (*Online analytical processing, OLAP-системи*) та інші засоби багатомірного аналізу; засоби побудови сховищ і вітрин даних (*data warehouse*), засоби інтелектуального видобутку даних (*data mining*); інструменти кінцевого користувача для виконання запитів і побудови звітів (*query and reporting tools*), корпоративні BI-набори (*enterprise BI suites, EBIS*); BI-платформи (*BI-Platforms*). BI-інструменти дозволяють аналізувати й структурувати дані, які найчастіше розміщуються в сховищах, вітринах даних або оперативних складах даних (наприклад, дані з ERP-системи) і видавати користувачеві результати аналізу в зручному інтерфейсі. BI-інструменти не заточені під певну бізнес-функцію або предметну область.

BI-додатки — це рішення, що дозволяють працювати з конкретними бізнес-даними в конкретній сфері бізнесу. Як правило, BI-додатки є «надбудовою» до ERP-Системи.

У розвитку BI-додатків сьогодні спостерігаються такі тенденції: вбудовування BI-інструментів у СКБД; інтеграція з Інтернетом; поставка готових аналітичних додатків і засобів швидкої розробки аналітичних прикладних систем; розширення функціональності платформ за рахунок застосування методів *Data Mining* і інших сучасних технологій.

Проект по створенню інтелектуальної інформаційної системи (IC) підприємства завжди включає багато задач, пов'язаних із загальним управлінням проектом, проектуванням IC, розробкою

ПЗ, впровадженню ІС, кожна з яких сама по собі є проектом із властивими йому особливостями.

Як бачимо, інтелектуальні інформаційні системи характеризуються різноманітністю і складністю, пов'язаною з їх мультидисциплінарністю. Більшість проектів по створенню та впровадженню інтелектуальних ІС можна віднести до категорії великих високотехнологічних проектів, що мають велику кошторисну вартість, значний термін реалізації (від року й більше), велике число залучених учасників (від кількох десятків до сотень чоловік, які працюють у трьох і більше організаціях, часто територіально віддалених одна від одної) та розвинені ланцюжки субпідрядних робіт.

Успіх будь-якого проекту багато в чому визначається тим, як організоване його управління. Основний постулат полягає в тому, що якість виконання проекту визначається повнотою й послідовністю виконання всіх необхідних дій. Звідси, вести проекти, особливо складні, великі, якими є проекти інтелектуальних ІС, без реально діючої системи управління якістю практично неможливо. Навіть якщо на початковому етапі компанії, що взялися за реалізацію таких проектів, не замислюються про це, усвідомлення необхідності системи управління якістю проекту приходить досить швидко. Особливо, коли проблеми управління починають зростати з кожним днем у геометричній прогресії.

Як уже зазначалося більшість проектів інтелектуальних ІС за масштабом задач, що ними вирішуються, можна віднести до категорії великих проектів. Для цих проектів є характерними особливості [1]:

- зміна задач у ході проекту;
- паралельне ведення робіт різними проектними групами;
- дуже великі ризики як для замовника, так і для виконавця проекту.

Зазначені особливості мають бути враховані при побудові системи управління проектом загалом і управління якістю, у тому числі.

Незважаючи на таку різноманітність сфер застосування методології управління проектами, вона має набагато більше загального, ніж розходжень, оскільки базується на однакових принципах у всіх галузях, де вона використовується. Це підтверджує практика західних менеджерів, які сьогодні можуть керувати проектами в галузі будівництва атомної електростанції, а завтра — розробкою програмного забезпечення. Разом із тим, значимість різних аспектів і деталей виконання проектів далеко не однакова

в різних сферах діяльності. Повною мірою це стосується інформаційної сфери економіки, до якої входять види економічної діяльності, які за своєю сутністю є проектними.

Під проектом у методології управління проектами розуміють процес створення нового кінцевого продукту — будь-якого виробу, споруди, заводу, інформаційної системи, нової організаційної структури, або будь-якого іншого реального результату.

Нині ще не можна стверджувати, що методологія управління проектами інформатизації повністю враховує специфіку цих проектів і що існує необхідна кількість фахівців, спроможних ефективно управляти цими проектами. Навпаки, підготовка фахівців з проектного менеджменту є однією з найголовніших проблем поширення методології управління проектами у сфері інформатизації.

Саме специфіці управління проектами інформатизації, зокрема управлінню якістю у проектах інтелектуальних інформаційних систем (ІС) присвячений основний зміст статті.

Слід зазначити, що дотепер значна частина ІТ-фахівців, у тому числі менеджерів ІТ-проектів, не розрізняють процеси розробки програмного забезпечення/інформаційної системи з власне процесами управління проектами з їх розробки. Щораз, коли змінюються підходи до розробки програмного продукту/інформаційної системи, менеджери відразу починають шукати нові шляхи управління проектами [2]. Це свідчить про те, що нині ще немає загального, інтегрованого уявлення про те, як визначати роботи, кошториси, як контролювати виконання проекту. Не всі чітко розуміють, що таке «предметна область» проекту (Scope). Тому предметна область ІТ-проектів зазвичай визначена дуже погано, і, зрештою, часто виявляється, що масштаби проекту значною мірою перевершують початковий план, а це викликає величезну кількість різних проблем.

Значного прориву у систематизації й унормуванню проектної діяльності в інформаційній сфері можна досягти через запровадження методологічного підходу, запропонованого й описаного в стандарті «де факто» РМВок, який чітко розмежовує два різних процеси — розробку продукту проекту й, власне, проектний менеджмент. Такий підхід робить професію проектного менеджера незалежною від предметної області (продукту проекту).

Відповідно до РМВОК проектний менеджмент — це привнесення додатково до робіт проекту знань, навичок, методів і засобів для задоволення або перевищення потреб і бажань зацікавлених осіб проекту [3]. Задоволення або перевищення потреб і ба-

жань останніх однозначно означає забезпечення балансу конкуруючих вимог відносно:

- внутрішнього середовища (змісту), часу, вартості та якості;
- різних потреб і бажань зацікавлених осіб;
- ідентифікованих і не ідентифікованих вимог (потреб).

Управління проектами як самостійна галузь професійної діяльності має власні методології, інструментарій і стандарти. Співтовариства професіоналів різних країн використовують різні методології управління проектами відповідно до обраної ними базової концептуальної моделі проектного підходу: процесного, системного (кібернетичного), менеджерського (діяльнісного).

Найбільшого поширення отримала процесна модель завдяки вже згадуваному PMBOK Американського інституту управління проектами (PMI), і стандарту ISO 10006:1997 («Менеджмент якості. Провідні вказівки по забезпеченню якості в менеджменті проектів»), що надав низці найважливіших положень PMBOK статусу стандарту де-юре.

Останнім часом швидко зростає інтерес до використання інших підходів, зокрема, «менеджерського», який більше ніж у 30 країнах світу прийнятий у якості офіційного базового підходу. Цей підхід знайшов відображення у міжнародних кваліфікаційних стандартах ICB IPMA — International Competence Baseline IPMA, а професійні національні асоціації майже 20 країн уже мають свої власні PMBOK, основою для яких є саме цей міжнародний стандарт [4].

Розвиваючись протягом кількох останніх десятиліть, проектний менеджмент (управління проектами) сьогодні є синтетичною дисципліною, яка поєднує методи, засоби й кращий досвід з різних галузей знань: фінансового, інноваційного та інвестиційного менеджменту, стратегічного планування, маркетингу, управління персоналом, макро- і мікроекономіки.

Загальні рецепти управління проектами на перший погляд прості й зрозумілі, оскільки засновані на структурованих досвіді й здоровому глузді. Проект треба почати з постановки й узгодження цілі, спланувати шлях її досягнення, виконати передбачені роботи, й успішно закінчити проект, досягнувши цілі, як було заплановано. Але в реальному житті рідко вдається зробити, як було заплановано, або реалістично запланувати унікальну діяльність. Тому системна модель управління проектами припускає постійний контроль виконання проекту, виявлення відхилень фактичного ходу виконання від запланованого, прийняття коригу-

вальних дій аж до узгодженого коригування параметрів проекту — строків, бюджету, навіть цілей.

В основі моделі системи управління проектом лежить узагальнена інформаційна модель проекту даної предметної області, правила, методи і засоби її формування й здійснення моніторингу проектів [5].

Основу інформаційної моделі проекту складають такі структурні моделі:

Sw — типові структури робіт проектів даної предметної області (Work Breakdown Structure — WBS);

Sp — типові структури продуктів проектів;

Sr — типові структури ресурсів, використовуваних у проектах;

Spr — типові структури процесів проекту;

Sc — типові структури витрат по проектах;

So — організаційні структури підприємств.

Тоді структурна складова інформаційної моделі проекту може бути представлена так:

$S^r = \langle Sw, Sp, Sr, Spr, Sc, So \rangle$

Конфігурація системи управління проектом включає такі складові:

- **L** — життєвий цикл проекту;

- **Φ** — фази проекту;

- **Fc** — фактори реалізації й контролю (зони параметрів контролю);

- **Wa** — атрибути робіт для проектів даної предметної області й оточення;

- **Ec** — система кодів елементів проектів і їхнього оточення;

- **D** — системи документів, що беруть участь у процесі управління проектом;

- **Pd** — продукти проекту;

- **Pc** — процеси підприємства;

- **RI** — ролі учасників проекту;

- **Pr** — ресурсний пул.

На нашу думку необхідно врахувати ще один параметр **Pp** — процеси проекту.

Тоді модель конфігурації системи управління проектом можна представити у такий спосіб:

$K_m = \langle L, \Phi, Fc, Wa, Ec, D, Pd, Pc, RI, Pr, Pp \rangle$.

Пропонована модель системи управління має такі властивості:

- повнота подання робочих моделей проектів;

- гнучкість у формуванні моделей при їхній прив'язці до предметної області, а також до оточення проектів;

- реалізованість у рамках існуючих інформаційних технологій управління проектами.

Результатом застосування такого підходу є модель проекту M^p , представлена у вигляді множини робіт $W=\{w_1, w_2, \dots, w_i, \dots\}$ і множини зв'язків $R=\{r_1, r_2, \dots, r_i, \dots\}$.

Тут відношення r_i визначається трійкою $\langle t_i, w_i, w_j \rangle$, де t_i — тип зв'язку, w_i, w_j — зв'язані роботи. У практиці моделювання проектів, у рамках PDM представлення (діаграм передування), використовуються такі типи зв'язків: фініш — старт, старт — старт, фініш — фініш і фініш — старт. При цьому параметр t_i несе інформацію про технологічну затримку або сполучення робіт w_i, w_j .

Отже, сформована модель проекту має такий вигляд:

$M^p = \langle W, R \rangle$.

Модель проекту M^p розширюється оточенням, сформованим на основі структур S^r і конфігурації K_m . При цьому формується розширена модель проекту M .

$M^o = \langle M^p, S^r, K_m \rangle$.

У рамках пропонованої моделі проект розглядається як безліч взаємозалежних процесів, які згруповані по фазах (етапах здійснення проекту, на яких досягаються визначені проміжні результати). Таке угруповання дозволяє відслідковувати досягнення цілей і підцілей проекту й оцінювати можливий ризик його виходу за встановлені обмеження.

Крім того, процеси проекту групуються по категоріях на процеси, пов'язані:

- з управлінням проектом;
- з продуктом проекту.

Відповідно до пропозицій PMI, виділяють такі процеси (фази), пов'язані з управлінням проектом [3]:

- ініціації — усвідомлення того, з чого має починатися проект або фаза і як здійснити цей початок;

- процеси планування — створення і підтримка працездатної схеми виконання завдань по проекту, які були зафіксовані раніше;

- процеси виконання — координування штату та інших ресурсів для здійснення плану;

- процеси здійснення контролю — перевірка того, що задачі проекту розв'язуються на тлі контролю виконання і в разі необхідності здійснення дій щодо коригування проекту;

- процеси закриття — формалізація закриття проекту (або фази) і доведення його (або її) до логічного завершення.

Процеси, орієнтовані на продукти, звичайно визначаються відповідно до життєвого циклу (фаз) проекту і варіюються залежно

від прикладної сфери. Зрозуміло, що процеси будівельного проекту будуть суттєво відрізнятися від проекту з розробки програмних продуктів або впровадження інтегрованої інформаційної системи тощо. Зміст будь-якого проекту залежить від прийнятої технології створення продукту проекту, стандартів, використовуваних у даній предметній сфері. Зокрема, стандарт ІСО/МЭК 12207:1995 «Інформаційні технології. Процеси життєвого циклу програмного забезпечення» групує дії, які можуть виконуватися протягом життєвого циклу програмного забезпечення на: п'ять основних процесів, вісім процесів з підтримки та чотири організаційні процеси. Кожний процес життєвого циклу поділяється на множину дій; кожна дія, у свою чергу, на множину задач. До *основних (базових) процесів* віднесено:

1. *Процес придбання (замовлення)*. Визначає дії підприємства-покупця, яке купує систему, програмний продукт або сервіс програмного забезпечення.

2. *Процес постачання*. Визначає дії підприємства-постачальника, яке поставляє покупцеві систему, програмний продукт або сервіс ПЗ.

3. *Процес розробки*. Визначає дії підприємства-розробника, яке формулює принципи побудови програмного виробу і розробляє програмний продукт.

4. *Процес функціонування*. Визначає дії підприємства-оператора, яке обслуговує систему (а не тільки ПЗ) у процесі функціонування в інтересах користувачів. На відміну від дій, які визначаються розробником в інструкціях по експлуатації, процес визначає дії оператора по консультуванню користувачів, формуванню зворотного зв'язку та інші дії, які він планує сам і бере на себе відповідні зобов'язання.

5. *Процес супроводу*. Визначає дії персоналу супроводу. Супровід програмного продукту включає: управління модифікаціями; підтримку його поточного стану та функціональної придатності; інсталяцію та вилучення програмного виробу з обчислювальної системи.

Стандарт описує вісім допоміжних процесів, які підтримують інші процеси ЖЦ, є його частиною і забезпечують відповідну якість проекту:

1. вирішення проблем;
2. документування;
3. управління конфігурацією;
4. забезпечення якості. Цей процес використовує результати наступних процесів групи забезпечення якості:

- процес верифікації;
- процес атестації;
- перевірка відповідності спільної оцінки (об'єднаних оглядів);
- процес аудиту (ревізії).

До *організаційних процесів* віднесено: процес управління; процес створення інфраструктури (визначає дії по створенню інфраструктури, яка підтримує процеси ЖЦ); процес удосконалення процесів ЖЦ; процес навчання і процес адаптації, який визначає дії, необхідні для адаптації стандартів до умов конкретного проекту.

Для успішного управління проектом необхідні як унікальні або майже унікальні знання (наприклад, побудова WBS-структури, метод критичного шляху тощо), так і знання з інших управлінських дисциплін, необхідні для планування, організації, роботи з персоналом, виконання і поточного контролю за виробничими діями тощо.

В РМВОК виділено такі галузі застосування знань з проектного менеджменту:

- управління інтеграцією в проекті — різні дії, необхідні для того, щоб основний процес був скоординований правильно;

- управління змістом (внутрішнім середовищем) проекту — процеси, необхідні для забезпечення того, щоб проект включав саме ті роботи, які необхідні для успішного його завершення;

- управління часом у проекті — процеси, необхідні для забезпечення того, щоб проект завершився вчасно;

- управління вартістю проекту — процеси, необхідні для забезпечення того, щоб проект не вийшов з рамок прийнятого бюджету;

- управління якістю проекту — процеси, необхідні для забезпечення того, щоб проект задовольняв ті потреби, задля яких він розроблений;

- управління трудовими ресурсами проекту — процеси, необхідні для забезпечення ефективного використання осіб, залучених до проекту;

- управління інформаційним зв'язком у проекті — процеси, необхідні для забезпечення своєчасного отримання, збору, поширення, зберігання та кінцевого розміщення проектної інформації;

- управління ризиком у проекті — процеси, пов'язані з ідентифікацією, аналізом і розвиненням реакції на ризик у проекті;

- управління закупівлями в проекті — процеси, необхідні для придбання товарів і послуг за межами виконавчої організації.

В таблиці 1 показано взаємозв'язок процесів і галузей застосування знань з проектного менеджменту відповідно до РМВОК.

Таблиця 1
ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ГРУП ПРОЦЕСІВ І ГАЛУЗЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ЗНАНЬ З ПРОЕКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Процеси й галузі знань	Групи процесів управління проектами по фазах проекту			
	Ініціація	Планування	Виконання	Моніторинг і управління
4. управління інтеграцією в проекті	4.1. Розробка Статуту проекту 4.2. Розробка попереднього опису змісту проекту	4.3. Розробка плану управління проектом	4.4. Керівництво й управління виконанням проекту	4.5. Моніторинг і контроль (управління) робіт проекту 4.6. Загальне управління змінами
5. Управління змістом проекту		5.1. Планування змісту проекту 5.2. Визначення змісту 5.3. Створення ієрархічної структури робіт (ICR)		5.4. Підтвердження змісту 5.5. Управління змістом
6. Управління часом у проекті		6.1. Визначення складу операцій 6.2. Визначення взаємозв'язків операцій 6.3. Оцінка ресурсів операцій 6.4. Оцінка тривалості операцій 6.5. Розробка розкладу		6.6. Управління розкладом
				4.7. Закриття проекту

Закінчення табл. 1

Процеси й галузі знань	Групи процесів управління проектами по фазах проекту				
	Ініціація	Планування	Виконання	Моніторинг і управління	Завершення
7. Управління вартістю проекту		7.1. Вартісна оцінка 7.2. Розробка бюджету витрат		7.3. Управління вартістю	
8. Управління якістю проекту		8.1. Планування якості	8.2. Процес забезпечення якості	8.3. Процес контролю якості	
9. Управління трудовими ресурсами проекту		9.1. Планування людських ресурсів	9.2. Набір команди проекту 9.3. Розвиток команди проекту	9.4. Управління командою проекту	
10. Управління інформаційним зв'язком у проекті		10.1. Планування комунікацій	10.2. Поширення інформації 10.3. Звітність по виконанню	10.4. Управління учасниками проекту	
11. Управління ризиками проекту		11.1. Планування управління ризиками 11.2. Ідентифікація ризиків 11.3. Якісний аналіз ризиків 11.4. Кількісний аналіз ризиків 11.5. Планування реагування на ризики		11.6. Моніторинг і управління ризиками	
12. Управління поставками проекту		12.1. Планування покупок і закупівель 12.2. Планування контрактів	12.3. Запит інформації в продавців 12.4. Вибір пролаівців	12.5. Адміністрування контрактів	12.6. Закриття контракту

Виникає питання: яка галузь знань є найважливішою з погляду ефективного управління проектом? Практика показує, що найважливішою стає та сфера діяльності, якій приділяється найменша увага. Саме вона звичайно породжує значну частину проблем. Разом із тим, безумовно, існує «ядро» проектного управління. Це так званий «трикутник» обмежень (залізний трикутник) управління проектами: управління змістом (*Project Scope Management*), управління часом (*Project Time Management*) і управління вартістю (*Project Cost Management*). Для того щоб нормально керувати проектом, менеджер проекту насамперед повинен знати, що власне є предметною областю проекту. По-друге, необхідно знати, скільки буде коштувати реалізація проекту з погляду трудовитрат або з погляду бюджету — це управління вартістю. І третє, необхідно визначити, як довго буде тривати цей проект — управління часом. Проект, що вважається успішним або ефективним, передбачає певні вимоги до якості. Підготовка і виконання таких вимог веде до необхідності управління якістю (*Project Quality Management*). Слід зазначити, що в проектах інформатизації «трикутник» обмежень перетворюється в квадрат через додавання ще однієї грані, яку представляє управління якістю проекту. Інші галузі — управління ризиками, управління трудовими ресурсами й т. д. — перебувають за межами «квадратного» обмеження й власне кажучи необхідні для того, щоб підтримувати виконання цих основних завдань ефективно й з високим рівнем успішності. Сказане не означає, що ці галузі є менш важливими для успіху проекту. Не слід забувати, що коли щось називають найбільш важливим, то це сприймають як дозвіл проігнорувати все інше, але коли ви починаєте щонебудь ігнорувати, воно й стає критичним для успіху проекту.

Зупинимось на проблемі управління якістю в проектах інформатизації на прикладі проектів інтелектуальних інформаційних систем. Важливість проблеми управління якістю для таких проектів, як і для будь-яких інших проектів з розробки складних програмних систем, підтверджується такою статистикою [6]:

- 15 % усіх програмних проектів так і не досягли свого завершення;
- перевищення вартості проектів на 100—200 % є звичайним явищем;
- перевищення вартості на 30 % у програмній індустрії вважається справжнім успіхом.

Управління якістю проекту — це складова проектного менеджменту, яка розглядає процеси, необхідні для забезпечення того,

щоб проект задовольняв ті потреби, задля яких він і розроблений. Вона має такі компоненти [3]:

- планування якості — визначення того, які стандарти якості застосовані до даного проекту і як домогтися відповідності їм;

- забезпечення якості — оцінка загального виконання проекту на регулярній основі для підтвердження того, що проект задовольняє стандарти якості;

- контроль якості — відстежування певних результатів по проекту для встановлення того, чи відповідають вони певним стандартам якості, і для визначення шляхів усунення причин незадовільного виконання.

Існує кілька підходів до управління якістю:

- **Контроль якості.** При цьому підході пропонуються різні способи виявлення недоліків «на виході». Готовий продукт або приймається, або відправляється на доробку. Якщо виявляються недоліки, досліджуються причини з метою усунення проблем. Це реактивний підхід до управління якістю.

- **Культура якості.** При цьому підході пропонується будувати взаємини усередині організації на підставі концепції «постачальник—споживач». Уводяться поняття внутрішніх і зовнішніх постачальників і споживачів. Це проактивний (попереджуюча дія) підхід. Відповідно до нього неякісний продукт просто не виробляється. Культура організації стає більш адаптивною й лояльною до змін. Це надто важливо для ІТ-галузі, що вирізняється високою динамічністю й конкуренцією.

Поняття якості адресується не тільки до продукту проекту, а й до управління самим проектом. Недотримання вимог якості в будь-якій з цих сфер може мати серйозні негативні наслідки для зацікавлених осіб проекту.

Справа в тому, що продукт повинен задовольняти певним запитам і вимогам споживача. Якщо сукупний продукт проекту відповідає сукупному очікуванню, виходить, розробники досягли високого рівня якості. Якщо ж якась складова відсутня — результат зворотний. Разом із тим, задоволення вимог споживача, наприклад, шляхом збільшення тривалості робочого часу для членів команди проекту може призвести до їх втоми і, відповідно, до негативних наслідків.

До розробки складних проектів інтелектуальних ІС залучаються великі програмістські колективи із професійним поділом праці, у яких необхідне регламентування координованої діяльності груп фахівців над єдиним проектом. Обіцянки розробників у контрактах створити високоякісні програми в погоджений термін

у багатьох випадках не виконуються. Часто це відбувається в силу того, що замовник і виконавець оцінюють рівень якості за різними критеріями, і спільності у цьому питанні в них немає, а підхід до оцінки якості програм недостатньо формалізований. Крім того, іноді не вистачає вміння правильно оцінити ресурси, необхідні для досягнення високої якості програм. У результаті якість програмної продукції часто залишається низькою, неможливою для достовірної оцінки й не конкурентоспроможною на міжнародному ринку. Тому найважливішою проблемою є використання міжнародних стандартів, що сприяють високій якості ПЗ і достовірному його оцінюванню з основною метою — зробити процеси проектів *керуваними*, а результати — *передбачуваними*.

Нині розвиваються два майже незалежних напрямки стандартизації якості програмних продуктів/інформаційних систем: серія стандартів якості ISO (Міжнародної організації стандартизації) і моделі зрілості SEI (Інституту програмної інженерії США). Ці два напрями методологічно дуже близькі й частково перетинаються за допомогою взаємних посилань.

Висновки. Ефективне управління проектами неможливе без управління якістю. Система управління якістю повинна охоплювати усі процеси, фази і етапи проекту, базуватися на аналізі можливих ризиків проекту. Це дозволяє реалізувати проблемно-орієнтований і гнучкий підхід до управління якістю проекту, починаючи з первинної оцінки існуючих процесів, опису варіантів реалізації, оцінки обраних рішень, визначення вимог до ресурсів проекту в кожний момент його реалізації й закінчуючи впровадженням ефективних методів управління проектом.

Література

1. *Круглов М. Г., Козлов П. М.* Управление качеством проектов корпоративных информационных систем. [Електрон. ресурс]: URL: http://www.iteam.ru/publications/quality/section_85/article_558/
2. *Клиланд Дэвид.* Социальный вклад дисциплины управления проектами / Открытые системы, № 1, 2004 [Електронний ресурс]: URL: <http://www.osp.ru/os/2004/01/070.htm>
3. Керівництво з питань проектного менеджменту: Пер. з англ. / Під ред. С. Д. Бушуєва. — 2-е вид., перероб. — К.: Видавничий дім «Деловая Украина», 2000. — 198 с.
4. *Товб А. С., Цинес Г. Л.* Управление проектами: стандарты, методы, опыт. — М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003. — 240 с.

5. Методология управления проектами. Программа подготовки украинских проектных менеджеров. — К., 2002.

6. Вронский Кирилл. Стандарты ISO и управление качеством проектов IT. [Електронний ресурс]: URL: www.msfestival.ru

7. Економіка знань та її перспективи для України/ За ред. акад. НАН України В.М. Гейця. — К. Ін-т екон. прогноз., 2005. — 169 с.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

УДК 004.822 004.5

І. А. Козак, канд. екон. наук, доц.,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

КОНЦЕПЦІЯ ОНТОЛОГІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. Сформульовано концепцію моделювання інформаційних систем на основі онтологій. Описано зміст онтологічних моделей та концептуальної схеми інформаційної системи. Запропоновано розширення UML для опису концептуальних схем.

ANNOTATION. The concept of modeling of the information systems on ontology base is worded in the article. The content of ontology models and information systems conceptual scheme is described. The expansion UML for description of the conceptual schemes is offered.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. онтології, моделювання, концептуальна схема, інформаційні системи.

На сьогоднішній день фахівці досить часто стикаються з ситуацією, коли нова інформаційна система (ІС) перестає їх задовольняти — з причини недостатнього аналізу вимог до системи при її створенні, чи під впливом соціально-економічних факторів, виникає необхідність у внесенні змін до системи. Розробка ж нових версій ІС за витратами часто перевищує початкову вартість її розробки. У зв'язку з цим виникає проблема — яким чином, за допомогою яких методів та інструментарію, забезпечити можливість модифікації інформаційних систем з мінімальними витратами. Дана проблема піднімається у багатьох публікаціях, серед яких відмітимо [1].

Особливо ця проблема актуальна для інформаційних систем віртуальних організацій, що характеризуються постійною зміною функціональних вимог (по мірі того, як змінюються задачі віртуальної організації).

Для вирішення цієї проблеми пропонувалися різноманітні концепції, зокрема, тут можна назвати і розробку інтелектуальних інформаційних систем, здатних «адаптуватися» під зміни і MDA (Model Driven Architecture) [2] — загальну архітектуру модель-орієнтованої розробки інформаційних систем. Остання передбачає розробку платформи-незалежної моделі — PIM (Platform Independent Model), що містить повний опис системи, однак не має деталей, що відносяться до реалізації та використовуваних технологій. А також перетворення PIM-моделі в PSM (Platform Specific Model), яка враховує особливості конкретної реалізації. Ключовою ідеєю даної архітектури є можливість повторного використання PIM-моделей при розробці нових версій систем та при розробці аналогічних ІС. Однак, на сьогодні, реалізації MDA поодинокі і часткові.

Більш того, відношення розробників до моделей, як основи інформаційних систем, не сформоване. Про це свідчать, наприклад, результати, викладені в [3]. Навіть ті розробники, які використовують моделювання в UML чи IDEF, моделі сприймають скоріше як чернетки, за допомогою яких можна уявити роботу системи і викинути їх, аніж використовувати повторно. Причини такого ставлення, на нашу думку, полягають, у першу чергу, в недосконалоості самих методів проектування, які не дозволяють однозначно та всебічно описати розроблювану систему і потім згенерувати на основі цього опису повноцінний код.

Основою сучасного методу проектування має бути деяка модель, яка дозволяла б описувати інформаційну систему повно і всесторонньо. Існують роботи, в яких у якості таких моделей розглядаються онтології.

Ідея про можливість проектування на основі онтологій була висловлена Guarino [4], яким відмічено, що кожна ІС має онтологію, яка не явно, але помітно вбудована в частини інформаційної системи. Guarino ввів поняття керованих онтологіями інформаційних систем (Ontology-Driven Information Systems — ODIS), та зазначив, що онтології можуть використовуватися в часовому вимірі під час розробки, використання чи інтеграції ІС, а в структурному вимірі для підтримки різних частин ІС — інтерфейсу користувача, бази даних та ін.

Подібні ідеї висловлюються також іншими авторами. Так, один із авторів зазначає [5], що будь-яке моделювання даних припускає чи передбачає вираження форм значень даних. І що досягнути домовленості між замовником і розробником можна

було б за допомогою онтологій, використовуваних як модель предметної області в процесі розробки.

Існують також роботи, в яких вказується, що ідеї використання онтологій як основи при розробці інформаційних систем, не нові. Так, у [6] говориться про те, що ще в 1978 році Tsichritzis D. та Klug A. С. запропонували використання «концептуальних схем» як шляху представлення та завантаження знань про предметну область.

В інших роботах обговорюється проблема відмінностей між онтологіями і концептуальними схемами. Детальний аналіз цих робіт зроблено в [7], де пропонується розглядати онтології і концептуальні схеми як два різноманітних рівні представлення інформації. Онтологіям відводиться роль моделей предметних областей, незалежних від конкретних реалізацій (не мають наповнення конкретними даними), тоді як концептуальні схеми повинні «зв'язувати» дані з онтологіями для конкретної інформаційної системи і виділяти з онтології ті її частини, що суттєві для реалізації інформаційної системи. Хоча й зазначається, що існує багато онтологій, у яких використовуються саме «конкретні» дані.

У роботі [8] досліджуються можливості зв'язування елементів специфікації схем з онтологіями і пропонується здійснювати анотування об'єктних специфікацій схем онтологічними поняттями.

У роботі [9] аналізуються властивості онтологій і зазначається, що формальні специфікації онтологій можуть частково співпадати з концептуальними моделями (схемами) інформаційної системи, однак не вказуються межі та приклади таких співпадань.

Важливим висновком з робіт [8—9] є те, що деякі типи онтологічних відношень пов'язані з концептуальними схемами.

У роботі [10] описано відображення в UML [11] онтологічних специфікацій на розширенні мови MOL, еквівалентному DAML+OIL. Для конструкцій MOL, для яких існують еквівалентні конструкції в UML, використовується відповідні нотації UML. В інших випадках використовується механізм стереотипів, що введений в UML для розширення мови. В результаті показано відображення типів понять (класи) та відношень тип-підтип (відношення узагальнення), а також атрибутів типа, асоціацій між типами та метатипів асоціацій.

У роботі [12] нами досліджено відображення в UML та в SQL концептів «об'єкт», «властивість», «значення» деякої метаонтології природної мови.

Висновок, що можна зробити з робіт [10, 12], — онтологічні моделі таксономій, партономій та композицій (див. [13]) можуть бути відображені у графічні представлення UML.

Менш дослідженими є відображення інших онтологічних моделей — процесних, сценаріїв, часових, просторових, архітектурних.

У роботі [14] пропонується метод проектування корпоративних інформаційних систем, оснований на формалізації семантики предметної області і процесу проектування. Корпоративні інформаційні системи розглядаються автором, як техніко-організаційні системи і описуються низкою моделей, узгоджених між собою. Це моделі: бізнес-процесів, організації, баз даних та програмного забезпечення, для їх опису використовується деяка спеціально розроблена метамова SemaFor. Для бізнес-процесів передбачається опис подій, для кожної з яких вказуються: Актори (пов'язані зі структурою організації), дані (пов'язані з сутностями БД), процеси (пов'язані з формами ПЗ). Для програмного забезпечення описуються таблиці, посилання, форми Обмеження даного підходу, названого автором методом семантичного моделювання, на нашу думку, полягають у першу чергу у необхідності формалізації семантики предметної області для кожної окремої системи, а також в обмежених можливостях генерації програмного забезпечення.

У роботах авторів ІАПУ ДВО РАН, серед яких основною є робота [1], для забезпечення можливості генерації користувацького інтерфейсу передбачається використання ряду онтологій: онтології предметної області (описує поняття предметної області та зв'язки між ними); онтології виразних засобів (описує множину інтерфейсних класів); онтології прикладної програми (описує множину інтерфейсів прикладної програми із наведенням функцій, що забезпечує кожний інтерфейс); онтології сценарію діалогу (описує граф, що відображає переходи між віконними класами).

Таким чином, підсумовуючи вищевикладені дослідження, можна говорити про те, що в основі концепції онтологічного проектування ІС мають лежати два типи моделей:

- 1) онтологічні моделі;
- 2) концептуальна схема ІС.

Різними авторами пропонуються онтологічні моделі різні за структурою та наповненням.

Для того, щоб відповісти на питання, що мають містити онтологічні моделі, розглянемо, як вони мають відображатися у схемі інформаційної системи і програмний код.

Так, на сьогодні, однією з найпоширеніших мов графічного моделювання є UML [11]. З її допомогою описуються концептуальні схеми ІС і за допомогою кодогенераторів далі генерується програмний код на обраній мові програмування.

Однак, вдало генеруються лише тіла методів класів. Чому? Тому що описаний проектувальником, наприклад, метод `create()` нічого не означає для кодогенератора. І в той же час в області програмування вже сформувалася термінологія, яку можна описати в онтологічних моделях і використати (вказати в концептуальних схемах). Аналогічно до того, як у візуальних засобах розробки ми обираємо тип елементу інтерфейсу, а програмний код для нього генерується автоматично, так само можна уявити середовище, що оперує окремими елементами інтерфейсу, прикладної програми, і т.п. та дозволяє підключати кодогенератори для різних мов програмування.

Тому може бути поставлена задача розробки онтології елементів об'єктно-орієнтованих програм (не лише елементів інтерфейсу чи відображення як в [1]).

Однак вибір елементів прикладної програми та інтерфейсів пов'язаний із побудовою ІС для певної предметної області. Тобто, концептуальна схема інформаційної системи це не просто набір елементів, а набір елементів, логічно ув'язаний на основі процесів розв'язання задачі. В кожній організації процеси розв'язання однієї й тієї ж задачі мають свої особливості, саме тому типові пакети вдалося розробити лише для деяких економічних задач. Однак, значна частина об'єктів і процесів все ж подібні. І, для забезпечення можливості їх повторного використання, можуть бути специфіковані — як об'єкти предметної області з їх властивостями та класифікаціями, так і зв'язки об'єктів з процесами та ін.

Тобто, первинною моделлю для проектування ІС має бути онтологічна модель ІС, яка не просто описує поняття предметної області (як в [1]), а описує ті ключові особливості, що мають значення для ІС.

Нами в [15] запропоновано використання онтологічних моделей, що описують інформаційну систему із врахуванням ключових онтологічних особливостей, виділених у [13].

Так, онтологічна метамодель може бути описана наступним чином. Нехай задано деяку множину об'єктів предметної області O_i . Для цих об'єктів задано таксономії: $T_i^k = \langle O_i, A_i^k, \{Z_{ij}^k\} \rangle$, де A_i^k — класифікаційна ознака, $\{Z_{ij}^k\}$ — множина j -их значень для i -го

об'єкта за k -ою ознакою. А також композиції: $P_i = \langle O_i, \{A_i\} \rangle$, де $\{A_i\}$ — множина атрибутів i -го об'єкта, та топології (аналогічно до композицій).

Зв'язки об'єктів з процесами, або процесну модель можна задати: $F_{ij} = \langle O_i, \{A_{ij}\}, N_j, R_{ij}, U_j \rangle$, де N_j — назва функції, R_{ij} — тип функціонального зв'язку (по входу чи по виходу, м.б. інший — контроль, механізм), $\{A_{ij}\}$ — множина атрибутів об'єкта, задіяна в функції, U_j — виконавець процесу. Для кожної функції можуть бути також задані процедури перетворення даних: $F_j = \langle N_j, \{A_j'\}, \{A_j''\}, \{\Phi_j\} \rangle$, де $\{A_j'\}$ — множина вхідних атрибутів для функції j , $\{A_j''\}$ — множина вихідних атрибутів функції j , $\{\Phi_j\}$ — множина функцій перетворення вхідних атрибутів у вихідні.

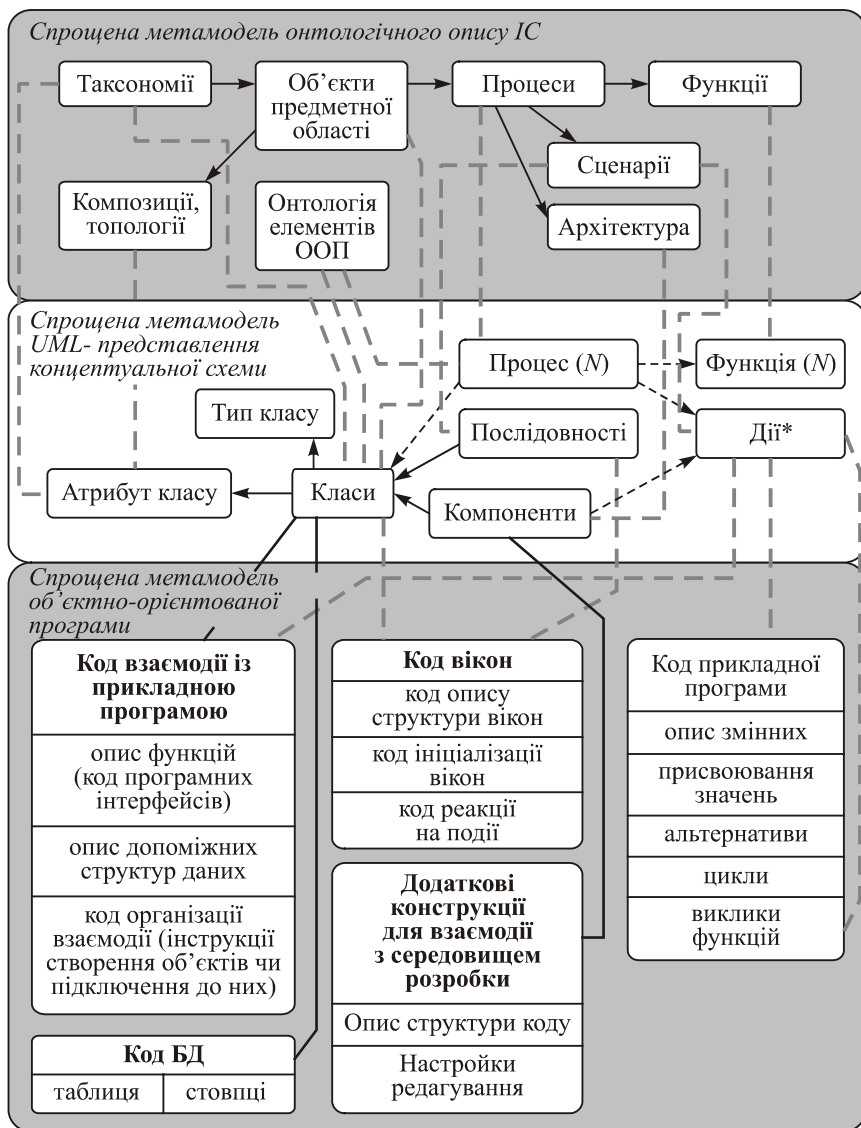
Причинно-наслідкові і часові зв'язки між процесами представимо як сценарії: $C_j = \langle N_j, \{N_j^a\}, \{N_j^p\}, Y_j, N_{j-1}, M_1 \rangle$, де N_j — функція сценарію, $\{N_j^a\}$ — альтернативні функції, $\{N_j^p\}$ — паралельні функції, Y_j — умова виконання, N_{j-1} — попередня функція. Дана модель названа нами багатовимірною семантичною, оскільки кожна онтологічна модель може бути розглянута як окремих вимір єдиної моделі та задана як бінарні відношення певного типу [15].

У загальному випадку формування інформації для конкретної схеми ІС полягатиме у виділенні відповідних підмножин з універсальної онтології й уточненні значень її характеристик на основі онтології об'єктно-орієнтованих програм.

Однак, на сьогоднішній день, уявлення про те, що вважати схемою ІС чітко не сформовані. Існують загальноприйняті уявлення лише щодо концептуальної схеми даних інформаційної системи на основі ER-моделі. Також загальноприйнятим є використання графічних символів для відображення різних аспектів функціонування ІС (наприклад, символів UML [11], IDEF (www.idef.com) чи ГОСТ 19.701—90 «Схемы алгоритмов, программ, данных и систем»).

Тому ми під концептуальною схемою інформаційної системи будемо розуміти опис її елементів за допомогою мови графічного моделювання, що дозволяє здійснити кодогенерацію цих елементів.

Перелік елементів, що описуватимуться концептуальною схемою визначається онтологічною моделлю, а їх характеристики — онтологією об'єктно-орієнтованих програм.



— — — Апропоновані відповідності, що на даний час не реалізуються сучасними засобами підтримки проектування
 (N) — Введені діаграми, * — Змінено зміст діаграми

За основу для візуального представлення концептуальних схем доцільним уявляється взяти мову UML, як одну із найпоширені-

ших мов графічного моделювання, та таку, що має широкі можливості для опису інформаційної системи.

На рис. 1 за допомогою спрощених метамodelей представлено відображення онтологічних modelей у концептуальні схеми та програмний код.

Для відображення концептуальних схем необхідне буде розширення змісту основних діаграм в UML для представлення процесів та сценаріїв функціонування ІС. Так, необхідне відображення зв'язків процесів з об'єктами та функціями перетворення даних. Для діаграм процесів можуть бути використані вже наявні піктограми дій, класів та акторів. Діаграми дій у цьому випадку можуть набути нового значення — відображення послідовності процесів (сценаріїв). Таким чином можна досягнути збільшення зв'язку дій з класами, та пов'язування з діями конкретних даних та інтерфейсів.

Надзвичайно важливе значення при проектуванні концептуальної схеми відіграє також онтологія об'єктно-орієнтованих програм, яка повинна використовуватися засобом підтримки онтологічного проектування на рівні стереотипів окремих елементів діаграм, а також розробниками кодогенераторів.

Висновки

Таким чином, ми сформулювали концепцію моделювання інформаційних систем на основі онтологій у рамках підходу MDA і визначили зміст двох основних modelей, що мають використовуватися при онтологічному моделюванні — онтологічної та концептуальної.

Як результат — виявлено необхідність розширення мови UML для забезпечення можливості відображення концептуальних схем. Також зазначено необхідність уточнення характеристик елементів діаграм за допомогою онтологій об'єктно-орієнтованих програм, за рахунок чого можлива генерація повноцінних кодів програм.

Подальші дослідження в даному напрямку пов'язані із:

- створенням онтології об'єктно-орієнтованих програм;
- уточненням метамodelей концептуальної схеми ІС;
- специфікації відображення онтологічних modelей у концептуальну схему та ін.

Розроблювана методологія проектування ІС на основі онтологій з одного боку орієнтована на полегшення роботи проектувальника за рахунок використання «готових» онтологічних modelей, генерації робочих прототипів систем, можливості залучення фахівців-економістів на ранніх етапах розробки. З іншого боку

вона має забезпечити вирішення проблеми швидкої модифікації систем (шляхом зміни старих та включення нових моделей) для тих предметних областей, в яких вимоги до ІС змінюються дуже швидко — зокрема віртуальних організацій.

Література

1. *Gribova V., Kleshchev A.* From an ontology-oriented approach conception to user interface development International // Journal Information theories & applications. 2003. vol. 10, num.1, p. 87—94.
2. MDA Guide Version 1.0. Joaquin Miller and Jishnu Mukerji (eds.), 2003. http://www.omg.org/mda/mda_files/MDA_Guide_Version1-0.pdf
3. *Bernhard R. Katzy, Gordon Sung.* State-of-the-Art of Virtual Organization Modeling. eChallenges Conference — Building the Knowledge Economy, Bologna, Italien, 22—24. October 2003.
4. *Guarino, N.* Formal Ontology and Information Systems, in N. Guarino (Ed.) Formal Ontology in Information Systems, Amsterdam, Netherlands: IOS Press, (1998) pp. 3—15.
5. *Hirschheim, R. A., H.-K. Klein, and K. Lyytinen* (1995) Information Systems Development and Data Modeling: Conceptual and Philosophical Foundations. Cambridge; New York: Cambridge University Press.
6. *Sowa, J.* (2000) Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and Computational Foundations. Pacific Grove, CA: Brook/Cole.
7. *Fonseca, F. and J. Martin* (2007) «Learning the Differences Between Ontologies and Conceptual Schemas Through Ontology-Driven Information Systems,» JAIS — Journal of the Association for Information Systems — Special Issue on Ontologies in the Context of IS Volume 8, Issue 2, Article 3, pp. 129—142, February 2007.
8. *Скворцов Н. А.* Связывание объектных спецификаций по семантике онтологического уровня // Труды 8-ой Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции» — RCDL'2006, Суздаль, Россия, 17—19 октября, 2006.
9. *Шалфеева Е. А., Грибова В. В.* Внутренние свойства онтологий // Труды IV Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» SICPRO'05. Москва, 25—28 января 2005 г. — М.: Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2005. — С. 1109—1128.
10. *Брюхов Д. О., Тюрин И. Н.* Представление онтологических спецификаций посредника в UML // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции. Труды Четвертой Всероссийской научной конференции RCDL'2002 Дубна, 15—17 октября 2002 г. — Т. 2. — С. 251—256 — http://rcdl2002.jinr.ru/Reports/Vol_2/vol2_251-256.pdf

11. Object Management Group, OMG. Unified Modeling Language (UML). Specification: Infrastructure, version 2.0, OMG Adopted specification ptc/03-09-15 edition, 2003.

12. Козак І. А. Можливості трансформації текстів на природній мові в графічні моделі // Економіка: проблеми теорії та практики. Зб. наук. праць. — Вип. 222. — Т. II. — 2007. — С. 356—362.

13. Шалфеева Е. А. Классификация структурных свойств онтологий // Искусственный интеллект. — 2005. — Т. 3. — С. 67—77.

14. Тюрганов А. Г. Формализованные понятийные модели для проектирования организационно-технических систем // Искусственный интеллект. Десятая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2006. — Обнинск, 25—28 сентября 2006 года. — Т. 1—3. — 2006. — 1112 с. — <http://www.raai.org/resurs/papers/kii-2006/doklad/Turganov.doc>

15. Козак І. А. Модель опису онтології інформаційних систем віртуальних організацій // Друга науково-практична конференція з міжнародною участю «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2007». Тези доповідей. — К., 2007. — 25—29 червня 2007 р. — С. 93—96.

Стаття надійшла до редакції 19.06.2008

УДК 330.47, 651:004

В. П. Кукоба, канд. екон. наук,
докторант кафедри економіки підприємств
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ПРОЕКТУВАННЯ НА ОСНОВІ ВДОСКОНАЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА

АНОТАЦІЯ. Представлено основні напрями та ефективні методи удосконалення інформаційних систем підприємств, що є основою сучасного організаційного проектування. Обґрунтовано необхідність розроблення й впровадження удосконаленої інформаційної мови. Запропоновано використання операційного методу ідентифікації інформаційних даних і моделювання інформаційних потоків на основі поєднання операційного та лінгвістичного аналізу. Оцінено ефективність оптимізації інформаційних систем з точки зору упорядкованості організації діяльності на підприємстві.

ANNOTATION. In article the basic directions and effective methods of perfection of information systems of the enterprises which form a basis of modern organizational designing are presented. Necessity of development and

introduction of the advanced information language is proved. Use of an operational method of identification of details and modelling of information streams on the basis of association of the operational and linguistic analysis is offered. Efficiency of optimization of information systems from the point of view of orderliness of the organization of activity at the enterprise is estimated.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. організаційне проектування, інформаційна систем, інформаційна мова, ідентифікація показників, методи аналізу інформації.

Сучасне промислове підприємство неможливо уявити без комплексу комп'ютерних систем, що забезпечують швидке прийняття ефективних господарських рішень. Бурхлива активізація суспільного виробництва в останні десятиліття, створення та впровадження новітніх технологій виготовлення продукції, поставили за необхідність застосування адекватних інформаційних систем. Реформування промислового виробництва в Україні актуалізувало процеси розроблення й застосування інформаційних систем для проектування організаційного стану суб'єктів підприємницької діяльності. У цьому контексті дослідження архітекτονіки, ієрархії та процесів функціонування інформаційних систем, а також розроблення методів застосування таких систем при організаційному проектуванні призводять до необхідності ґрунтовного розгляду новітніх складових теорії, методології та прикладки інформаційного забезпечення організації ефективної діяльності підприємств.

У останні роки набули поширення інформаційні системи, що забезпечують підтримку прийняття управлінських рішень, дещо менші досягнення є й у сфері застосування інформаційних технологій та апаратних комплексів при виготовленні продукції у промисловості України. Для цього розроблено досить багато систем, які за рахунок своєї цільової орієнтації надають користувачеві набір зручних засобів, що спрощують та здешевлюють бізнес-процеси на підприємствах [1, 2, 4]. Однак ці системи мало орієнтовані на проектування організації діяльності підприємства — у них недостатньо приділена увага математичному інструментарію побудови раціональної організації на підприємстві.

Загалом, організаційне проектування підприємства у більшості випадків передбачає формування його організаційної структури, встановлення характеру та технології взаємозв'язків між структурними підрозділами, визначення регламентів діяльності складових елементів підприємства, оптимізацію документальних та інформаційних потоків тощо. У цій сукупності проектних ро-

біт найскладнішим виявляється здійснити оптимізацію інформаційних потоків підприємства, що супроводжують його матеріальні потоки, документальні носії, технологічні процеси й господарські рішення. Так, у процесі дослідження встановлено, що співвідношення кількості документів, які відправляються у зовнішнє середовища підприємства, і таких, які воно отримує, становить 1 до 5. У сукупності внутрішніх документів, які циркулюють у самому підприємстві не більше 10 % форм документів використовуються для підготовки документів, що виходять за межі підприємства. При цьому, за обсягами документації і інформації в них ці документи становлять близько 50 % загального документообігу підприємства. Як правило, ці документи мають типову форму й не можуть бути змінені за бажанням проєктантів лише усередині підприємства. Подібний факт значно звужує область удосконалювання інформаційної системи окремо для кожного підприємства, але й збільшує можливості організаційного проєктування в аспекті раціоналізації здійснення бізнес-процесів та зниження трансакційних витрат суб'єкта господарювання.

Інформаційні системи промислових підприємств мають багато якісних і кількісних ознак [3, 6, 7]. До числа найважливіших якісних ознак відносять: вид і групу інформаційних складових (компонент), а до кількісних — кількість форм і кількість одиниць. Будь-які операції з визначення різних властивостей інформаційної системи неможливі без детального вивчення її інформаційних складових. Істотним при вивченні руху інформаційних складових є не тільки їхнє переміщення з одного підрозділу в інше, але й характер відносини цих підрозділів у процесах обробки і передачі компонент як одиниць ієрархічної системи. У межах інформаційної системи підприємства існують три внутрішніх рівні, тобто рівні усередині системи, і один зовнішній, вищого порядку, ніж внутрішні.

При організаційному проєктуванні підприємства встановлення параметрів його інформаційної системи має велике значення, особливо у контексті періодичності обробки й складання документів. Знання часових характеристик потоків інформації дозволяє більш рівномірно розподілити навантаження працівників і забезпечити чітку й безперебійну їх роботу. В більшості випадків активно використовувані форми документів стають основою таких, що автоматично формуються, машинограм.

Дослідження показали, що найбільша кількість форм документів мають періодичність виникнення рік і місяць. Велика кіль-

кість річних документів містить у собі інформаційні дані, що акумулюються в основному в різного виду журналах, які, як правило, ведуться протягом року і потім передаються у архіви. Тому журнали дуже часто стають первинними поряд з іншими такими документами, тобто документами, що відображають безпосередні виміри економічної діяльності підприємства. Саме документи первинного обліку стають основою розроблюваних при організаційному проектуванні інформаційних систем підприємства та його структурних підрозділів. Складніше з документами, що мають місячну періодичність утворення. Як правило, це різного роду звіти про діяльність підприємства і його підрозділів, тобто синтетичні документи. Форми цих документів найчастіше є типовими й можуть бути змінені (а також усунуті або введені нові) тільки за узгодженням з вищими організаціями.

Аналіз параметрів інформаційних потоків підприємств дав можливість встановити, що наявність великого обсягу документообігу, який майже цілком замикається в одному ієрархічному рівні, свідчить про те, що на цьому рівні надмірно виражена функціональна складова діяльності. При цьому, кожне з функціональних підрозділів рівня — досить автономно функціонує, щоб мати право на формування документів. У таких випадках при організаційному проектуванні переглядається ступінь централізації прийняття рішень, чим знижується функціональність окремих документоутворюючих підрозділів. За рахунок цього в середньому по промисловому підприємству скорочується близько 45 % «надлишкових» форм документів.

Вербальне вивчення інформаційних потоків економічної організації дозволило встановити, що їх динаміка носить дискретний характер і представляється буквами, цифрами, символами відповідності до встановлених правил мови — нашої природної мови. Недоліки такої мови (синонімія, омонімія, надмірність і т.д.) викликали появу низки формальних мов, тобто мов, побудованих за правилами деяких логічних обчислень. Переважна більшість цих мов розроблено для роботи з комп'ютерними системами. Але жодна з розроблених формальних мов не придатна у повній мірі для безпосереднього опису перетворень економічної інформації. На нашу думку, для забезпечення необхідного рівня якості інформаційної системи згідно вимог організаційного проектування загальноприйнятним у даний час є розроблення інформаційних мов цільового й галузевого призначення.

Удосконалення інформаційної системи підприємства не зупиняється тільки на розробленні відповідної інформаційної мови. Окрім неї слід удосконалити склад та методи визначення показників, їх взаємозв'язки і алгоритми утворення показників у процесах обробки інформації [5, 8]. Для випадку автоматизованої обробки даних інформаційна мова є проміжною ланкою при інтерсеміотичній транспозиції зі звичайної природної мови на мову комп'ютерних систем. До інформаційної мови крім вимог жорсткої формальної логіки й певної «гнучкості» опису повинні пред'являтися ще вимоги достатньої простоти в практичному її використанні. Вона повинна мати напівтверду структуру. А в основу правил запису формул перетворення вищенаведеною мовою доцільно покласти матричну форма композиції показників у документах. При використанні двовимірної матриці, де найменування рядків і стовпців позначаються неповторюваними ознаками, а елементи матриці — основа. У такому випадку кількість показників зменшується у чотири рази за рахунок усунення їх дублювання. Використання матричної форми дозволяє різко скоротити час розробки тезауруса показників.

Основою процесу усунення дублювання показників є їхня ідентифікація. Хоча ідентифікацію показників на основі лінгвістичного аналізу їхніх повних найменувань не можна визнати в цей час надійною у практичному плані [9]. Це викликано, насамперед, невпорядкованістю природної мови, її численною омонімією, синонімією тощо. Для забезпечення найбільшої ефективності ідентифікації показників доцільно використовувати «операційний метод». Відповідно до нього алгоритм формування показника вважається єдиною ознакою, за якою проводиться ідентифікацію показників. Однак при цьому робиться допущення, що кожному не дубльованому показнику відповідає одна операція формування й навпаки. У той же час слід мати на увазі, що існує багато показників, які розраховуються різними способами. Крім цього, ті самі операції формування практично можуть здійснюватися в різній послідовності, що різко ускладнює ідентифікацію показників.

Процес ідентифікації показників доцільно проводити комплексно, тобто з використанням усіх зручних і надійних методів. При організаційному проектуванні підприємств слід використовувати таку схему машинної ідентифікації показників: показникам нульового рівня привласнюються числові значення, що моделюються за допомогою генератору випадкових чисел; через формули перетворення проводиться розрахунок усіх досліджува-

них показників інших більше високих рівнів; процес повторюється кілька разів; вся сукупність показників розбивається на групи однакових значень для всієї серії розрахунків (будь-яка група показників (у кількості не менше двох) є групою потенційно ідентичних показників); застосовуються в будь-якій послідовності методи операційного й лінгвістичного аналізу (лінгвістичному аналізу віддається перевага, тому що операційний аналіз виявляється неефективним у випадку зміни порядку розрахунку або при елементарних алгебраїчних перетвореннях). Збіг результатів при застосуванні різних методів дозволяє вважати досліджувану групу показників реально ідентичною. У тому випадку, якщо лінгвістичний або операційний аналізи дають різні результати, доцільно здійснювати постредугування.

Попереднє моделювання розрахунків усієї системи показників не тільки відразу виявляє групи потенційно ідентичних показників, причому найшвидшим способом, але й робить операційний і лінгвістичний аналіз надзвичайно цілеспрямованим. А цей факт має велике значення, оскільки програми операційного й лінгвістичного аналізу, через їхню складність, працюють досить повільно.

Дослідження потоків економічної інформації на рівні показників дозволяє виявити низку недоліків в організації праці та управління на підприємстві, які дуже важко визначити іншим шляхом. Обстеження промислових підприємств України показали, що на значній більшості підприємств майже повсюдно недосконала організація підготовки й обробки облікової інформації в системі оперативного управління виробничими процесами. Це вказує на низький рівень організації діяльності цих суб'єктів господарювання й орієнтує проєктантів на необхідність упровадження хоча б окремих локальних організаційних рішень.

Представлені у статті напрями та методи удосконалення інформаційних систем підприємств, що є основою сучасного організаційного проєктування, можуть дозволити значно підвищити ефективність діяльності підприємницьких структур. Розроблення й упровадження удосконаленої інформаційної мови, сформованої на основі матричного методу композиції показників, широке використання операційного методу ідентифікації інформаційних даних та моделювання інформаційних потоків на основі поєднання операційного й лінгвістичного аналізу спрощує процеси обробки інформації і прискорює швидкість функціонування комп'ютеризованих систем. Така оптимізація інформаційних систем підвищує упорядкованість (рівень організації) на підприємстві й

значно знижують трудовитрати та трансакційні витрати на виробничих підприємствах.

Література

1. Булкин Б. Е. Теория организационных систем. Исследования, проектирование и моделирование: Монография. — СПб.: СПбГУЭФ, 2005. — 158 с.
2. Егоров В. Н. Основы экономической теории надежности производственных систем / В. Н. Егоров, Д. И. Коровин. — М.: Наука, 2006. — 526 с.
3. Колбасин А. М. Определение статистических характеристик непрерывных технологических процессов // Автоматизация управления предприятиями промышленности и транспортного комплекса. Сб. науч. тр. — М.: МАДИ. 2006. — С. 127—130.
4. Коровин Д. И. Логические принципы в организации производства. — Иваново: ИвГУ, 2006. — 156 с.
5. Мельник І. Є. Агрегована методика реінжинірінгу на основі методу аналізу ієрархій // Актуальні проблеми гуманізації та гармонізації управління та регулювання економікою // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Серія економічна. — Вип. 612. — Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2003. — С. 179—185.
6. Мкртычев С. В. Имитационная модель учета материальных потоков для производств передельного типа // Современные проблемы информатизации в моделировании и программировании: Сб. трудов. Вып. 11 / Под ред. д-р техн. наук, проф. О. Я. Кравца. — Воронеж: Научная книга, 2006. — С. 195—196.
7. Тимофеев Ю. В., Пермяков А. А., Приходько О. Ю. Информационная модель объекта обработки в САПР агрегатных станков. // Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье. Сборник научных трудов ХГПУ. — Харьков: ХГПУ, 1998. — Вып. 6. — С. 219—223.
8. Юрчик П. Ф., Лукашук П. И., Соленов А. Г., Москалев А. Г. Технология принятия решений в системах управления предприятиями промышленности и транспортного комплекса // Интегрированные технологии автоматизированного управления: Сб. науч. тр. — 2005. — МАДИ(ГТУ). — С. 61—67.
9. Янчук И. В. Анализ характеристик надежности параллельно сходящейся системы с учетом различных видов простоев // Оптимизация производственных процессов: Сб. науч. тр. — Севастополь, 2002. — Вып. 5. — С. 161—166.

Стаття надійшла до редакції 25.06.2008

В. М. Гужва, канд. екон. наук, доцент,
кафедра інформаційних систем в економіці,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ЕВОЛЮЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ФОРМ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ: ВІД ВЕРТИКАЛЬНИХ ДО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

АНОТАЦІЯ. В ринкових умовах успіху досягають тільки ті підприємства, які здатні швидко реагувати на зовнішні збурюючі впливи (впливи з боку постачальників ресурсів та споживачів продукції). Якість такого реагування головним чином залежить від того, настільки ефективною є система управління конкретним підприємством. Основними елементами системи управління підприємствами є, по-перше, відповідні логістичні концепції, а, по-друге, організаційні форми (моделі) управління.

Проведено аналіз: 1) логістичних концепцій, які є концептуальним ядром системи управління будь-яким виробничим підприємством, 2) організаційних форм (моделей) управління підприємствами (від вертикальних до інтелектуальних підприємств).

ANNOTATION. In the market conditions success is achieved by enterprises which are able to react quickly in outer influences (supplier's influence and consumer's production). Quality of react depends on how effective is system of management enterprises. The main system elements are first of all the logical conceptions and the second organizational forms (models) of management.

An analysis is conducted in the article: 1) logistic conceptions which are the conceptual kernel of control the system by any production enterprise, 2) organizational forms (models) of management enterprises (from vertical to the intellectual enterprises).

КЛЮЧОВІ СЛОВА. організаційно-економічна стійкість, система управління, логістична концепція, вертикальне підприємство, горизонтальне підприємство, інтелектуальне підприємство, знання, система управління знаннями.

Поняття організаційно-економічної стійкості підприємств у ринкових умовах. В умовах сьогодення будь-яке промислове підприємство необхідно розглядати в постійному взаємозв'язку з постачальниками виробничих ресурсів і споживачами готової продукції. При постійно зростаючій конкуренції успіх діяльності підприємства залежить від адекватного та своєчасного реагування на постійні зміни в зовнішньому середовищі. Тому підприємство повинно мати механізми керування, що дозволяють здійснювати адаптацію до ринкових умов і конкуренції на світових

ринках виробників. Йдеться, по суті, про організаційно-економічну стійкість підприємств.

Під *організаційно-економічною стійкістю* слід розуміти спроможність підприємства зберігати економічну ефективність при можливих змінах ринкової кон'юнктури шляхом адаптації, своєчасного удосконалення і цілеспрямованого розвитку його виробничо-технологічної й організаційної структури методами логістико-орієнтованого управління.

Очевидно, що стійкість підприємства в такому розумінні головним чином залежить від того, настільки ефективною є відповідна система управління.

Проаналізуємо розвиток систем управління промисловими підприємствами з двох точок зору: 1) з точки зору еволюції логістичних концепцій, що є «серцевиною» систем управління підприємствами; 2) з точки зору еволюції організаційних форм (моделей) управління підприємствами.

Короткий огляд розвитку логістичних концепцій управління сучасними підприємствами. Візуально еволюцію логістичних концептуальних підходів до управління підприємствами можна представити у вигляді відповідного графіка (рис. 1) [1].

Аналіз показує, що перші три концепції — «Планування матеріальних ресурсів (MRP), «Планування виробничих ресурсів» (MRP II) та «Планування ресурсів підприємства» (ERP) — виключно орієнтовані на внутрішню діяльність підприємств, практично не враховують вплив зовнішніх ринкових факторів (постачальників, споживачів, конкурентів). З точки зору управління ресурсами на підприємстві співвідношення між цими концепціями можна представити у вигляді таких символічних формул:

$$\text{MRP II} = (\text{MRP} \cup \text{CRP}), \quad (1)$$

$$\text{ERP} = (\text{MRP II} \cup \text{FRP}) = ((\text{MRP} \cup \text{CRP}) \cup \text{FRP}), \quad (2)$$

де CRP — модуль планування виробничих потужностей на підприємстві;

FRP — модуль планування фінансових ресурсів на підприємстві.

Концепція «Планування ресурсів підприємства, синхронізоване з вимогами споживачів» (CSRP) враховує вплив ринку споживачів, ігноруючи вплив ринку постачальників. Символьно зв'язок цієї концепції з вище розглянутими можна представити як:

$$\text{CSRP} = (\text{ERP} \cap \text{CRM}), \quad (3)$$

де CRM — модуль управління відношеннями зі споживачами.

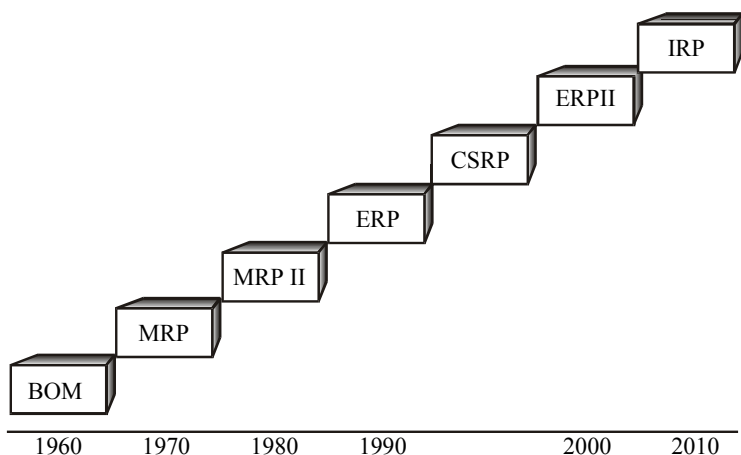


Рис. 1. Еволюція логістичних концепцій за видами ресурсів, управління якими здійснюється

Наступна з досліджених концепцій — «Планування ресурсів підприємства з урахуванням ланцюгів постачань» (ERP II) — враховує вплив як постачальників, так і споживачів та може слугувати основою сучасних логістичних систем управління підприємствами, здатних сприяти забезпечення стійкості підприємств у ринковому середовищі. Зв'язок цієї концепції з вище розглянутими можна представити як:

$$\text{ERP II} = (\text{CSRP} \cup \text{SCM}), \quad (4)$$

де SCM — модуль управління ланцюгами постачань на підприємстві.

Разом з тим, необхідно зазначити, що на сьогодні загальнови-знаним є твердження, у відповідності з яким сучасна економіка поступово стає *економікою знань*. Саме знання — ні сировина, ні матеріали, ні виробничі ресурси, ні енергія, ні навіть інформація у формі звичайних даних — саме знання стають основним ресурсом, який визначає як рівень добробуту і обороноздатності країн у цілому, так і успіх діяльності окремих суб'єктів господарювання, зокрема, промислових підприємств [3]. А це означає, що на порядок денний виходить концепція управління (планування) знаннями, тобто *інтелектуальними ресурсами* (IRP). На відміну від попередніх ця концепція, по-перше, ще не достатньо розроблена в теоретичному плані, а, по-друге, як наслідок — відсутні приклади її практичної реалізації в повному обсязі.

Еволюція організаційних форм (моделей) управління підприємствами. В умовах сьогодення поступово відходить у минуле ера класичних підприємств — на порядок денний постають питання щодо розробки нових організаційних структур підприємств, які б забезпечували постійне перепроєктування й кардинальне поліпшення його ділових процесів, оптимізацію взаємодії між різними підрозділами й службами підприємства, між підприємством і замовниками, між підприємством та його постачальниками і підрядниками.

Усе це приводить до неухильного переходу від централізованих до розподілених організаційних моделей. На зміну класичним підприємствам приходять нові структури організації підприємств, такі як «горизонтальне», «розширене», «віртуальне», і, нарешті, «інтелектуальне» підприємство. Коротко розглянемо перераховані організаційні моделі управління підприємствами.

1) *Вертикальне підприємство.* Це традиційне ієрархічне функціональне підприємство, що складається з підрозділів (відділів), кожен з яких виконує певні функції. Робота в традиційній компанії, як правило, передається зверху вниз — від менеджерів (старших, середніх, лінійних) до виконавців, а результати рухаються у зворотному напрямку. В рамках такої організаційної моделі найбільш важливими і критичними є вертикальні (субординаційні) зв'язки, а не горизонтальні, що координують діяльність підрозділів. Саме тому традиційні підприємства називають *вертикальними*.

2) *Горизонтальне підприємство.* Поняття *горизонтального підприємства* — це приклад організації нового типу, де горизонтальне керування між підрозділами (координація їх діяльності) і зовнішні горизонтальні зв'язки виявляються більш важливими й критичними параметрами ефективності, чим традиційне вертикальне керування. Горизонтальне підприємство утворюється не на базі функцій або відділів, а навколо провідних процесів, кожний з яких спрямований на досягнення певної мети.

3) *Розширене підприємство.* В умовах швидких і важко передбачуваних змін кон'юнктури ринку виникає нове покоління підприємств, які, аж ніяк не прагнучи стати монолітними організаціями, мають відкриту, розподілену й змінну мережну структуру, коли усередині підприємства зосереджені головні, стратегічні знання, процеси й ресурси, а інші, менш важливі процеси й компоненти, виводяться назовні й довіряються постачальникам, підрядникам та іншим зовнішнім партнерам. Подібна стратегія дозволяє зібрати воедино і раціональніше використовувати обмежені

ресурси підприємства, наприклад, застосовуючи їх для досягнення вирішальних переваг у конкурентній боротьбі.

4) *Віртуальне підприємство*. *Віртуальне підприємство* по суті означає мережну, комп'ютерно опосередковану організаційну структуру, що складається з неоднорідних компонентів, розташованих у різних місцях [2]. Віртуальне підприємство створюється шляхом відбору потрібних організаційно-технологічних ресурсів з різних підприємств і їх комп'ютерної опосередкованої інтеграції, що приводить до формування гнучкої, динамічної організаційної системи, найбільш пристосованої для швидкого випуску нової продукції і її оперативного постачання на ринок.

5) *Інтелектуальне підприємство*. Інтелектуалізація в бізнесі пов'язана з підтримкою колективної діяльності, що має на увазі формування соціальних цілей і побудову засобів їх досягнення з метою отримання прибутків. «Інтелектуальність» підприємства, що розуміється як форма організації бізнесу, залежить, головним чином, від таких чинників, як:

- 1) структура підприємства;
- 2) історія і культура підприємства;
- 3) зберігання знань співробітників на машинному носії;
- 4) наявність розвинених комунікаційних і інформаційних технологій, що забезпечують оперативну взаємодію підприємства із замовниками і партнерами;
- 5) гнучка адаптація до змін ринкового середовища тощо.

Очевидним є той факт, що *інтелектуальне підприємство* — це таке підприємство, яке обов'язково має *систему управління знаннями (СУЗ) (Knowledge Management System - KMS)*.

Існують різні визначення управління знаннями (УЗ). Приведемо визначення Gartner Group: «Управління знаннями — це дисципліна, яка забезпечує інтегрований підхід до створення, збору, організації і використання інформаційних ресурсів підприємства і доступу до них. Ці ресурси включають структуровані БД, текстову інформацію, таку, як документи, що описують правила і процедури, і, що найбільш важливо, неявні знання і експертизу, що знаходяться в головах співробітників» [5].

Ключовими технологіями, без яких неможливо реалізувати на практиці систему управління знаннями й основні функції, що розширюють здатності користувачів перетворювати інформацію в знання, є:

- *інструментальні засоби (ІЗ) спільної роботи людей, такі як групове програмне забезпечення й системи керування документообігом;*

• системи, засновані на знаннях, такі як *Case-based Reasoning (CBR)*;

• системи пошуку знань і навігації по знаннях, що забезпечують, зокрема, однорідний доступ до інформації через єдиний інтерфейс — до текстів, стандартних форм, графіків, внутрішніх і зовнішніх даних;

• ІЗ для взаємодії з БД і інформаційно-пошуковими системами природньою мовою тощо.

Перелік можливих функцій управління знаннями в рамках СУЗ інтелектуальних підприємств наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вид функцій УЗ	Перелік функцій УЗ
1. Збір знань	1) доступ до різномірних джерел інформації; 2) видобуття знань; 3) виділення структурованої інформації (контент-аналіз тощо); 4) виділення зв'язків між документами; 5) попередній аналіз; 6) кластеризація та рубрикація тощо
2. Створення рубрики по запиту або набору еталонних документів	1) кластеризація (автоматичне створення рубрикатора); 2) накопичення знань користувачів; 3) зворотній зв'язок з користувачами тощо
3. Зберігання та обробка знань	1) зберігання знань; 2) структурування знань у різних розрізах; 3) модифікація знань тощо
4. Доставка знань	1) перегляд інформації без пошуку; 2) пошук інформації (повнотекстовий, атрибутивний, за зразком); 3) оповіщення користувачів про зміни; 4) зв'язування документів і експертів тощо

До числа основних показників інтелектуальності підприємства слід віднести:

1) сукупний досвід підприємства (нагромадження, систематизація та збереження корпоративних знань, створення великих розподілених баз знань, організація стандартів на знання, керування знаннями);

2) системна одиниця підприємства (та, що зберігає його основні властивості, як цілого, наприклад, фрактал, холон або агент);

3) структура підприємств (мережна; відкрита; така, що самоорганізується; така, що самооновлюється);

4) зв'язки (горизонтальні, координаційні, гнучкі, змінні);

5) поведінка підприємства (активна, цілеспрямована, кооператива поведінка, що задовольняє екстремальним принципам, з наявністю пріоритету коаліційних стратегій над конкурентними стратегіями);

6) розвиток підприємства (коєволюція, коадаптація — гнучка адаптація підприємства до зовнішнього середовища, взаємна адаптація й координація дій партнерів);

7) керування (дуальне, децентралізовано-централізоване);

8) комп'ютерні технології (наявність розвинених інформаційно-комунікаційних технологій, що забезпечують ефективну взаємодію підприємства із замовниками й підрядниками);

9) історія й культура підприємства тощо.

На закінчення слід зазначити, що для якнайшвидшої реалізації концепції «інтелектуальних підприємств» потрібні спільні зусилля як з боку наукових установ (наприклад, щодо розробки «економічно стійких» моделей інтелектуальних підприємств), так і з боку комерційних структур у галузі інформаційно-комунікаційних технологій (наприклад, для розробки спеціалізованих програмних засобів побудови ефективних систем управління знаннями).

Література

1. Гужва В. М. Інформаційні системи управління підприємством — від планування матеріальних ресурсів до динамічного моделювання діяльності. — Технічний прогрес та ефективність виробництва: Вісник Харківського державного політехнічного університету. Збірка наукових праць. Вип. 92. — Харків: ХДПУ, 2000. С. 58—62.

2. Тарасов В. Б. Новые стратегии реорганизации и автоматизации предприятий: на пути к интеллектуальным предприятиям // Новости искусственного интеллекта. — М., 1996. — №4. — С. 40—84.

3. Сенге П. М. Пятая дисциплина. Искусство и практика самообучающейся организации. — М.: ЗАО «Олимп-бизнес», 1999. — 406 с.

4. Попов Э. В. Управление корпоративными знаниями // Новости искусственного интеллекта. — М., 2001. — № 1. — С. 14—25.

5. The Knowledge Management Scenario: Trends and Directions for 1998—2003, Gartner Group, 1999.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

Г. Б. Данильчук, ст. викладач,
В. Ю. Триус, студент,
Черкаський національний університет
імені Богдана Хмельницького

ЕНТРОПІЙНІ МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ СКЛАДНОСТІ

АНОТАЦІЯ. Розглянуто можливість вимірювання складності часових рядів шляхом дослідження динаміки різних видів ентропійних показників. Показано, що деякі з них чутливі до емерджентних змін і адекватно квантифікують такі зміни. Одержані результати дають можливість аналізувати також критичні і кризові явища на фінансових ринках.

ANNOTATION. Considered possibility of complexity time series measuring by research of dynamics of different types of entropy indexes. It is rotined that some of them sensible to the emergent changes and adequate quantificate to such changes. The got results enable to analyze also the critical and crises phenomena at the financial markets.

Keywords: complex systems, entropy, time series, non-extensive, power-law distributions.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. складні системи, ентропія, часові ряди, неекстенсивність, степеневі розподіли.

Вступ. Останнім часом стало зрозуміло, що більшість з важливих економічних об'єктів відносяться до так званого класу складних систем, властивості яких активно вивчаються (дивись для огляду, наприклад, [1, 2]). Одним з цікавих питань є питання відносно кількісних методів оцінки складності системи [3]. Справа в тому, що в процесі функціонування складність системи змінюється. При цьому більш складні системи реалізують у більш повному обсязі свої потенціальні можливості. Невдалі інституціональні кроки, екзо- або ендегенні критичні і кризові явища призводять до спрощення системи. Таким чином, знаючи динаміку різноманітних параметрів складності системи, можна говорити про можливість передбачення небажаних явищ, наприклад фінансових криз.

Останніми роками було використано кілька підходів для ідентифікації механізмів, що лежать в основі розвитку та функціонування складних систем. Особливо корисні результати було отримано при їх дослідженні методами теорії випадкових матриць [4], моно- та мультифрактального аналізу [5], теорії хаосу з реконст-

рукцією траєкторії системи у фазовому просторі та визначення її параметрів, таких як кореляційна розмірність, спектр показників Ляпунова, рекурентні карти [6]. Однак, застосування деяких із методів висуває вимоги до стаціонарності досліджуваних даних, потребує довгих часових рядів та комплексного обчислення кількох параметрів.

Іншим підходом до розгляду питання вивчення особливостей складних систем є обчислення ентропійних характеристик. Метою даної роботи є аналіз сучасних тенденцій використання поняття ентропії для часових рядів економічного змісту, а також їх використання для вимірювання динамічних властивостей складних систем. У якості тестових рядів використані часові послідовності, які містять відомі фінансові кризи.

Постановка задачі. Хронологічно слід говорити про термодинамічну ентропію S [7]. В термодинаміці величина S є мірою кількості енергії у фізичній системі, яка не може бути використана для виконання роботи. Для нас важливо, що вона також є мірою безладу, присутнього в системі. Поняття ентропії була вперше введено у 1865 році Рудольфом Клаузіусом. Він визначив зміну ентропії термодинамічної системи при зворотному процесі як відношення зміни загальної кількості тепла ΔQ до величини абсолютної температури T :

$$\Delta S = \Delta Q / T .$$

Рудольф Клаузіус дав величині S ім'я «*ентропія*», що походить від грецького слова *τροπή*, «зміна» (зміна, перетворення). Звертаємо увагу на те, що рівність відноситься до зміни ентропії.

У 1877 році Людвіг Больцман зрозумів, що ентропія системи може відноситися до кількості можливих «мікростанів» (мікроскопічних станів), що узгоджуються з їх термодинамічними властивостями [7]. Больцман постулював що,

$$S = k_B \ln \Omega ,$$

де константу $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К ми знаємо тепер як сталу Больцмана, а Ω є числом мікростанів, які можливі в наявному макроскопічному стані. Цей постулат, відомий як принцип Больцмана, може бути оцінений як початок статистичної механіки, яка описує термодинамічні системи використовуючи статистичну поведінку компонентів, із яких вони складаються. Принцип Больцмана встановлює зв'язок між мікроскопічними властивостями системи (Ω) та однією з її термодинамічних властивостей (S).

Згідно визначенню Больцмана, ентропія є просто функцією стану. Більш того, оскільки (Ω) може бути тільки натуральним числом (1, 2, 3, ...), ентропія повинна бути додатною — виходячи з властивостей логарифма.

Клод Шеннон запропонував формулу для оцінки невизначеності кодової інформації в каналах зв'язку, звану ентропією Шеннона [8]:

$$I = -k \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i ,$$

де p_i — вірогідність того, що символ i зустрічається в коді, який містить N символів, k — розмірний множник.

Концепція термодинамічної ентропії як міри хаосу системи добре відома у фізиці, однак, останніми роками поняття ентропії було застосоване до складних систем інших об'єктів (біологічних, економічних, соціологічних тощо) [9].

Аналогія між кількістю інформації і ентропією S , визначуваною з принципу Больцмана, очевидна. Досить покласти множник k рівним постійній Больцмана k_B і використовувати натуральний логарифм. Саме з цієї причини величину I називають інформаційною ентропією. Інформаційна ентропія (кількість інформації) була визначена по аналогії із звичайною ентропією, і вона має властивості, характерні для звичайної ентропії: адитивність, екстремальні властивості і т. д. Проте ототожнювати звичайну ентропію з інформаційною не можна, оскільки неясно, яке відношення до інформаційних систем має друге начало термодинаміки. Нагадаємо, що екстенсивна величина — це така характеристика системи, яка росте із збільшенням розмірів системи. Строгіше визначення: якщо вибрана система складається з двох незалежних підсистем A і B , то ентропію всієї системи можна одержати складанням ентропій підсистем:

$$S(A + B) = S(A) + S(B) .$$

Саме ця властивість і означає екстенсивність, або адитивність ентропії.

До сьогодення моменту продовжують з'являтися узагальнення ентропійних формул. Так, в 1970 р. Анрі Ренї запропонував міру

$$S_{\beta} = \frac{1}{1-\beta} \ln \sum_{i=1}^N (n_i)^{\beta} ,$$

що співпадає при значенні параметра $\beta = 1$ з ентропією Шеннона. Константіно Тсалліс (1987) [10] узагальнив формулу Шеннона на випадок неекстенсивності (не адитивності) ентропії.

У статистичній фізиці ентропія трактується через число мікростанів системи. Прагнучи, проте, визначити ентропію так, щоб вона залишалася екстенсивною величиною, статистична фізика (а точніше, кінетика) вимушена привертати недоказову гіпотезу молекулярного хаосу. Ця гіпотеза полягає у тому, що будь-які молекули, що стикаються, були до зіткнення ніяк не скорельовані, тобто ніяк не відчували один одного. Для багатьох (але не для всіх!) систем це, звичайно, цілком здорова аксіома. І саме з неї виходить згаданий вище знаменитий вираз для ентропії замкнутої системи (вигравійований, до речі, на надгробній плиті Больцмана). У статфізиці показується, що така певна ентропія насправді є адитивною величиною і приймає максимальне значення в стані рівноваги.

Причина цього в тому, що у більшості систем сили взаємодії між частинами системи короткодійчі: кожна молекула відчуває лише кілька найближчих сусідів. Саме звідси слідує те, що термодинаміка таких макроскопічних систем — екстенсивна. Саме такі системи оточують нас у повсякденному житті. Але в природі є і далекодійчі сили: гравітаційні, інформаційні та ін. Виявляється, що в складних системах еволюція системи в даний момент часу залежить не тільки від параметрів системи в цей конкретний момент часу, але й від її параметрів якийсь час назад. Ефекти пам'яті можуть легко привести до порушення гіпотези молекулярного хаосу. Дійсно, вони можуть означати, що окремі частинки перед зіткненням «пам'ятають» одне одного, їх рух не є повністю некорельованим. А як ми пам'ятаємо, припущення молекулярного хаосу лежить в основі больцманівського виразу для ентропії. Значить, цей вираз не годиться для систем з пам'яттю. Отже головний висновок для нас полягає в наступному твердженні. Існують системи, в яких є сильні кореляції, сильна взаємодія між всіма частинами системи. Це приводить до порушення термодинамічної адитивності системи, тому їх не вдається описати больцманівською статистикою і термодинамікою. Значить, необхідний інший підхід, який якимсь чином зумів би справитися з режимом сильного зв'язку між всіма частинками системи.

Весь цей підхід базується на сміливій ідеї Тсалліса: цілком можливо, що сильна взаємодія в термодинамічно аномальних системах настільки міняє картину, що приводить до абсолютно

нових ступенів свободи і до абсолютно іншої статистичної фізики не-больцманівського типу.

Сьогодні ця гіпотеза не доведена. Більш того, досконало незрозуміло, що це за нові ступені свободи. Тому це твердження залишається поки лише гіпотезою. Але з другого боку, інтуїція підказує, що такий перехід в тому або іншому вигляді насправді може мати місце і важливо зрозуміти, до чого це може привести.

Якщо майже нічого невідоме про ці нові ступені свободи, то як же тоді можна одержати щось конструктивне? Тсалліс запропонував наступне. Наша єдина зачіпка полягає у тому, що статистика буде не-больцманівська. Це значить, що вираз для ентропії буде вже іншим. Так давайте придумавмо яку-небудь формулу для ентропії, яка, по-перше, переходила б в стандартну формулу в межі слабого зв'язку, а по-друге, змогла б описати неекстенсивні системи.

Тсалліс узяв стандартний вираз для ентропії і замість логарифма ввів нову функцію — степеневу:

$$\ln(x) \Rightarrow \ln_q(x) \Rightarrow (x^{1-q} - 1)/(1 - q)$$

з числовим параметром q . Якщо q прямує до 1, $\ln_q(x)$ переходить у справжній логарифм, у чому можна переконатися простим диференціюванням. Нова формула для q -ентропії виглядає так:

$$S_q = -\sum_i (p_i^q \ln_q(p_i)) = (1 - \sum p_i^q)/(q - 1).$$

Якщо $q \rightarrow 1$, то q -ентропія переходить у стандартну больцманівську ентропію.

Головний наслідок такої заміни: q -ентропія є вже неекстенсивною функцією. Якщо всю систему розбити на дві незалежні підсистеми A і B (нагадаємо, що ми вже перейшли до нових невзаємодіючих, а значить, і незалежним ступеням свободи!), то ми одержимо:

$$S_q(A + B) = S_q(A) + S_q(B) + (1 - q)S_q(A)S_q(B).$$

Отже, параметр q — це міра неекстенсивності системи.

Не менш різноманітні і приклади застосування поняття ентропії. Ідеологія всіх таких додатків пов'язана з екстремальними принципами природознавства — зростаюче значення ентропії параметризує зміну стану систем самої різної природи в процесі їх «природної» еволюції. Відповідний принцип розвитку одержав назву «принцип максимуму ентропії». Для закритих термодинамічних систем їх ентропія зростає («друге начало» термодинамі-

ки). Розповсюдження «другого начала» на Всесвіт і всі процеси в ньому привело до уявлення про ентропійну «стрілу часу». Принцип максимуму ентропії застосовується, зокрема, у фізиці, лінгвістиці, екології, математиці, механіці, економіці і інформатиці [9].

Надзвичайно важливим є використання різних видів ентропійних показників щодо економічних часових рядів, дослідження їх можливостей і схем використання.

Результати. Для проведення досліджень проаналізуємо основні види ентропійних показників, а також скористаємося деякими з них для дослідження складності часових рядів, які характеризують відомі фінансові показники. Для визначення ентропійних характеристик часових рядів, які відповідають складним системам в останні роки найчастіше використовуються декілька різних визначень ентропії: ентропії подібності (Approximate entropy) [10, 11], ентропії шаблонів (Sample entropy) [12, 13], багатомасштабної ентропії (Multiscale entropy) [14, 15] та вейвлет-ентропії [16, 17].

Метод розрахунку ентропії подібності подано в [10]. Ентропія подібності (Approximate Entropy, $ApEn$) є «статистикою регулярності», що визначає можливість передбачувати флуктуації в часових рядах. Інтуїтивно вона означає, що наявність повторюваних шаблонів (послідовностей певної довжини, побудованих із чисел ряду, що слідує одне за іншим) флуктуацій у часовому ряді призводить до більшої передбачуваності часового ряду порівняно із рядами, де повторюваності шаблонів немає. Порівняно велике значення $ApEn$ показує ймовірність того, що подібні між собою шаблони спостережень не будуть слідувати один за одним. Іншими словами, часовий ряд, що містить велику кількість повторюваних шаблонів, має порівняно мале значення $ApEn$, а значення $ApEn$ для менш передбачуваного (більш складного) процесу є більшим.

При розрахунку $ApEn$ для даного часового ряду S_N , що складається із N значень $t(1), t(2), t(3), \dots, t(N)$, вибираються два параметри, m та r . Перший з цих параметрів, m , вказує довжину шаблону, а другий — r — визначає критерій подібності. Досліджуються підпослідовності елементів часового ряду S_N , що складаються з m чисел, взятих, починаючи з номера i , і називаються векторами $p_m(i)$. Два вектори (шаблони) $p_m(i)$ та $p_m(j)$ будуть подібними, якщо всі різниці пар їх відповідних координат є меншими за значення r , тобто якщо

$$|t(i+k) - t(j+k)| < r \text{ для } 0 \leq k < m.$$

Для розглядуваної множини P_m всіх векторів довжини m часового ряду S_N обраховуються значення

$$C_{im}(r) = \frac{n_{im}(r)}{N - m + 1},$$

де $n_{im}(r)$ — кількість векторів у P_m , що подібні вектору $p_m(i)$ (враховуючи вибраний критерій подібності r). Значення $C_{im}(r)$ є часткою векторів довжини m , що мають схожість із вектором такої ж довжини, елементи якого починаються з номера i . Для даного часового ряду знаходяться значення $C_{im}(r)$ для кожного вектора у P_m , після чого визначається середнє значення $C_m(r)$, яке виражає розповсюдженість подібних векторів довжини m у ряду S_N . Безпосередньо ентропія подібності для часового ряду S_N з використанням векторів довжини m та критерію подібності r знаходиться за формулою:

$$ApEn(S_N, m, r) = \ln \left(\frac{C_m(r)}{C_{m+1}(r)} \right),$$

тобто як натуральний логарифм відношення повторюваності векторів довжиною m до повторюваності векторів довжиною $m + 1$.

Таким чином, якщо знайдуться подібні вектори у часовому ряді, $ApEn$ оцінить логарифмічну ймовірність того, що наступні інтервали після кожного із векторів будуть відрізнятись. Менші значення $ApEn$ відповідають більшій ймовірності того, що за векторами слідує подібні їм. Якщо часовий ряд дуже нерегулярний — наявність подібних векторів не може бути передбачуваною і значення $ApEn$ є порівняно великим.

Для дослідження динаміки ентропійних показників (як ентропії подібності, так і тих, що описуються нижче) нами було створено відповідне програмне забезпечення, яке реалізує алгоритми розрахунку відповідного ентропійного показника засобами середовища MatLab. Особливістю цього програмного забезпечення є реалізація алгоритму рухомого вікна. Суть останнього зводиться до наступного. Обирається часове вікно, в якому розраховується значення параметра. Потім вікно переміщується з фіксованим кроком і розрахунок повторюється. Процедура триває поки не вичерпується часовий ряд. Такий алгоритм дозволяє відслідковувати динамічні зміни показника, розрахунок якого сам вимагає значень на певному часовому проміжку.

На рис.1 наведені результати розрахунків $ApEn$ для індексів фондових ринків США (Індексу S&P 500 — sp500), Китаю (Шан-

хайської фондової біржі — ssec), Росії (Російської торговельної системи — rts) та України (Перша фондова торговельна система — pfts) за період часу 2000—2007 рр. (yahoo.finance.com).

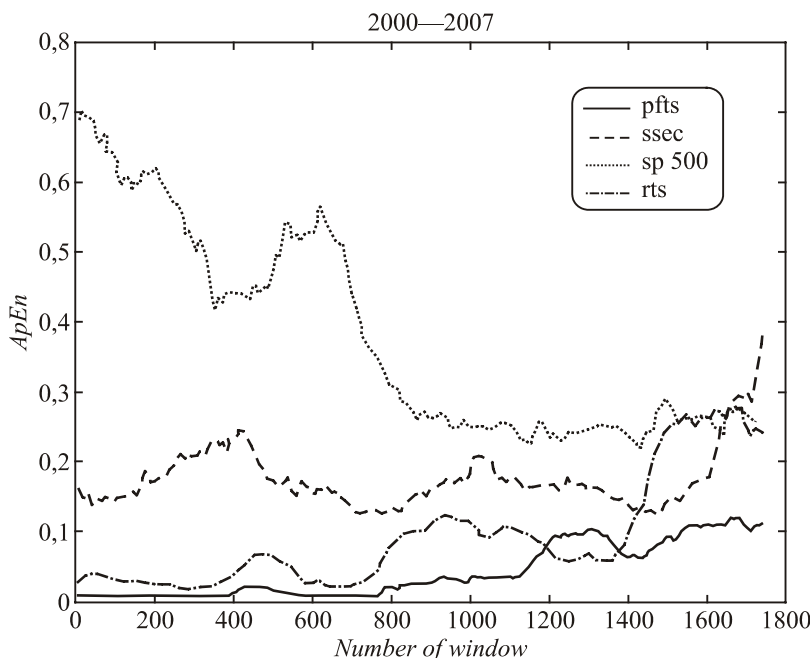


Рис. 1. Порівняльний аналіз ентропії подібності для часових рядів різного ступеня складності

З рисунку видно, що складність більш розвинених ринків (США і Китаю) вища, ніж у країн, які розвиваються (Росія і Україна). Особливо ця різниця помітна у більш ранній період.

При розрахунку $ApEn$, як було показано вище, враховуються подібності певного вектора $p_n(i)$ до самого себе, що використовується для звільнення від можливого значення $\ln 0$, яке може виникнути при відсутності подібних до даного векторів. Однак, вказана особливість призводить до нівелювання двох важливих характеристик у ентропії подібності:

— $ApEn$ сильно залежить від довжини розглядуваного шаблона (вектора) і є нижчою, ніж очікується, для векторів малої розмірності;

— $ApEn$ не враховує відносну щільність даних.

Це означає, що коли значення $ApEn$ для одного ряду є більшим, ніж для іншого, то воно повинно залишатись таким (проте не є) для будь-яких можливих початкових умов.

Враховуючи вказані обмеження, розроблена для розрахунку інша характеристика — ентропія шаблонів (Sample Entropy, $SampEn$) [12, 13]. При розрахунку $SampEn$, на відміну від алгоритму $ApEn$, додаються дві умови:

- не враховується подібність вектора самому собі;
- при розрахунку значень умовних ймовірностей $SampEn$ не використовується довжина векторів.

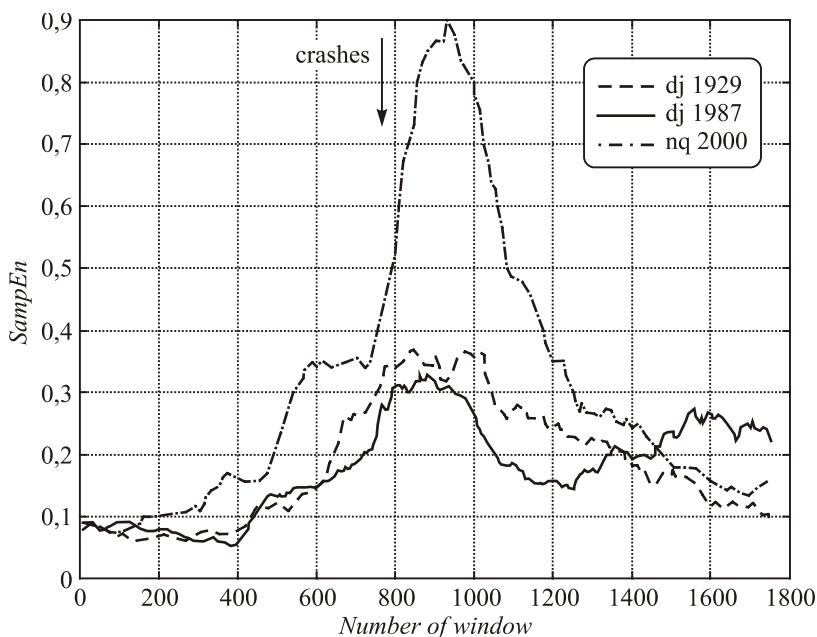


Рис. 2. Ентропія шаблонів для рядів, які містять кризу (стрілка)

На основі роботи [12] можна зробити висновок про те, що $SampEn$:

- більше, ніж $ApEn$, відповідає теорії випадкових чисел для ряду із відомою функцією щільності розподілу;
- зберігає відносну щільність, у той час як $ApEn$ втрачає дану характеристику;
- додає значно меншу помилку до розрахованого значення у випадку використання векторів малої розмірності.

На рис. 2 ентропія шаблонів використана для аналізу особливостей динаміки складної системи, яка містить кризу. Часові ряди побудовані так, що різні відомі фінансові кризи (1929, 1987 і 2000 рр.) фондових ринків за даними індексів Dow Jones (dj 1929, dj 1987) та NASDAQ (nq 2000) припадають на середину ряду, загальна довжина якого 2001 точка. Якщо ширина вікна дорівнює 250 днів (як на рис. 2), а крок зміщення вікна становить 1 день, то криза припадає на 750 день, як і вказано на рисунку. Видно, що наближення кризи призводить до помітного зростання складності системи. При цьому результат носить універсальний характер і не залежить від природи кризи.

При розрахунку багатомасштабної ентропії ентропія подібності чи ентропія шаблонів застосовуються не лише до початкового часового ряду, але й до модифікованих рядів з застосуванням певного масштабного фактора [14, 15] для усереднення підпоследовностей даних. Основний висновок — складний сигнал є масштабно інваріантним. На жаль, принципово нових результатів цей вид ентропії дати не в змозі. З появою вейвлет ентропії, яка автоматично враховує масштабну інваріантність сигналу, до багатомасштабної ентропії інтерес став згасати.

Ентропія перестановок (Permutation Entropy) — це нещодавно запропонований метод дослідження [18]. Нехай ми маємо ряд $\{x(i) \mid i=1,2,\dots\}$. Цей ряд необхідно перетворити для роботи у m -мірному просторі, перетворивши наступним чином: $X_i = [x(i), x(i+L), \dots, x(i+(m-1)L)]$, де L — так звана затримка. Як правило, обирається $L=1$, проте дослідження показали, що оптимальне значення цього параметру може бути й іншим. Далі всі отримані підпоследовності X_i необхідно упорядкувати по зростанню. Тоді ми отримаємо комбінацію розташування чисел у последовності X_i , яка є одною з $m!$. Далі ми обраховуємо кількість повторень кожної такої комбінації. Отримуємо розподіл ймовірностей для кожної підпоследовності X_i . Побудувавши вектор-стовпчик з елементів $P_i = \max\left\{\frac{1}{n}, \frac{P_i}{n-m}\right\}$, обраховуємо ентропію за Шенноном. Для зручності відповідь краще завжди нормалізувати множником $\frac{1}{\ln(m!)}$. Тоді значення ентропії буде в межах $[0,1]$. Результати використання цього виду ентропії ми викладемо окремою публікацією.

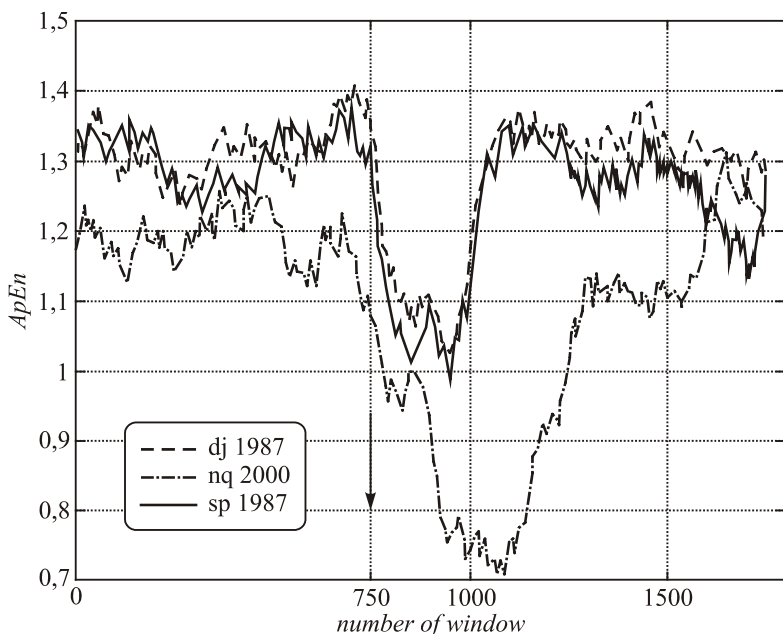


Рис. 3. Характерна поведінка ентропії подібності для прибутковостей часових рядів, які містять відому кризи

Слід сказати, що можна аналізувати не тільки вихідні часові послідовності, але й їх прибутковості, модулі прибутковостей, об'єми торгів тощо. Так, на рис. 3—4 ентропія подібності і ентропія Шеннона знайдені для логарифмічних прибутковостей часових рядів, які містять кризи.

Слід звернути увагу на помітну зміну як ентропії подібності (рис. 3), так і ентропії Шеннона у періоди, які передують кризі та відповідають їй. Така універсальність поведінки ентропійних показників у двох останніх випадках дає надію на побудову оригінальних передвісників кризових явищ.

Висновки. Таким чином, ми показали, що ентропійно-залежні показники складності системи можуть використовуватися для кількісної оцінки можливих структурних і динамічних змін в економічних системах. Особливо перспективним напрямком нам представляється використання ідеї Тсалліса щодо неекстенсивності економічних даних, яка дійсно проявляється на практиці [19]. Ці та інші результати досліджень планується опублікувати найближчим часом.

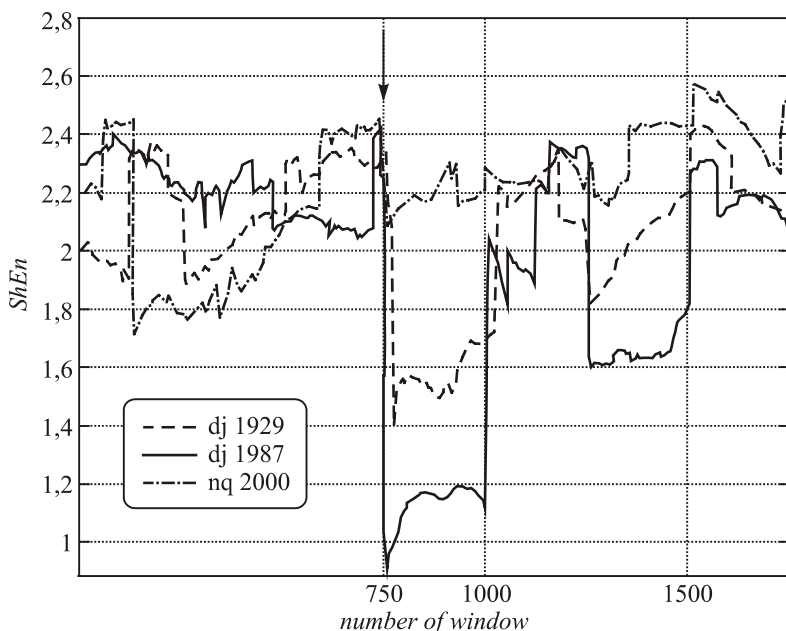


Рис. 4. Ентропія Шеннона
для прибутковостей часових рядів з кризами

Автори виражають подяку професорам Шарапову О. Д. і Соловйову В. М. за постановку задачі та плідні обговорення результатів досліджень.

Робота виконана за підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень (№ Ф25/659-2007 від 3.09.2007 р., № держреєстрації 0107U010947).

Література

1. Newman M. E. J. The Structure and Function of Complex Networks // SIAM Review, 2003, v. 45, № 2. — P. 187—256.
2. Овчарук М. П., Соловйов В. М. Комп'ютерне моделювання складних фінансово-економічних систем // Вісник Криворізького технічного університету, сер. «Економічні науки». — 2004. — Вип. 2. — С. 137—146.
3. Соловйов В. М., Шарапов О. Д. Методи вимірювання складності економічних систем // Тези доповідей XII Всеукраїнської науково-

методичної конференції «Проблеми економічної кібернетики». 3—5 жовтня 2007 р. — Львів: ЛНУ. — С. 135—136.

4. *Піскун О. В., Сердюк О. А., Триус В. Ю.* Кореляційні та спектральні властивості світового валютного ринку // Фінансова система України. Збірник наукових праць. — Острог: Національний університет «Острозька академія», 2006. — Вип. 8. — Ч. 3. — С. 449—454.

5. *Сердюк О. А.* Моделювання передвісників кризових явищ фінансових ринків // Проблеми і перспективи розвитку банківської системи України: Збірник наукових праць. Т. 18. — Суми: УАБС НБУ, 2006. — С. 315—321.

6. *Макаренко О. І., Мезенцев О. М., Соловійов В. М.* Рекурентний аналіз критичних явищ на валютному ринку // Тези доповідей XII Всеукраїнської науково-методичної конференції «Проблеми економічної кібернетики». 3—5 жовтня 2007 р. — Львів: ЛНУ. — С. 137—138.

7. *Пригожин И.* Введение в термодинамику необратимых процессов // Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. — 160 с.

8. *Shannon C. E.* A mathematical theory of communications // Bell Systems Tech. J., 1948, v. 27. — P. 623—656.

9. *Осинов А. И., Уваров А. В.* Энтропия и ее роль в науке // Соросовский образовательный журнал. — 2004. — Т. 8. — № 1. — С. 70—79.

10. *Tsallis C.* Nonextensive Statistics: Theoretical, Experimental and Computational Evidences and Connections // Braz. J. Phys., 1999, v. 29, № 1. — P. 1—35.

11. *Pincus S. M.* Approximate entropy as a measure of system complexity // Proc. Natl. Acad. Sci., 1991, v. 88. — P. 2297—2301.

12. *Joshua S., Richman J., Moorman R.* Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy // Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2000, v. 278. — P. 2039—2049.

13. *Douglas E. Lake, Joshua S. Richman, M. Pamela Griffin, Moorman R.* Sample entropy analysis of neonatal heart rate variability // Am J Physiol Integr Comp Physiol 2002, v. 283. — P. 789—797.

14. *Madalena Costa, Ary L. Goldberger, C.-K. Peng.* Multiscale entropy analysis of biological signals // Phys Rev E, 2005, v. 71. — P. 021906.

15. *Madalena Costa, Ary L. Goldberger, C.-K. Peng.* Multiscale entropy analysis of physiologic signals // Phys Rev Lett, 2002, v. 89. — P. 062102.

16. *Perez D.G., Zunino L., Garavaglia M., Rosso O.A.* Wavelet entropy and fractional Brownian motion time series // arXiv:physics/0501105 v1 19 Jan 2005.

17. *Zunino L., Perez D. G., Garavaglia M., Rosso O. A.* Wavelet entropy of stochastic processes // arXiv:physics/0603144 v1 17 Mar 2006.

18. *Bandt C., Pompe B.* Permutation entropy — a natural complexity measure for time series // Phys. Rev. Lett., 2002, v. 88. — P. 174102.

19. *Borland L.* Long-range memory and nonextensivity in financial markets // Econophysics news, 2005, v. 3 6, № 6. — P. 228—231.

Стаття надійшла до редакції 11.03.2008

М. А. Лапшина,

аспірантка кафедри економіко-математичних методів,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ СТІЙКОСТІ РОЗВ'ЯЗКІВ ДЛЯ МОДЕЛІ САМУЕЛЬСОНА—ХІКСА

АНОТАЦІЯ. Наведено аналіз, проведений за допомогою запропонованого автором методу, розв'язків для моделі Самуельсона—Хікса. За допомогою застосованого методу з використанням дослідження спектру матриці проведено дослідження умов стійкості розв'язків досліджуваної моделі. На основі отриманих результатів проведено імітаційне моделювання.

ANNOTATION. In this article the author completed the research of the Samuelson-Hicks model with usage of new developed by the author tools. With the help of this mathematical method, which consists of analyze of the matrix spectrum, the author has done the research of the firm points for the certain model. The imitation modeling was made on the base of got results.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Модель Самуельсона—Хікса, спектр матриці, умови стійкості, стійкість, циклічність, динаміка, система, коефіцієнт.

Для кожної національної економічної системи загальнонаціональні виробничі кризи завжди були випробуванням соціального, економічного, політичного характеру. Оскільки уникнути кризового стану економіки в розрізі циклічності розвитку будь-якої системи неможливо, необхідно навчитися використовувати невід'ємні властивості економіки, якою є і циклічність, для її піднесення на вищий рівень. Особливо в контексті ринкової трансформації постсоціалістичної економіки постає питання згладжування амплітуди циклічних коливань шляхом державного регулювання, та не менш гостро — й питання використання державних та ринкових важелів керування для підсилення економічного зростання. Як відомо, основними важелями в даному розрізі, що використовуються в світовій практиці державної економічної політики, виступають фіскальна політика та грошово-кредитна політика. Обидва механізми регулювання досить тонкі та для їх застосування необхідно знати, не лише на якій стадії економічного циклу знаходиться економічна система, але й яким чином вона буде поводити себе: чи циклічні коливання будуть затухати, чи навпаки невпинно зростати, або навіть являти собою майже ідеальну модель циклу. Ця інформація допоможе обрати найбільш відповідний ситуації механізм регулювання економіки.

Отримання вищезгаданої інформації можливе за допомогою аналізу умов стійкості розв'язків моделей, які досліджують розвиток економічних систем. Для дослідження такого різновиду моделей ми пропонуємо використовувати метод, який не зустрічається в наявній літературі, проте дає достатньо інформації для прийняття рішення. Розглядаючи моделювання циклічності розвитку економіки, спостерігаємо той факт, що дослідження динамічних моделей призводить до диференціальних або різницевих рівнянь. Для урахування періодичної складової необхідно дослідження диференціальних рівнянь не менш ніж другого порядку; так само і для різницевих рівнянь.

Однією з найцікавіших економіко-математичних моделей є хвилеподібна модель, що базується на теорії Самуельсона — Хікса. Ця модель, побудована на різницевих рівняннях другого порядку, є найпростішою з точки зору математики моделлю, яка дозволяє описувати циклічні коливання в економічних процесах. Економіка країни в цілому на перший погляд здається явищем самодостатнім, проте вона знаходиться під впливом навколишнього економічного середовища, яке не може бути постійним, змінюється з плином часу. В цьому розумінні, навіть економіка окремої країни, не дивлячись на велику кількість внутрішніх частин (з яких вона складається), не є абсолютно передбачуваною системою.

Ядром моделей, базованих на теорії Самуельсона—Хікса, є побудова різницевих рівнянь, які відображають нестационарний характер змін в інвестування деякої галузі економіки, а значить, ця теорія саме підходить для подальшого визначення регуляторної економічної політики держави.

Щоб зрозуміти, як відбуваються відхилення сукупного попиту та сукупної пропозиції від рівноважного рівня, слід пригадати, що змінюваним елементом сукупного попиту є інвестиційна складова. Пояснюється це тим, що споживання предметів повсякденного вжитку домогосподарствами, як і підтримка обороноздатності країни з боку держави, здійснюється за будь-якої економічної кон'юнктури. Підприємці ж, здійснюючи інвестування, керуються очікуваною нормою прибутку, що означає найшвидшу їх чутливість до зміни кон'юнктури. Вплив змінюваності обсягу інвестиційних ресурсів на коливання активності наочно показує модель мультиплікатора-акселератора, яка і є моделлю Самуельсона—Хікса. Ця модель має екзогенний характер, оскільки пояснює циклічні коливання зовнішніми чинниками (змінною автономного попиту або кількістю грошей).

Власне модель показує вплив зміни величини автономного попиту на циклічні коливання економіки. Розглянемо спочатку ефект акселератора, який демонструє зв'язок між змінами реального ВВП та стимульованими (індуційованими) інвестиціями.

Кейнсіанська функція споживання у динаміці має вигляд:

$$C_t = C_0 + c \cdot Y_{t-1},$$

де C_t — споживання у періоді t ; C_0 — автономне споживання; c — за своїм економічним змістом є граничною схильністю до споживання, з точки зору різницевих рівнянь — мультиплікатор; Y_{t-1} — обсяг виробництва і доходу у періоді, що передує періоду t .

Функція інвестицій має вигляд:

$$I_t = I_0 + b \cdot (Y_{t-1} - Y_{t-2}),$$

де I_0 — автономні інвестиції;

b — коефіцієнт акселерації (або акселератор);

$(Y_{t-1} - Y_{t-2})$ — приріст доходу в попередній період.

Враховуючи, що в кожен момент часу дохід розподіляється на інвестиції та споживання: $Y_t = C_t + I_t$, отримуємо рівняння:

$$Y_t = C_0 + I_0 + c \cdot Y_{t-1} + b \cdot (Y_{t-1} - Y_{t-2}).$$

Остаточно математична модель зводиться до різницевого рівняння другого порядку

$$Y_t = A_0 + c \cdot Y_{t-1} + b \cdot (Y_{t-1} - Y_{t-2}),$$

традиційно коефіцієнт c зветься мультиплікатором, коефіцієнт b — акселератором. Початкові умови задаються співвідношеннями $Y_0 = Y_{00}$, $Y_1 = Y_{01}$. Для аналізу рівняння перейдемо до матричного вигляду за допомогою вводу матриці $F = \begin{pmatrix} c+b & -b \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$, $G = \begin{pmatrix} A_0 \\ 0 \end{pmatrix}$, та

допоміжного вектора $Z_t = \begin{pmatrix} Y_t \\ Y_{t-1} \end{pmatrix}$, для якого буде виконуватися матричне різницеве рівняння

$$Z_{t+1} = F \cdot Z_t + G. \quad (1)$$

Неважко знайти спектр матриці F , розв'язавши характеристичне рівняння

$$\begin{aligned} \det(\lambda \cdot E - F) &= 0, \\ \lambda^2 - (b+c)\lambda + b &= 0. \end{aligned}$$

Таким чином спектр матриці F має вигляд

$$\sigma(F) = \left\{ \frac{b+c-\sqrt{b^2+2bc+c^2-4b}}{2}, \frac{b+c+\sqrt{b^2+2bc+c^2-4b}}{2} \right\}.$$

Згідно економічному змісту значення коефіцієнтів $b, c \in$ додатними.

Проведемо аналіз умов стійкості на основі теорії різницевих рівнянь за допомогою дослідження спектра вищенаведеної матриці. Відомо, що розв'язок матричного різницевого рівняння (1), буде асимптотично стійким при $\max|\lambda_i| < 1$, $\lambda_i \in \sigma(F)$ (2), випадку регулярних коливань постійної амплітуди відповідає $\max|\lambda_i| = 1$, $\lambda_i \in \sigma(F)$ (3); у випадку необмеженого зростання розв'язку відповідає $\max|\lambda_i| > 1$, $\lambda_i \in \sigma(F)$ (4). Спектр матриці другого порядку у разі дійсних коефіцієнтів може містити або два дійсних числа, або два комплексно спряжених числа. Розглянемо спочатку випадок дійсних коренів $\lambda_{1,2} \in R$. Умова асимптотичної стійкості розв'язків різницевого рівняння (2) прийме вигляд $-1 < \lambda_1 \leq \lambda_2 < 1$. Область значень параметрів, для яких виконуються ці умови, находимо з наступної системи нерівностей:

$$\begin{cases} \frac{b+c-\sqrt{b^2+2bc+c^2-4b}}{2} > -1 \\ \frac{b+c-\sqrt{b^2+2bc+c^2-4b}}{2} < 1 \\ b^2+2bc+c^2-4b \geq 0 \end{cases}.$$

Розв'язавши першу нерівність

$$\frac{b+c-\sqrt{b^2+2bc+c^2-4b}}{2} > -1,$$

отримуємо умови, що накладаються на параметри моделі (1):

$$\begin{cases} c > -2b - 1 \\ \begin{cases} c \geq 2\sqrt{b} - b \\ c \leq -2\sqrt{b} - b \end{cases} \\ b \geq 0 \\ c \geq -b - 2 \end{cases}.$$

У свою чергу друга нерівність

$$\frac{b+c-\sqrt{b^2+2bc+c^2-4b}}{2} < 1$$

породжує умови

$$\begin{cases} c < 1 \\ b+c \geq 2\sqrt{b} \\ b+c \leq -2\sqrt{b} \\ b \geq 0 \\ c \leq 2-b \end{cases}$$

Тобто умови, накладені на параметри різницевого матричного рівняння, при яких спектр матриці F буде дійсним і виконується умова асимптотичної стійкості розв'язків (2), набувають вигляду:

$$\begin{cases} c \geq -b+2\sqrt{b} \\ c \leq -b-2\sqrt{b} \\ b \geq 0 \\ c < 1, \\ c \leq 2-b, \\ c > -2b-1, \\ c \geq -b-2 \end{cases}.$$

Графічне відображення цієї області зображене на рис. 1.

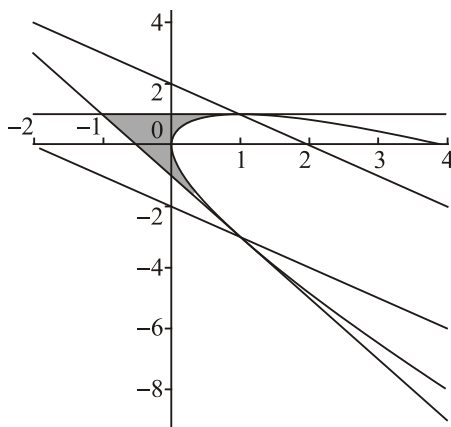


Рис. 1.

Відмічена область відповідає умові коливань, амплітуда яких зменшується з часом і при цьому реалізація процесу прямує до деякого стаціонарного значення.

Проаналізуємо поведінку розв'язків різницевого матричного рівняння стосується випадку коли спектр матриці F містить два комплексно спряжених числа. Умова асимптотичної стійкості розв'язків (2) прийме вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left| \frac{b+c+i\cdot\sqrt{4b-(b+c)^2}}{2} \right| < 1, \\ b^2+2bc+c^2-4b < 0 \\ \frac{(b+c)^2+4b-(b+c)^2}{4} < 1, \\ (b+c)^2 < 4b \\ b < 1, \\ \begin{cases} c \geq -b-2\sqrt{b} \\ c \leq -b+2\sqrt{b} \end{cases} \\ b \geq 0 \end{array} \right.$$

Зобразимо знайдену область значень параметрів, що відповідає умові асимптотичної стійкості розв'язків матричного різницевого рівняння, графічно на рис. 2.

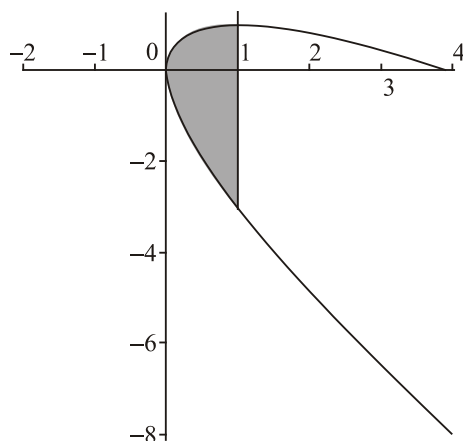


Рис. 2

Об'єднавши знайдені області значень параметрів, знаходимо всі точки на площині bOc , що відповідають циклічним процесам з затухаючою амплітудою. Наведемо графік (рис. 3).

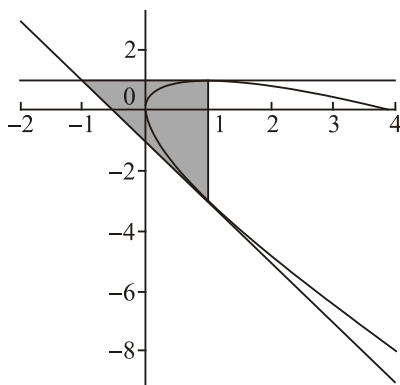


Рис. 3

Таким чином, область асимптотичної стійкості розв'язків різницевого рівняння на координатній площині, де горизонтальна вісь відповідає значенням параметра b , а вертикальна вісь значенням параметра c , представляє собою трикутник, що обмежено прямими лініями

$$\begin{cases} b = 1 \\ c = 1 \\ c = -2b - 1 \end{cases}.$$

Якщо розглядати тільки додатні значення параметрів b та c , тобто перший квадрант координатної площини, то область стійкості буде представляти собою квадрат: $0 \leq b < 1$, $0 \leq c < 1$. У першій чверті основними лініями, що відокремлюють якісно різні області значень параметрів залишаються три лінії:

$$\begin{cases} c = 1 \\ b = 1 \\ c = -b + 2\sqrt{b} \end{cases}.$$

Наведена крива лінія відділяє область значень параметрів, у якій корені характеристичного рівняння комплексні, це частина першої чверті, що знаходиться під кривою, від області значень

параметрів, у якій корені характеристичного рівняння є дійсними. В зоні коливань легко визначити, коли ці коливання затухають, а коли їх амплітуда зростає. Дійсно, два комплексно спряжених кореня квадратного рівняння мають однакові модулі і виконується $|\lambda_1| = |\lambda_2| = \sqrt{b}$, тому при значенні акселератора $b < 1$ циклічні ефекти затухають з часом, але при умові $b > 1$, будь які хвильові процеси нарощують амплітуду.

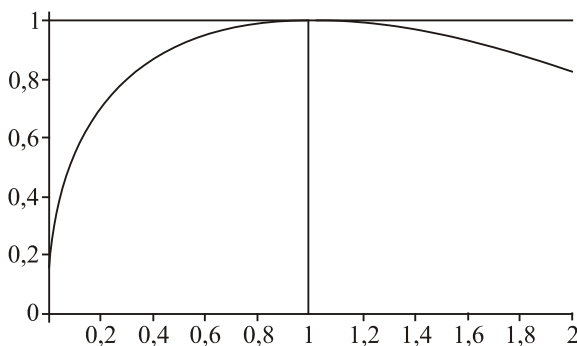


Рис. 4

Проведемо чисельне моделювання поведінки системи при різних значеннях параметрів. При умові $a = 4$, $b = 0,8$, $c = 0,8$ маємо наступну реалізацію:

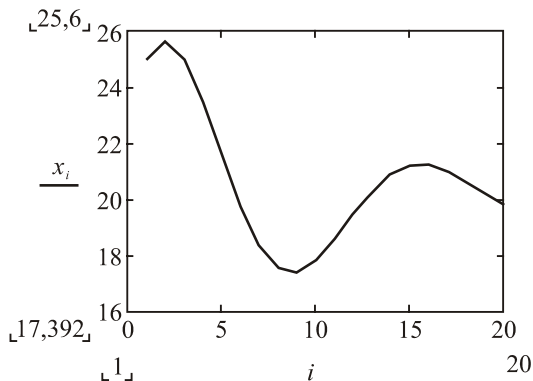


Рис. 5

Коливання мають згасаючий характер, тобто їхня амплітуда зменшується з плином часу, процес наближається до стаціонарного стану.

При умові $a = 4$, $b = 1,2$, $c = 0,8$ маємо наступну реалізацію:

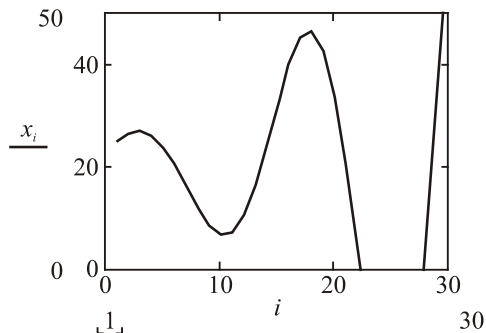


Рис. 6

В цьому випадку коливання мають зростаючу амплітуду, процес «розгойдується». Враховуючи, що з точки зору економічного змісту від'ємні значення не можуть бути реалізовані, момент часу, коли реалізація процесу перетинає вісь Ox відповідає економічному колапсу системи.

Якщо покласти $a = 4$, $b = 1$, $c = 0,8$, то отримаємо поведінку системи, наведену на рис. 7:

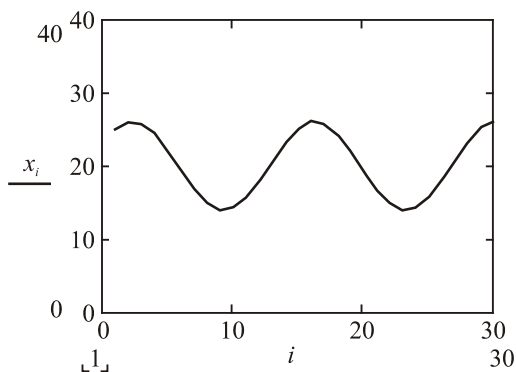


Рис. 7

Тут маємо строго циклічний характер коливань, амплітуда зберігає постійне значення. Коливання відбуваються навколо стаціонарного рівня.

Розглянемо питання про стаціонарний режим різницевого рівняння. З матричного різницевого рівняння

$$\begin{pmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b+c & -b \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ 0 \end{pmatrix}$$

за умови $\begin{pmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ набуває значення

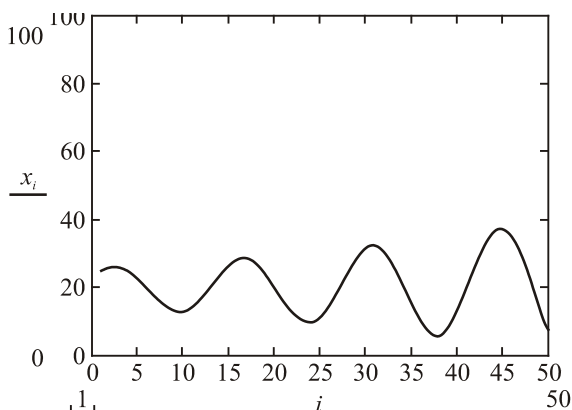
$$\begin{pmatrix} 1-b-c & b \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a \\ 0 \end{pmatrix}, \text{ легко знайти } \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{a}{1-c} \\ \frac{a}{1-c} \end{pmatrix}.$$

При раніше визначеній умові $c < 1$, відповідні значення $x_n = \frac{a}{1-c}$ стаціонарного режиму будуть додатними, що відповідає економічному змісту.

Виникає наступне запитання, чи знайдений стаціонарний режим другого порядку є стійким. Для великих проміжків часу, при $n \rightarrow \infty$, асимптотична поведінка розв'язків системи визначається умовою, що накладається на спектр матриці F : $\max_i |\lambda_i| < 1$, $\lambda_i \in \sigma(F)$, і це відповідає області значень параметрів b і c , що була знайдена і побудована графічно раніше. Але для економічних систем, якщо один крок у різницевій моделі відповідає одному року, а цикл коливань може складати кілька років, не варто сподіватися, що значення параметрів будуть зберігатися на протязі багатьох циклів коливань. Якщо відбувається поступове невелике зростання амплітуди коливань на протязі багатьох років, то можливо цей процес не варто розглядати, як загрозливий для економічної стабільності системи. Наприклад, розглянемо реалізацію, що відповідає значенням параметрів $a=4$, $b=1,05$, $c=0,8$.

Як бачимо, зростання амплітуди протягом 50 років не привели до критичної ситуації, коли графік перетинає вісь Ox .

Математичний зміст змінної t прямує до нескінченності. В той же час набагато кориснішим для практичного використання в економічному плануванні та прогнозуванні є розгляд коротких періодів близько 2—3—4-х років. Запропонований підхід дозволяє оцінити коливання економічної рівноваги в системі для коротких часових періодів, що з точки зору економічного планування та прогнозування є важливішим за економічний аналіз економічної стійкості.



Зміни параметрів з плином часу поміняють характер коливань, тому питання про стійкість економічної системи можна перевести в площину міркувань про темп зростання амплітуди за проміжках часу, що відповідає найближчим періодам. Проаналізуємо поведінку розв'язків, що знаходяться в околі стаціонарного режиму. Цікаво, як значення параметрів впливають на величину відхилень від стаціонарного режиму. Розглянемо наступну систему:

$$\begin{cases} x_{n+1} = a + c \cdot x_n + b \cdot (x_n - x_{n-1}) \\ x_{const} = \frac{a}{1-c} \end{cases}.$$

Для відповіді про зростання амплітуди протягом кількох кроків при умові $x_{n-1} \approx x_n \approx x_{const}$ виконаємо наступні перетворення.

$$\begin{aligned} x_{n+1} - x_n &= a + c \cdot x_n + b \cdot (x_n - x_{n-1}) - x_n, \\ x_{n+1} - x_n &= a + c \cdot (x_n - x_{n-1}) + b \cdot (x_n - x_{n-1}) - x_n + c \cdot x_{n-1}, \\ x_{n+1} - x_n &= (b + c - 1) \cdot (x_n - x_{n-1}) + (c - 1) \cdot x_{n-1} + a. \end{aligned}$$

Розглянемо останнє співвідношення для скінчених різниць $\Delta_n = x_{n+1} - x_n$, при умові, що розв'язок знаходиться в деякому околі стаціонарного. В цьому випадку $x_{n-1} \approx \frac{a}{1-c}$, тому наступна величина є малою:

$$\varepsilon_{n-1} = a + (c - 1)x_{n-1} \approx a + (c - 1)\frac{a}{1-c} = 0.$$

Співвідношення для скінчених різниць прийме вигляд

$$\Delta_n = (b + c - 1) \cdot \Delta_{n-1} + \varepsilon_{n-1},$$

тому при умові $b + c - 1 > 1$, тобто $b + c > 2$, послідовність значень скінчених різниць $\Delta_n = x_{n+1} - x_n$ швидко зростає, і стаціонарний розв'язок є нестійким навіть для невеликих проміжків часу; при умові $b + c < 2$ цей стаціонарний розв'язок буде стійким.

У даній статті було проведено аналіз умов стійкості розв'язків для моделі Самуельсона—Хікса. Аналіз проводився шляхом переходу від рівняння другого порядку до матрично-різницевого рівняння першого порядку; пошуку спектра відповідної матриці та побудови області значень параметрів b і c , в якій виконується умова асимптотичної стійкості розв'язків $\max_i |\lambda_i| < 1$, $\lambda_i \in \sigma(F)$.

Також розглянуті умови на коефіцієнти, при яких відбувається відносна стабілізація стаціонарного режиму протягом кількох коливань. Було розглянуто можливі варіанти розв'язків, при яких циклічні коливання в моделі динамічної економічної системи. Було проведене чисельне моделювання поведінки системи при різних значеннях параметрів. Таким чином, на основі отримуваних виснаведеним методом даних, можливе більш точне планування економічної політики держави з урахуванням подальшої поведінки економічної системи в умовах циклічності розвитку. Сучасний рівень дослідження вимагає не лише детермінованих моделей, а й урахування факторів випадковості.

Виходячи з цього, напрямками подальших досліджень можуть стати моделювання із застосуванням стохастичних диференціальних рівнянь або різницевих рівнянь, що залежать від випадкових параметрів, а також визначення значення коефіцієнтів різницевих рівнянь для практичного застосування запропонованих методів досліджень.

Література

1. Белман Р., Кук К. Дифференциально-разностные уравнения. — М.: МИР, 1967.
2. Корневский Д. Г. Устойчивость решений детерминированных и стохастических дифференциально-разностных уравнений (Алгебраические критерии). — К.: Наук. думка, 1992. — 148 с.
3. Рейсиг Р., Сансоне Г., Конти Р. Качественная теория нелинейных дифференциальных уравнений. — М.: Наука, 1974.

4. Самуэльсон П., Нордхаус В. Экономика: 15 изд. — М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2000.

5. Hicks J. Mr. Keynes and the Classics. A Suggested Interpretation.— *Econometrica*, 1937, vol. V, p. 147—159.

Стаття надійшла до редакції 25.02.2008

УДК: 658

О. В. Головень, аспірант,
Запорізька державна інженерна академія

НЕЧІТКА КОГНІТИВНА МОДЕЛЬ СИТУАЦІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПОКРАЩЕННЯ СИСТЕМНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПІДПРИЄМСТВА

АНОТАЦІЯ. В статті представлено методику побудови моделі ситуації, що набуває практичну значимість у процесі конкретизації показників відповідно до специфіки функціонування підприємства. Актуальність теми визначається необхідністю якісної оцінки ситуації на підприємстві, визначення джерел виникнення проблемних ситуацій, оцінки їх впливу та розробки на цій основі відповідної системи управлінських заходів щодо нівелювання впливу факторів зовнішнього та внутрішнього середовищ підприємства, що зумовлюють відхилення від його планової траєкторії розвитку.

ANNOTATION. In the article the represented method of construction by the object of model of situation, that acquires practical meaningfulness in the process of specification of indexes in accordance with the specific of functioning of enterprise. Actuality of theme is determined by the necessity of high-quality estimation of situation on an enterprise, determination of sources of origin of problem situations, estimation of their influencing and development on this basis of the proper system of administrative measures on the nevilovannya influencing of factors of external and internal environments of enterprise, that deviation is predetermined from his planned trajectory of development.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Об'єктна, когнітивна модель, система цілеутворення, напрямки відстеження, внутрішнє та зовнішнє середовище, система збалансованих показників.

Запобігання переходу підприємства в проблемний стан і оперативне реагування на локально виникаючі проблемні ситуації залежить від ефективності організації процесу розпізнавання ситуацій, здатності управлінської ланки у короткий термін виявляти й оцінювати характер ситуації, від розробки нових управлінських задач щодо корегування існуючої ситуації та перегляду, у

зв'язку з цим, тактичних, а можливо й стратегічних цілей функціонування та розвитку підприємства, досягнення яких вимагає корегування існуючих або розробки нових стратегій [12]. Тому невід'ємною складовою сучасних систем управління є моніторинг сформованої обстановки на підприємстві в цілому та ситуації в окремих її підрозділах, видах діяльності, що дозволить вчасно активізувати внутрішні можливості підприємства, які здатні забезпечити його самоорганізацію та саморегулювання до змін множини динамічних, непостійних й різноманітних факторів внутрішнього та зовнішнього середовищ.

На основі системного підходу розроблені різні підходи до ідентифікації ситуацій [1, 3, 5, 6, 11], розходження в реалізації яких спостерігаються вже на ранніх етапах. Крім того, існуючі наукові підходи щодо вирішення зазначеного завдання на підприємстві характеризуються низкою недоліків: незавершеністю на методологічному, методичному, модельному рівнях та обмеженістю у практичному використанні; вузькою спрямованістю та ігноруванням складності, комплексності, неоднозначності процесів, що відбуваються на підприємстві.

Слід зазначити, що базою процедури ідентифікації виступає об'єктна модель ситуацій, складність розробки якої обумовлюється невизначеністю зовнішнього й внутрішнього середовищ [2, 7]. Тому побудова об'єктивної основи виявлення ситуації на сьогодні являє собою досить складне наукове завдання, що вимагає врахування множини факторів, особливостей розвитку та функціонування підприємства в сучасних економічних і політичних умовах.

За таких умов доцільним є розробка методичного підходу до побудови об'єктної моделі ситуації, яка за допомогою варіювання елементів і інструментів системи управління відображає систему зв'язків між сукупністю факторів внутрішнього, зовнішнього середовища підприємства, цілями його діяльності та дозволяє якісно розрізняти ситуації, визначити параметри процесів функціонування підприємства, що зумовлюють відхилення від планової траєкторії розвитку підприємства та вимагають знаходження управлінських впливів, спрямованих на нівелювання впливів складного, невизначеного та нестаціонарного середовища.

Умовно виділяють три етапи побудови вищезазначеної моделі.

На першому етапі відповідно до системи цілеутворення підприємства формується сукупність базисних характеристик внутрішнього середовища підприємства та систему їх взаємозв'язків.

Під системою цілеутворення прийнято розуміти множину процедур, що входять у замкнутий контур управління підприємством, які практично втілюються в стратегії розвитку підприємства. Останні являють собою перспективи, що пропонують способи одержання інформації з навколишнього середовища та її інтерпретацію через систему ментальних фільтрів [7].

Загальна стратегія розвитку підприємства Str^0 охоплює різні сфери управління діяльністю підприємства й містить цілі, задачі й специфікацію заходів щодо їх реалізації. У свою чергу управлінські процеси в рамках Str^0 розділяються на часткові стратегії розвитку Str^r у кількості $R(r = \overline{1, R})$, найпростішим шляхом оцінки досягнення яких є співставлення (порівняльний аналіз) планових та фактичних показників результатів функціонування окремої ланки та підприємства в цілому.

У загальному випадку стан підприємства визначається скінченною множиною показників $\tilde{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$, які характеризують стан об'єкта. Кожний показник має властивий тільки йому зміст, що задається порядковим номером індексу $i \in N$ і допускає включення в множину $\tilde{X}$ показників $X_i (\forall i \in N)$ з відмінними одиницями виміру [13].

Проблема різноманітності й великої кількості процесів на підприємстві вирішується за рахунок об'єднання показників $X_i (\forall i \in N)$ у досить загальні й відмінні одна від одної групи — напрямки відстеження ($Dir^v, v = \overline{1, D}, D$ — натуральне число), які можуть збігатися або сполучатися з розробленими на підприємстві стратегіями, а згруповані щодо певної часткової стратегії (Str^r) результати відстеження діяльності підприємства дозволяють оцінити її ефективність.

Слід відмітити, що часткові стратегії (Str^r) й напрямки відстеження стану підприємства ($Dir^v, v = \overline{1, D}$), звичайно, взаємозалежні, однак їм властиві наступні особливості:

- по-перше, часткові стратегії та напрямки відстеження можуть відповідати один одному;
- по-друге, часткові стратегії можуть включати окремі елементи різних напрямків відстеження;
- по-третє, часткові стратегії можуть охоплювати кілька напрямків відстеження стану підприємства.

У зв'язку з тим, що для певної часткової стратегії, особливо соціально-економічного характеру, можливість предметної та вимірної постановки значення обмежена, виникає необхідність вра-

хування функціональних (якісних) часткових стратегій та оцінки їх за певною шкалою [10]. Ця проблема вирішується шляхом застосування нечітко-множинного підходу.

Таким чином, побудова об'єктної моделі ситуацій на підприємстві повинна здійснюватися як у рамках сформованих часткових стратегій (які залежно від потреб можуть бути представлені кількісно та якісно), так і на основі аналізу напрямків відстеження діяльності підприємства.

Для кожного напрямку відстеження (ν) формується набір точок контролю $\{TK_k^\nu\}, k=1, \overline{K^\nu}, \nu=1, \overline{D}$, кожна з яких характеризує певний процес, об'єкт або функцію на підприємстві, що вимагають регулярного проведення процедури виміру й виявлення відхилень від планової траєкторії та за сутністю є набором показників $X_i (\forall i \in N)$, забезпечуючи зріз стану досліджуваного об'єкта, процесу або функції: $TK_k^\nu = \langle X_{i_k}^{\nu,k} \rangle$.

Кількість точок контролю для кожного напрямку повинна бути аргументована й обґрунтована, виходячи з важливості того або іншого об'єкта (процесу, функції), які вони характеризують, а також виходячи з недопущення інформаційного перевантаження управлінського апарата заданого рівня ієрархії внаслідок необхідності постійної обробки великої кількості точок контролю.

Для кожного напрямку відстеження характерні власні точки контролю, при цьому не обов'язково для різних напрямків відстеження повинне бути рівна кількість точок контролю. Не виключається також можливість віднесення заданої точки контролю до кількох напрямків відстеження діяльності підприємства, тобто для пари ν й $\tilde{\nu} (\nu \neq \tilde{\nu})$ можливе виконання тотожності $TK_k^\nu \equiv TK_{\tilde{k}}^{\tilde{\nu}} \{TK_k^\nu\}, k=1, \overline{K^\nu}, \nu=1, \overline{D}$ де $k \Leftrightarrow \tilde{k}$ при цьому $TK_k^\nu \subset Dir^\nu$ і $TK_{\tilde{k}}^{\tilde{\nu}} \subset Dir^{\tilde{\nu}}$ [7].

Формування складу точок контролю повинне бути спрямоване на досягнення наступних задач:

- вибір об'єктів, процесів, функцій з метою відображення в точках контролю; призначення точкам контролю пріоритетів;
- оцінка доцільності включення об'єктів, процесів і функцій до складу точок контролю тощо.

Результатом взаємозв'язку вищенаведеної структури напрямків відстеження, сукупності відповідних точок контролю та множини показників, що їх характеризують, за якими проводиться

відстеження діяльності підприємства, з одного боку, та системою цілеутворення підприємства — з іншого, є модифікований вигляд дерева взаємозв'язку напрямків відстеження підприємства та системи його цілеутворення [4]

Таким чином, на першому етапі побудови об'єктної моделі ситуації проводиться групування загальної кількості показників $\tilde{X} = \{X_1, X_2, \dots, X_N\}$ на Q наборів достатніх для оцінки K точок контролю $\{TK_k^v\}, k = \overline{1, K^v}, v = \overline{1, N}$, у межах v -го напрямку відстеження $Dir^v (v = \overline{1, D})$ часткової стратегії розвитку підприємства $Str^r (Str^k \subseteq Str^0, r = \overline{1, R})$, до складу яких не входять два однакові показники: $X^{v,k} = \{X_{i_k}^{v,k}, \dots, X_{j_k}^{v,k}\} (i, j \in N)$, де $i \neq j$.

На другому етапі побудови об'єктної моделі ситуації визначаються найсуттєвіші характеристики зовнішнього середовища, які безпосередньо або опосередковано впливають на діяльність підприємства.

Оскільки в умовах ринкової економіки вплив факторів зовнішнього середовища важко переоцінити, їх аналіз слід проводити комплексно. Дану задачу дозволяє вирішити PEST-аналіз, який є ефективним інструментом визначення базисних факторів зовнішнього середовища за наступними напрямками: політичні, науково-технічні, макроекономічні, соціокультурні. Проте, в роботі [14] представлено більш узагальнюючий та розширений опис макросередовища підприємства, тому синтезуючи два зазначені підходи сформовано більш деталізовану структуру факторів макросередовища підприємства (рис. 1).

Вирішальну роль при формуванні системи факторів зовнішнього середовища підприємства відіграє ступінь їх впливу на базисні характеристики внутрішнього середовища підприємства, тому доцільним є встановлення зв'язків між цілями різного рівня та факторами внутрішнього і зовнішнього середовища підприємства, що дозволить визначити причинно-наслідкові зв'язки та силу впливу характеристик функціонування підприємства на досягнення підприємством стратегічної мети. Отже, на третьому — завершальному етапі відбувається встановлення системи впливів характеристик внутрішнього та зовнішнього середовища на окремі елементи системи цілеутворення підприємства, що дозволяє представити об'єктну модель ситуації на підприємстві як нечітку когнітивну модель (рис. 2).

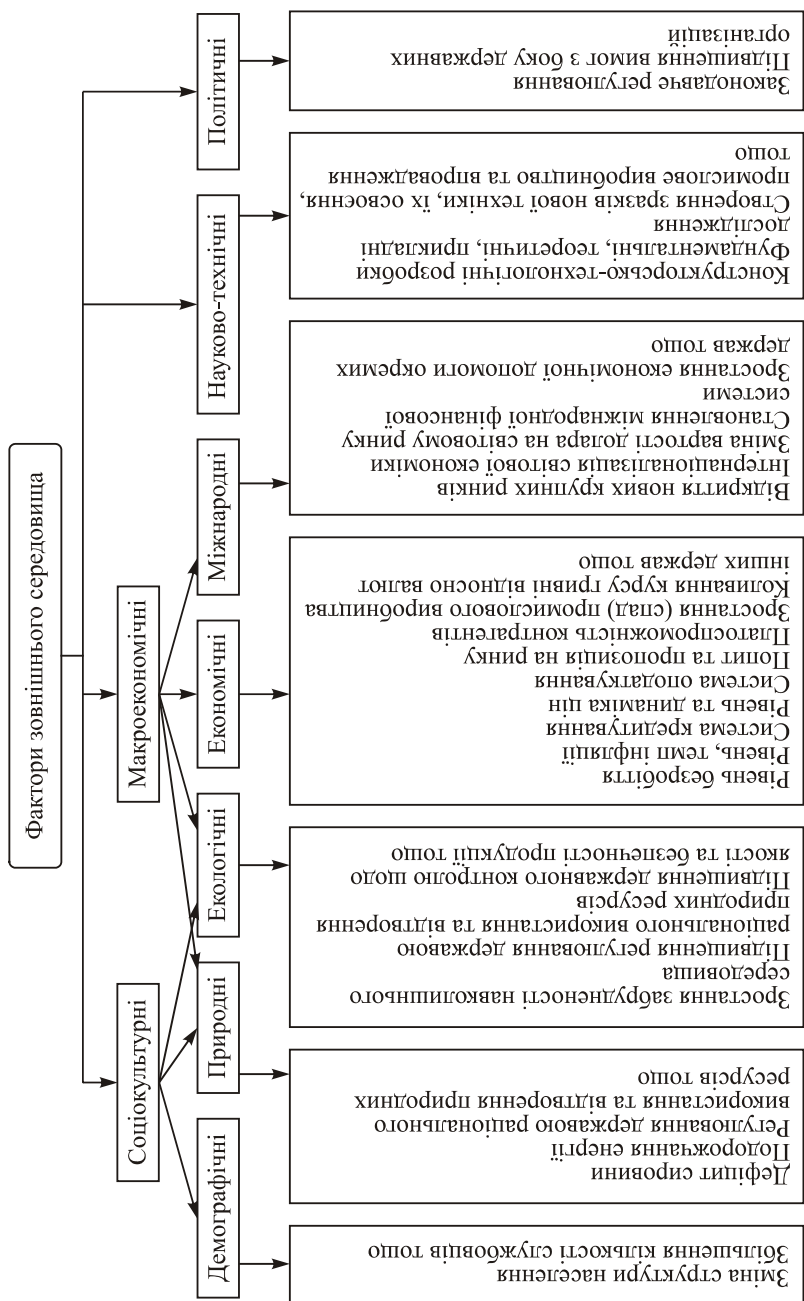


Рис. 1. Структура макросередовища підприємства

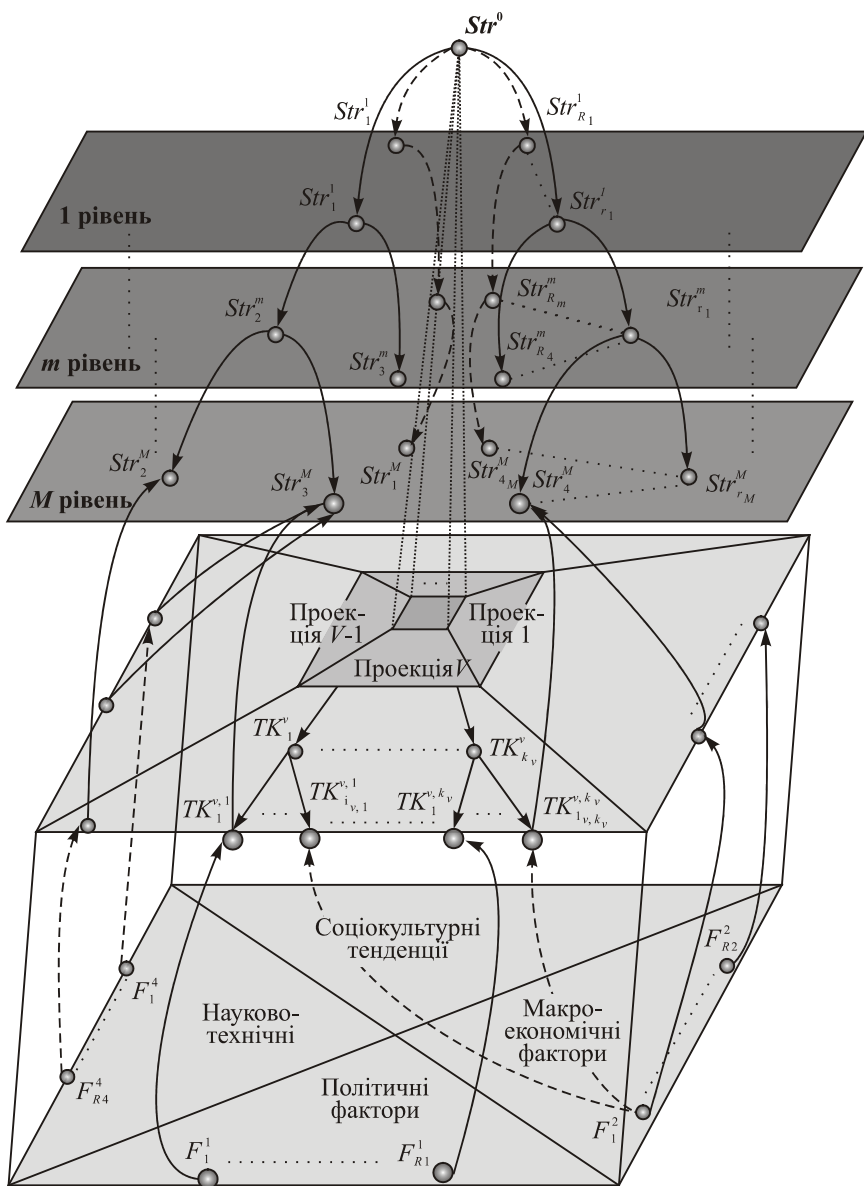


Рис. 2. Нечітка когнітивна модель ситуації на підприємстві

Таким чином, сформована нечітка когнітивна модель встановлює взаємозв'язок між цілями діяльності підприємства, характеристиками внутрішнього середовища підприємства та його зовнішніми загрозами, виступає об'єктивною основою подальшої якісної і кількісної оцінки ситуації на підприємстві та дозволяє визначити джерела виникнення проблемних ситуацій та розробити на цій основі відповідну систему управлінських заходів щодо нівелювання впливу факторів зовнішнього та внутрішнього середовищ підприємства, що зумовлюють відхилення від його планової траєкторії розвитку.

Верифікацію методики побудови об'єктної моделі ситуації проведено за результатами діяльності підприємств металургійної галузі України.

З огляду на стан, проблеми та перспективи розвитку підприємств чорної металургії сформовано система цілеутворення, серед елементів якої, перш за все, слід зазначити зниження собівартості продукції при умовах розширення обсягів виробництва, підвищення якості продукції та зниження її собівартості шляхом переобладнання виробництва, залучення нових споживачів і поширення ринку збуту на території України та за її межами (рис. 3).

На основі аналізу основних аспектів фінансової та економічної діяльності підприємства побудована система характеристик його внутрішнього середовища, методологічною основою чого стала система збалансованих показників (BSC), яка забезпечує цілеспрямований моніторинг діяльності підприємства за рахунок поєднання стратегічного та оперативного управління та контролю найбільш суттєвих фінансових та нефінансових показників діяльності підприємства [8].

Базуючись на результатах дослідження праць науковців та практиків за даною тематикою [7], виділено такі ключові сфери управління: «Проекція фінансів», «Проекція маркетингу», «Проекція бізнес-процесів», «Проекція навчання та зростання» та сформовано систему їх характеристик (рис. 4).

Відповідно до вищенаведеної методики побудови об'єктної моделі ситуації на наступному етапі на основі Pest-аналізу визначено систему факторів зовнішнього середовища, що суттєво впливають на діяльність підприємств даної галузі та оцінено ступінь їх впливу на базисні характеристики внутрішнього середовища підприємства за наступною нечітко-множиною шкалою [9]: незначний вплив; середній вплив; значний вплив (табл. 1).

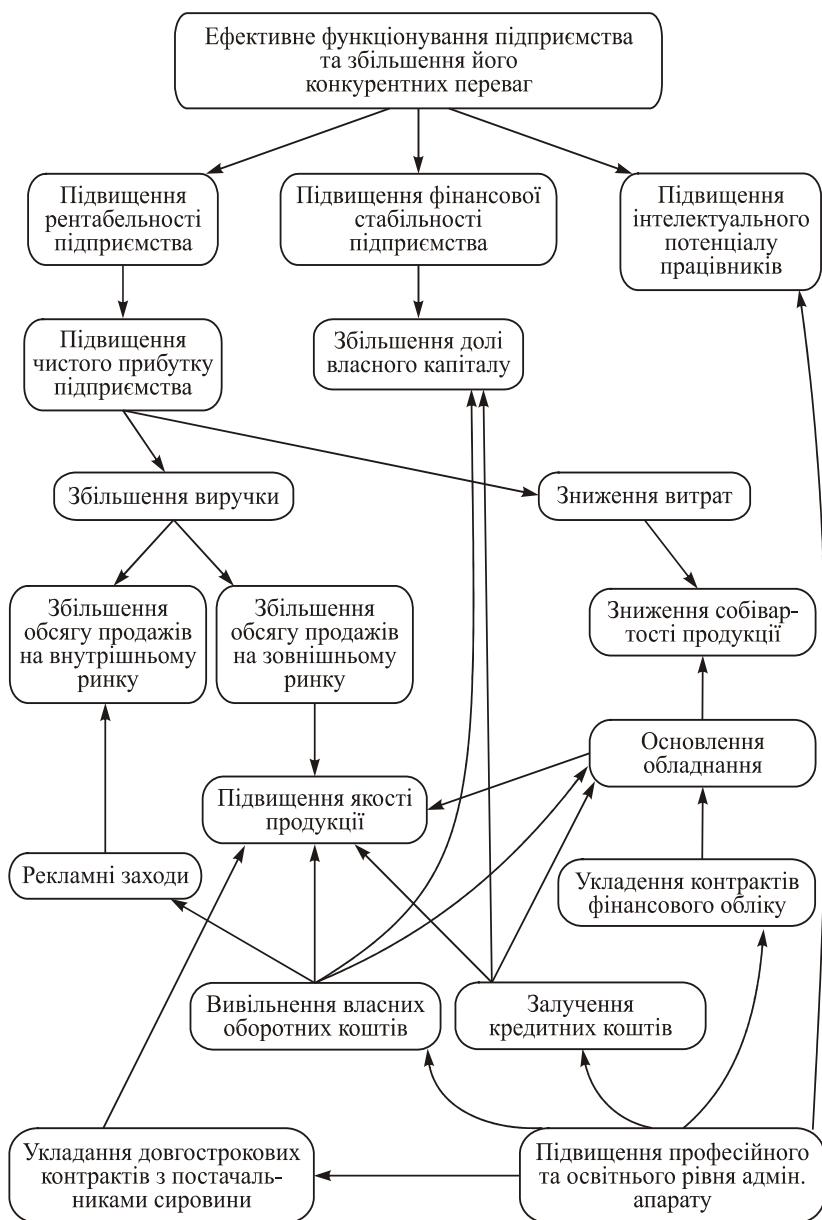


Рис. 3. Система цілеутворення підприємств металургійної галузі

З урахуванням результатів сформованої системи цілеутворення (рис. 3), складу та структури характеристик напрямків відстеження діяльності підприємств (рис. 4) та ступеню і спрямованості зовнішніх загроз (табл. 1) сформовано нечітку когнітивну модель ситуації для підприємств металургійної галузі (рис. 5).

Таблиця 1

**ЗОВНІШНІ ЗАГРОЗИ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ
МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗІ**

Група факторів	Опис проблем	Позначення	Ступінь впливу на діяльність підприємства		
			незначний вплив	середній вплив	значний вплив
Політичні	Послаблення промислової політики, спрямованої на підтримку вітчизняного виробника	F_1^1		×	
	Посилення податкового тиску	F_2^1	×		
Макро-економічні	Підвищення процентних ставок по кредитах	F_1^2	×		
	Низька платоспроможність споживачів	F_2^2			×
Науково-технічні	Впровадження підприємствами галузі нових прогресивних енергозберігаючих технологій	F_1^3		×	

Слід відмітити, що хоча інформаційна обмеженість значно скоротила множину точок контролю та/або сукупність їх характеристик, з іншого боку, це дозволить зосередити увагу на наявних показниках та провести ґрунтовне, ретельне дослідження їх взаємозв'язку.

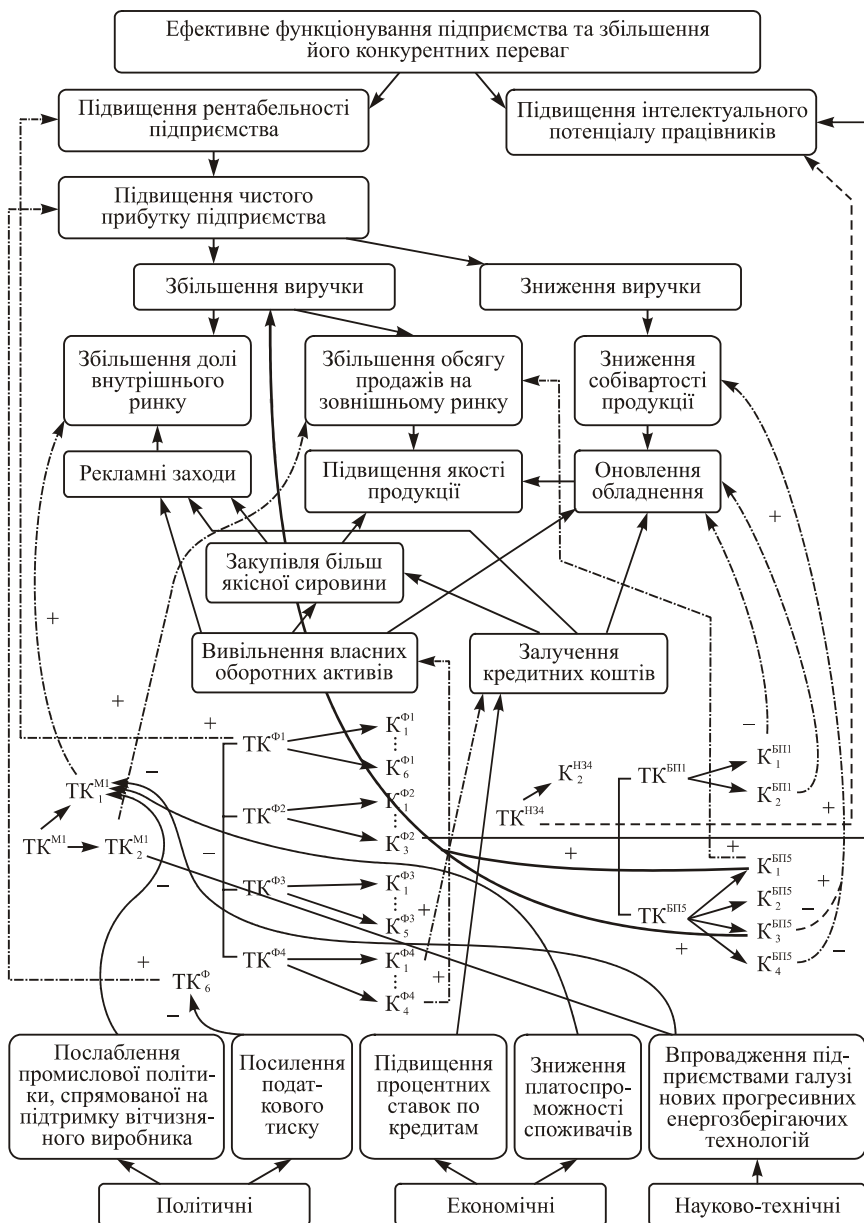


Рис. 5. Нечітка когнітивна модель ситуації для підприємств металургійної галузі

Сформована об'єктна модель ситуації для металургійних підприємств представляє собою знаковий граф, де знак «+» відображає позитивний вплив, а «-» — негативний. При позитивному зв'язку ріст фактора-причини приводить до росту фактора-наслідку, при негативному зв'язку ріст фактора-причини приводить до зменшення фактора-наслідку. Якщо між вершинами позитивні і негативні шляхи, то характер впливу факторів залишається невідзначеним.

Аналіз знакового графу, наведеного на рис. 5, свідчить, що фактори зовнішнього середовищу негативно вплинуть на досягнення підприємством поставлених цілей, зокрема призведуть до зменшення обсягу продажів як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, унаслідок чого знизиться прибуток підприємства та його рентабельність.

Отже, побудована нечітка когнітивна модель виступає об'єктивною основою подальшої розробки та впровадження в управління металургійними підприємствами моделі ідентифікації стану основних сфер функціонування підприємства на базі інструментарію нечіткої логіки, що дозволить:

- орієнтувати управлінські рішення на досягнення цілей підприємства;

- при аналізі поточної ситуації врахувати найсуттєвіші внутрішні та зовнішні фактори функціонування підприємства не лише статистичної, але й лінгвістичної природи;

- вчасно діагностувати відхилення розвитку підприємства від планової траєкторії і відповідно до цього визначити необхідність та напрямок управлінських впливів щодо корегування параметрів системи управління.

Література

1. Венделин А. Г. Подготовка и принятие управленческого решения. Методологический аспект. — М.: Экономика, 1977. — 142 с
2. Витлинский В. В., Наконечный С. И. Риск в менеджменте. — К.: Наукова думка, 1983. — 422 с.; Вітлінський В. В., Великоіванко Г. І. Ризикологія в економіці та підприємництві: Монографія. — К.: КНЕУ, 2004. — 480 с.
3. Воронкова А. Е., Вечеровский Р. Построение модели управления знаниями предприятия // Актуальные проблемы экономики. — 2005. — № 1 (43). — С. 147—154.
4. Глушчевський В. В., Головень О. В. Деякі аспекти антисипації проблемних ситуацій в системах адаптивного управління підприємством // Матеріали 1-ї міжнародної науково-практичної конференції «Інновацій-

ні проблеми автоматизації управління бізнесом». — Житомир: Інститут підприємництва та сучасних технологій, 2007. — С. 98—100.

5. *Екатеринославский Ю. Ю.* Управленческие ситуации: анализ и решение. — М.: Экономика, 1988. — 192 с.

6. *Кузин В. Н., Юрьев В. Н., Шахдинаров Г. М.* Методы и модели управления фирмой. — СПб.: Питер, 2001. — 432 с.

7. *Лепя Р. Н.* Ситуационный механизм подготовки и принятия управленческих решений на предприятии: методология, модели и методы: Монография / НАН Украины, Институт экономики промышленности. — Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2006. — 308 с.

8. *Макаренко М. В.* Обґрунтування ефективних управлінських рішень на рівні підприємства // Актуальні проблеми економіки. — 2006. — № 12 (66). — С. 55—60.

9. *Макаренко И. О.* Учет факторов экономического риска при принятии решений на предприятии // Актуальні проблеми економіки. — 2007. — № 1 (67). — С. 21—23.

10. *Пономаренко Л. А.* Основы экономической кибернетики: Підручник. — К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2002. — 432 с.

11. *Поспелов Д. А.* Ситуационное управление: теория и практика. — М.: Наука, 1986. — 288 с.

12. *Рыков В. И.* Основы управления. — М.: Изограф, 2000. — 111 с.

13. *Хачатуров В. Р.* Математические методы регионального программирования. — М.: Наука, 1989. — 304 с.

14. *Яркина Т. В.* Основы экономики предприятия: Учебное пособие // <http://www.aup.ru/books/m64/>

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

УДК 338.32.053.4:658.152

В. В. Глушевський, канд. екон. наук, доц.,
Запорізька державна інженерна академія

РІШЕННЯ ЗАДАЧІ АДАПТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ РОЗВИТКУ ТА РОЗМІЩЕННЯ ВИРОБНИЦТВА З ОПТИМАЛЬНИМ РОЗПОДІЛОМ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РЕСУРСІВ МЕТОДАМИ СТОХАСТИЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

АНОТАЦІЯ. Стаття присвячена прикладним аспектам використання математичних моделей і методів підтримки прийняття рішень для розв'язування реальних задач ринкової економіки. Опрацьовано задачу адаптивного планування і розміщення виробництва з оптимальним розподілом інвестиційних ресурсів, для якої побудовано математичну модель, що враховує стохастичну природу некерованих параметрів.

ANNOTATION. The article is devoted to the applied aspects of the use of mathematical models and methods of support of acceptance of decisions for untangling of the real tasks of market economy. The task of the adaptive planning and placing of production with optimum allocation of investment resources, which a mathematical model is built for, is worked, that takes into account stochastic nature of out of control parameters.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Невизначеність, інвестиційні ресурси, математична модель, стохастичне програмування, оптимальний план, критерії оптимізації.

Моделі оптимального планування зарекомендували себе при рішенні технічних задач. На практиці, проте, сфера застосування детермінованих методів регулювання об'єктивно обмежена. Звичайно об'єкт управління, крім управляючого впливу, підпадає під випадкові збурення. При перспективному й оперативному плануванні роботи промислового підприємства або групи підприємств виникає необхідність в урахуванні низки випадкових факторів, які суттєво впливають на процес виробництва. До таких факторів відноситься, насамперед, попит, який не завжди можна передбачити [1]. Детермінована модель вибору рішення відповідає вивченню явища з «близької відстані» при безпосередньому спостереженні за ним. Стохастичний аналог відповідає розгляду явища, що вивчається, з точки, зсунутої відносно нього у часі і просторі. При цьому, природно, з поля зору зникають деталі. Проте, розширення поля зору, яке досягається таким чином, дозволяє охопити загальні контури явища, відокремити головне від другорядного, уточнити зв'язок досліджуваного явища з оточенням і його місце в більш загальному процесі [2]. Задачі планування виробництва природно формулювати і досліджувати в термінах і поняттях стохастичного програмування.

Адаптивні методи стохастичного програмування дозволяють використовувати послідовні реалізації певних характеристик цільового функціонала й обмежень задачі для поступового удосконалення рішення. Крім того, доцільно застосовувати двоїсті постановки задачі, що надає можливість розробити ітеративні методи удосконалення вирішальних правил стохастичних задач за послідовними реалізаціями випадкових параметрів умов.

Якість адаптивних процесів здебільшого залежить від початкового наближення. Вибір раціонального початкового плану є одним з найвідповідальніших етапів будь-якого творчого процесу, що вимагає високої кваліфікації, знань та досвіду. Тим не менш, формальні адаптивні методи стохастичного програмування мають вже тепер різні практичні застосування.

Різні форми навчання і самонавчання не тільки найбільш природні, але й, мабуть, найдоцільніші механізми розвитку в оточенні, поводження якого не підлягає точному прогнозуванню [2]. Це означає, що «доцільна» діяльність складних систем може бути підготовлена прискореною імітацією процесів їх еволюції і навчання. Схеми стохастичного програмування можна використовувати для описання моделей розвитку — еволюції і навчання, які дозволяють поєднувати теоретичні принципи з експериментальними даними, варіюючи в широких границях початкову структуру і складність моделі — характеристиками середовища (умовами задачі) і механізмом мутацій (статистикою випадкових збурень).

Постановка задачі планування розвитку та розміщення виробництва з оптимальним розподілом інвестиційних ресурсів (детермінований варіант). Як було вище зазначено, якість управління процесами здебільшого залежить від початкового наближення, а тому спочатку розглянемо детерміновану постановку даної задачі в її класичному виді (див., напр., у [3]) і приймемо її оптимальне рішення за базовий (початковий) варіант.

Отже, задача формулюється так. З метою задоволення попиту у продукції слід забезпечити виробництво необхідними виробничими потужностями. Для вирішення цієї проблеми до уваги необхідно взяти всі можливі варіанти розвитку діючих підприємств, а також наявні проекти введення в дію нових підприємств. Вибір конкретних варіантів розвитку та розміщення підприємств здійснюється з урахуванням обсягів інвестиційних ресурсів, які можна буде використати для підтримки та нарощування виробничих потужностей. Критерієм оптимальності може слугувати вимога мінімізації необхідних загальних зведених інвестиційних витрат, витрат на виробництво продукції та на її перевезення до споживачів.

Математична модель. Уведемо такі позначення для відомих величин (некерованих параметрів):

i — номер підприємства, існуючого або запроєктованого ($i = \overline{1, m}$);

j — номер варіанта розвитку i -го підприємства ($j = \overline{1, n_i}$);

N_{ij} — виробнича потужність i -го підприємства за умови його розвитку за j -м варіантом;

I_{ij} — інвестиційні витрати, необхідні для реалізації j -го варіанта розвитку на i -му підприємстві;

R — максимально можливий обсяг інвестиційних витрат, які спрямовуються на забезпечення розвитку усіх підприємств;

e — нормативний коефіцієнт економічної ефективності інвестицій (норма дисконту);

c_{ij} — вартість одиниці продукції, яку буде виготовлено на i -му підприємстві за умови його розвитку за j -м варіантом;

k — номер споживача продукції ($k = \overline{1, p}$);

b_k — попит на продукцію з боку k -го споживача;

d_{ik} — транспортні витрати на перевезення одиниці продукції за маршрутом $i \rightarrow k$.

Невідомими виступають:

x_{ij} — логічна змінна, яка відбиває факт вибору для реалізації j -го варіанта розвитку i -го підприємства:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-те підприємство розвивається за } j\text{-м варіантом,} \\ 0, & \text{у супротивному випадку;} \end{cases}$$

y_{ij} — обсяг виробництва продукції на i -му підприємстві згідно j -го варіанта його розвитку;

z_{ik} — обсяг перевезення продукції за маршрутом $i \rightarrow k$;

F — загальні зведені витрати на інвестування, виробництво та перевезення продукції.

За наведених позначень математична модель задачі у детермінованій постановці набирає вигляду (1).

$$\begin{aligned} F = e \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} I_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} c_{ij} y_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p d_{ik} z_{ik} \rightarrow \min \\ \left\{ \begin{aligned} & x_{ij} \in \{0;1\}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}; \\ & \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \leq 1, i = \overline{1, m}; \\ & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} I_{ij} x_{ij} \leq R; \\ & 0 \leq y_{ij} \leq N_{ij} x_{ij}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}; \\ & \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} = \sum_{k=1}^p z_{ik}, i = \overline{1, m}; \\ & \sum_{i=1}^m z_{ik} \geq b_k, k = \overline{1, p}; \\ & z_{ik} \geq 0, i = \overline{1, m}, k = \overline{1, p}. \end{aligned} \right. \quad \begin{matrix} (a) \\ (b) \\ (c) \\ (d) \\ (f) \end{matrix} \quad (1) \end{aligned}$$

Наведена математична модель (1) являє собою задачу частково цілочислового лінійного програмування з бульовими змінними і може бути розв'язана відомими методами, проте її розв'язування доцільно здійснювати з використанням спеціальних прикладних програм на ПЕОМ. За невеликої кількості змінних у нагоді може стати процедура «Пошук рішення» стандартного пакету *Excel*.

Слід зазначити, що параметри цієї моделі, як керовані, так і некеровані, в реальних умовах функціонування виробничо-економічних систем мають виключно імовірнісний характер. Тому доцільно задля забезпечення адекватності й ефективності управлінських рішень, які ґрунтуватимуться на висновках з оптимального рішення детермінованої задачі, використати потужний математичний апарат методів стохастичного програмування, для чого стисло наведемо відповідні математичні конструкції [4].

Постановки оптимізаційних задач стохастичного програмування. Як правило, на етапі планування реалізації випадкових величин обсягів виробництва невідомі, тому користуються їх імовірнісними характеристиками та законами розподілу. Конструювання математичної моделі починають з розгляду цільового критерію (цільової функції — *ЦФ*). Якщо коефіцієнти при невідомих у *ЦФ* c_j є випадковими величинами, то задача стохастичного програмування може бути сформульована у двох постановках:

— *М*-постановка;

— *Р*-постановка.

При *М*-постановці *ЦФ* означає максимізацію (або мінімізацію) математичного сподівання (середнього значення):

$$F = M \left[\sum_{j=1}^n c_j x_j \right] \rightarrow \max(\min) . \quad (2)$$

Або, якщо перейти від математичного сподівання *ЦФ* до математичного сподівання випадкових величин c_j , матимемо:

$$F = \sum_{j=1}^n M[c_j] x_j \rightarrow \max(\min) . \quad (3)$$

У *Р*-постановці задача стохастичного програмування формулюється трохи інакше. Насамперед треба задати граничне допустиме найгірше значення *ЦФ*. При максимізації задається мінімально допустиме значення F_{min} і вимагають виконання умови

$F \geq F_{\min}$. При мінімізації задається максимально допустиме значення $F_{\max}$ і вимагають виконання умови $F \leq F_{\max}$.

Сутність P -постановки полягає в знаходженні таких значень невідомих x_j , при яких максимізується імовірність того, що ЦФ буде не гірше за гранично допустиме значення.

ЦФ у P -постановці має вид:

а) для задачі максимізації

$$F = P\left(\sum_{j=1}^n c_j x_j \geq F_{\min}\right) \rightarrow \max ; \quad (4)$$

б) для задачі мінімізації

$$F = P\left(\sum_{j=1}^n c_j x_j \leq F_{\max}\right) \rightarrow \max , \quad (5)$$

$$\text{або } F = P\left(\sum_{j=1}^n c_j x_j \geq F_{\max}\right) \rightarrow \min .$$

Розглянемо тепер, як враховується фактор невизначеності при запису обмежень. Згідно першого варіанту, який відповідає M -постановці, випадкові величини визначаються їхніми математичними сподіваннями, а обмеження записуються у виді:

$$\sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} x_j \leq \bar{b}_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (6)$$

де $\bar{a}_{ij}, \bar{b}_i$ — математичні сподівання випадкових величин a_{ij}, b_i .

У цьому випадку стохастичний характер задачі по суті ніяк не враховується.

У другому варіанті, який відповідає P -постановці, кожне i -те обмеження повинне бути записано як:

$$P\left[\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i\right] \geq \alpha_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (7)$$

де α_i — задана мінімальна імовірність виконання обмеження.

Дане вираження означає, що імовірність виконання i -го обмеження, $i = \overline{1, m}$, повинна бути не менша, ніж задана мінімальна імовірність α_i . Задачу, яка включає обмеження (7), називають задачею з імовірнісними обмеженнями.

Поєднавши розроблені $Ц\Phi$ та обмеження, запишемо остаточно задачу стохастичного програмування в двох постановках:

— M -постановка:

$$F = \sum_{j=1}^n M[c_j] x_j \rightarrow \max(\min)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P\left[\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i\right] \geq \alpha_i, \\ d_j \leq x_j \leq D_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad i = \overline{1, m}; \end{array} \right. \quad (8)$$

— P -постановка:

для задачі максимізації:

$$F = P\left(\sum_{j=1}^n c_j x_j \geq F_{\min}\right) \rightarrow \max$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P\left[\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i\right] \geq \alpha_i, \\ d_j \leq x_j \leq D_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad i = \overline{1, m}; \end{array} \right. , \quad (9)$$

для задачі мінімізації:

$$F = P\left(\sum_{j=1}^n c_j x_j \leq F_{\min}\right) \rightarrow \max$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P\left[\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i\right] \geq \alpha_i, \\ d_j \leq x_j \leq D_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad i = \overline{1, m}; \end{array} \right. , \quad (10)$$

або у виді:

$$F = P\left(\sum_{j=1}^n c_j x_j \geq F_{\max}\right) \rightarrow \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P\left[\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i\right] \geq \alpha_i, \\ d_i \leq x_j \leq D_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad i = \overline{1, m}. \end{array} \right. \quad (10a)$$

Останнє обмеження на мінімальне і максимальне значення невідомих у практичних задачах випадковими величинами бувають вкрай рідко.

У загальному випадку задачі (8)–(10) безпосередньо не розв'язуються. На практиці переходять до їхніх детермінованих еквівалентів, в основі яких лежить використання законів розподілу випадкових величин.

Детермінований еквівалент для постановок задач стохастичного програмування. Виходячи з припущень про нормальність закону розподілу випадкових величин a_{ij} , b_i , c_j , детермінований еквівалент цільової функції у P -постановці можна записати як:

a. при максимізації ЦФ:

$$F = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j - F_{\min}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_j^2 x_j^2}} \rightarrow \max ; \quad (11)$$

b. при мінімізації ЦФ:

$$F = \frac{F_{\max} - \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j}{\sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_j^2 x_j^2}} \rightarrow \max, \text{ або } F = \frac{\sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j - F_{\max}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_j^2 x_j^2}} \rightarrow \min, \quad (12)$$

де $\bar{c}_j$, σ_j^2 , — математичне сподівання та дисперсія випадкової величини c_j .

Детермінований еквівалент для M -постановки задачі стохастичного програмування матиме вид:

$$F = \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j \rightarrow \max(\min),$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} x_j \leq \bar{b}_i - t(\alpha_i) \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma^2(a_{ij}) x_j^2 + \sigma^2(b_i)} \\ t \leq x_j \leq D_j, j = \overline{1, n}, i = \overline{1, m}, \end{cases} \quad (13)$$

де $\bar{c}_j$ — математичне сподівання випадкової величини c_j ;

$\bar{a}_{ij}, \bar{b}_i, \sigma^2(a_{ij}), \sigma^2(b_i)$ — відповідно математичні сподівання та дисперсії випадкових величин a_{ij}, b_i ;

$t(\alpha_i)$ — значення t в нормальному законі розподілу, яке відповідає заданому рівню імовірності α_i виконання i -го обмеження.

Задача (13) виступає основою для аналізу прийняття оптимальних рішень в умовах невизначеності.

Аналіз впливу невизначеності на рішення задач стохастичного програмування. Для зручності аналізу введемо позначення:

$W_i = t(\alpha_i) \cdot \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma^2(a_{ij})x_j^2 + \sigma^2(b_i)}$ — величина зменшення i -го ресурсу

у в умовах неповноти інформації. Фактично це є «платою» за необхідність мати додатковий запас ресурсу у розмірі W_i , який може залишитися й невикористаним; проте для гарантії виконання плану його мати необхідно (саме в цьому й полягає суть впливу невизначеності на події, що відбуваються, тобто своєрідна плата за ризик або страхування від ризику).

Отже, слід приймати альтернативу: або випускати той самий обсяг продукції при збільшеному обсязі ресурсу, або при початковому запасі ресурсу виготовляти менше продукції.

Як видно з формули для W_i , на його значення впливають всі імовірнісні характеристики задач:

- заданий рівень імовірності виконання i -го обмеження α_i ;
- дисперсія значень норм витрат ресурсів $\sigma^2(a_{ij})$;
- дисперсія ресурсів $\sigma^2(b_i)$.

Тому доцільно дослідити наявність залежності ключових показників задачі від змінюваності вказаних параметрів і визначити її у аналітичному (формальному) виді.

Кількісну оцінку впливу невизначеності при різних «сценаріях» досліджуваного процесу на оптимальну траєкторію (оптимальний план детермінованої задачі) можна обчислити у виді коефіцієнтів:

— відносного погіршення β ЦФ:

$$\beta = \frac{|F_0 - F|}{F_0} \cdot 100 \% ; \quad (14)$$

— відносно збільшення ξ ресурсу (відносна плата за невикористання):

$$\xi = \frac{W_i}{\sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + W_i} \cdot 100\%, \quad (15)$$

де F_0, F — відповідно значення ЦФ при $W_i = 0$ і в задачі стохастичного програмування.

Причому, при аналізі впливу дисперсій $\sigma^2(a_{ij})$ і $\sigma^2(b_i)$ потрібно мати на увазі, що якщо вони (β), то їх треба враховувати; інакше — можна розв'язувати звичайні (детерміновані) задачі лінійного програмування.

Задача планування розвитку та розміщення виробництва з оптимальним розподілом інвестиційних ресурсів (стохастичний варіант). Розглянемо тепер для задачі планування розвитку та розміщення виробництва з оптимальним розподілом інвестиційних ресурсів, представлений детермінованою математичною моделлю (1), її математичні моделі для стохастичних задач в M - і P -постановках.

Відповідно до (8) задача (1) в M -постановці набуває виду (17). Нові позначення в моделі (17) мають такий зміст:

$M[I_{ij}], M[c_{ij}], M[d_{ik}]$ — математичні сподівання випадкових величин I_{ij}, c_{ij}, d_{ik} ;

$\alpha_l, l=1, \sum_{i=1}^m n_i + m + p + 1$ — гранична (мінімальна) ймовірність виконання l -го обмеження (максимальне значення l дорівнює загальній кількості ймовірнісних обмежень відповідно до задачі (1)); у загальному випадку всі величини α_l можуть приймати різні значення.

Як було вже зазначено, задача у виді (17) не розв'язується, а замінюється її детермінованим еквівалентом. Тому, враховуючи умови задачі і те, що ймовірнісну природу мають лише величини $I_{ij}, c_{ij}, d_{ik}, b_k$, а інші змінні і параметри моделі (17) детерміновані, детермінований еквівалент задачі стохастичного програмування (17) в M -постановці набуває виду (18).

$$\begin{aligned}
F = & e \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} M[l_{ij}]x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} M[c_{ij}]y_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p M[d_{ik}]z_{ik} \rightarrow \min \\
& \left\{ \begin{aligned}
& P \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} l_{ij} x_{ij} \leq R \right] \geq \alpha_1; \\
& P \left[y_{ij} \leq N_{ij} x_{ij} \right] \geq \alpha_l, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}, l = 2, \overline{\sum_{i=1}^m n_i + 1}; \\
& P \left[\sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} = \sum_{k=1}^p z_{ik} \right] \geq \alpha_l, i = \overline{1, m}, l = \overline{\sum_{i=1}^m n_i + 2, \sum_{i=1}^m n_i + m + 1}; \\
& P \left[\sum_{i=1}^m z_{ik} \geq b_k \right] \geq \alpha_l, k = \overline{1, p}, l = \overline{\sum_{i=1}^m n_i + m + 2, \sum_{i=1}^m n_i + m + p + 1}; \\
& \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \leq 1, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}; \\
& x_{ij} \in \{0; 1\}, y_{ij} \geq 0, z_{ik} \geq 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}, k = \overline{1, p}.
\end{aligned} \right. \quad (17)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
F = & e \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \bar{l}_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \bar{c}_{ij} y_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \bar{d}_{ik} z_{ik} \rightarrow \min \\
& \left\{ \begin{aligned}
& \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \bar{l}_{ij} x_{ij} \leq \bar{R} - t(\alpha_1) \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sigma^2(l_{ij}) x_{ij}^2 + \sigma^2(R)}; \\
& y_{ij} - \bar{N}_{ij} x_{ij} \leq 0 - t(\alpha_l) \sqrt{\sigma^2(N_{ij}) x_{ij}^2 + \sigma^2(0)}, a\bar{o}o \ y_{ij} \leq \bar{N}_{ij} x_{ij} - t(\alpha_l) \cdot \sigma(N_{ij}) x_{ij}, \\
& \qquad \qquad \qquad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}, l = 2, \overline{\sum_{i=1}^m n_i + 1}; \\
& \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} = \sum_{k=1}^p z_{ik}, i = \overline{1, m}, l = \overline{\sum_{i=1}^m n_i + 2, \sum_{i=1}^m n_i + m + 1}; \\
& - \sum_{i=1}^m z_{ik} \leq -\bar{b}_k - t(\alpha_l) \sqrt{\sum_{i=1}^m \sigma^2(1) z_{ik}^2 + \sigma^2(b_k)}, a\bar{o}o \ \sum_{i=1}^m z_{ik} \geq \bar{b}_k + t(\alpha_l) \cdot \sigma(b_k), \\
& \qquad \qquad \qquad k = \overline{1, p}, l = \overline{\sum_{i=1}^m n_i + m + 2, \sum_{i=1}^m n_i + m + p + 1}; \\
& \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \leq 1, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}; \\
& x_{ij} \in \{0; 1\}, y_{ij} \geq 0, z_{ik} \geq 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}, k = \overline{1, p}.
\end{aligned} \right. \quad (18)
\end{aligned}$$

У задачах (17) — (18) $\sigma^2(I_{ij}), \sigma^2(R), \sigma^2(N_{ij}), \sigma^2(b_k)$ — це дисперсії випадкових величин I_{ij}, R, N_{ik}, b_k , які обчислюються за загально відомими формулами.

Остаточна задача планування розвитку та розміщення виробництва з оптимальним розподілом інвестиційних ресурсів у M -постановці може бути представлена в такому виді:

$$\begin{aligned}
 F = e \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \bar{I}_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \bar{c}_{ij} y_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \bar{d}_{ik} z_{ik} \rightarrow \min \\
 \left\{ \begin{aligned}
 & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \bar{I}_{ij} x_{ij} \leq \bar{R} - t(\alpha_1) \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sigma^2(I_{ij}) x_{ij}^2 + \sigma^2(R)}; \\
 & y_{ij} \leq \bar{N}_{ij} x_{ij} - t(\alpha_l) \cdot \sigma(N_{ij}) x_{ij}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}, l = 2, \sum_{i=1}^m n_i + 1; \\
 & \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} = \sum_{k=1}^p z_{ik}, i = \overline{1, m}, l = \sum_{i=1}^m n_i + 2, \sum_{i=1}^m n_i + m + 1; \\
 & \sum_{i=1}^m z_{ik} \geq \bar{b}_k + t(\alpha_l) \cdot \sigma(b_k), k = \overline{1, p}, l = \sum_{i=1}^m n_i + m + 2, \sum_{i=1}^m n_i + m + p + 1; \\
 & \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \leq 1, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}; \\
 & x_{ij} \in \{0; 1\}, y_{ij} \geq 0, z_{ik} \geq 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n_i}, k = \overline{1, p}.
 \end{aligned} \right. \quad (19)
 \end{aligned}$$

Задача (19) — це задача частково цілочислового нелінійного програмування з бульовими змінними і може бути розв'язана відомими методами, проте її розв'язування також доцільно проводити з використанням процедури «Пошук рішення» стандартного пакету *Excel*.

Відповідно до (10) для задачі мінімізації задача (1) в P -постановці відрізнятиметься від задачі (19) в M -постановці лише цільовою функцією, їх обмеження ідентичні. Тому розглянемо лише перетворення в $\mathcal{CF}$, які необхідно провести задля побудови детермінованого еквіваленту стохастичної задачі в P -постановці.

В загальному випадку, коли всі параметри $\mathcal{CF}$ задачі, а саме: I_{ij}, c_{ij}, d_{ik} , мають імовірнісну природу, $\mathcal{CF}$ набуває виду (20).

$$F = P \left[\left(e \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} I_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} c_{ij} y_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p d_{ik} z_{ik} \right) \leq F_{\max} \right] \rightarrow \max, \quad (20)$$

де $F_{\max}$ — максимально прийнятне граничне значення сумарних витрат на розвиток виробництва в регіоні (як було вже зазначено конкретне значення $F_{\max}$ вибирає дослідник, проте для комплексності й ефективності проведення економіко-математичного аналізу доцільно взяти оптимальне значення ЦФ із рішення детермінованої задачі (1)).

Детермінований еквівалент відповідно до (12) запишеться тоді у виді:

$$F = \frac{F_{\max} - \left(e \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \bar{I}_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \bar{c}_{ij} y_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \bar{d}_{ik} z_{ik} \right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sigma^2(I_{ij}) x_{ij}^2 + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sigma^2(c_{ij}) y_{ij}^2 + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \sigma^2(d_{ik}) z_{ik}^2}} \rightarrow \max. \quad (21)$$

Таким чином, задача стохастичного програмування в P -постановці для задачі планування розвитку та розміщення виробництва з оптимальним розподілом інвестиційних ресурсів набуває виду (22). Всі позначення в моделі (22) мають такий самий зміст, як і в моделі (19).

Зауважимо, що у разі, коли не всі параметри моделей (19), (22) мають імовірнісну природу, для таких параметрів їх математичні сподівання (середні величини) замінюються їх детермінованими значеннями, а дисперсії дорівнюють нулю. Враховуючи цей факт, моделі (19), (22) трансформуються до моделей значно простішого виду.

Аналіз чутливості оптимального плану задачі планування розвитку та розміщення виробництва з оптимальним розподілом інвестиційних ресурсів. Задачі (19), (22) — основа для аналізу стійкості одержаного оптимального рішення й підґрунтя інформаційної підтримки прийняття ефективних управлінських рішень в умовах невизначеності і впливу чинників деструктивного та дестабілізуючого характеру.

$$\begin{aligned}
F = & \frac{F_{\max} - \left(e \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \bar{I}_{ij} x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \bar{c}_{ij} y_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \bar{d}_{ik} z_{ik} \right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sigma^2(I_{ij}) x_{ij}^2 + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sigma^2(c_{ij}) y_{ij}^2 + \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \sigma^2(d_{ik}) z_{ik}^2}} \rightarrow \max \\
\left\{ \begin{aligned} & \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \bar{I}_{ij} x_{ij} \leq \bar{R} - t(\alpha_1) \sqrt{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} \sigma^2(I_{ij}) x_{ij}^2 + \sigma^2(R)}; \\ & y_{ij} \leq \bar{N}_{ij} x_{ij} - t(\alpha_l) \cdot \sigma(N_{ij}) x_{ij}, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n_i}, \quad l = 2, \quad \sum_{i=1}^m n_i + 1; \\ & \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij} = \sum_{k=1}^p z_{ik}, \quad i = \overline{1, m}, \quad l = \sum_{i=1}^m n_i + 2, \quad \sum_{i=1}^m n_i + m + 1; \\ & \sum_{i=1}^m z_{ik} \geq \bar{b}_k + t(\alpha_l) \cdot \sigma(b_k), \quad k = \overline{1, p}, \quad l = \sum_{i=1}^m n_i + m + 2, \quad \sum_{i=1}^m n_i + m + p + 1; \\ & \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \leq 1, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n_i}; \\ & x_{ij} \in \{0; 1\}, \quad y_{ij} \geq 0, \quad z_{ik} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n_i}, \quad k = \overline{1, p}. \end{aligned} \right. \quad (22)
\end{aligned}$$

Аналіз чутливості оптимального плану передбачає дослідження впливу варіації значень параметрів моделей, які мають імовірнісну природу, на структуру й інтенсивність оптимального плану детермінованої задачі. Сутність такого аналізу полягає в тому, що за складеним планом експерименту проводять багато-варіантні модельні розрахунки, варіюючи в певних (обґрунтованих) межах значенням того показника, який кількісно відбиває вплив дестабілізуючих чинників. При цьому фіксуються нові оптимальні значення перемінних моделей, ЦФ та інших ключових показників (наприклад, коефіцієнти відносного погіршення β та відносного збільшення ресурсу ξ та ін.). Найзручніше одержані зведені результати аналізу представити в таблиці, згрупувавши їх у певні укрупнені інтервали стійкості.

Слід зазначити, що аналіз одночасного впливу зміни хоча б кількох параметрів на результати моделювання значно ускладнює його проведення взагалі. Тому рекомендується такий аналіз проводити окремо для кожного такого параметра за наступною

схемою (наприклад, при виявленні значущості імовірності виконання l -го обмеження на оптимальне рішення задачі):

1. Послідовно розв'язати задачу стохастичного програмування в M -постановці (19) при різних значеннях $\alpha_{lh} \in [\alpha_l^{\min}; \alpha_l^{\max}]$, $h = \overline{1, H}$, $l = \overline{1, \sum_{i=1}^m n_i + m + p + 1}$, де індекс h відповідає номеру модельного експерименту; H — їх загальна кількість. Результати оформити у виді таблиці:

Величина	Рівень імовірності α_l :				
	$\alpha_l^{\min}$		α_{lh}		$\alpha_l^{\max}$
x_{ij}					
y_{ij}					
z_{ik}					
F					
β					
ξ_l					
l — індекс обмежень з імовірнісними характеристиками					

2. Побудувати лінію тренда залежностей: $F = F(\alpha_{ih})$ і $\beta = \beta(\alpha_{ih})$, $h = \overline{1, H}$.

3. Дослідити вплив дисперсій $\sigma^2(I_{ij}), \sigma^2(R), \sigma^2(N_{ij}), \sigma^2(b_k)$ випадкових величин I_{ij} , R , N_{ik} , b_k на результат рішення задачі при заданому рівні імовірності виконання l -го обмеження α_l^* . Результати оформити у виді таблиці. Побудувати графіки залежності $F = F[\sigma^2(\bullet)]$ і $\beta = \beta[\sigma^2(\bullet)]$.

4. Послідовно розв'язати задачу стохастичного програмування (4.22) в P — постановці при різних значеннях $F_{\max}$. Результати оформити у виді таблиці. Побудувати лінію тренда залежностей: $F = F(F_{\max})$ і $\beta = \beta(F_{\max})$.

5. Дослідити вплив дисперсій $\sigma^2(I_{ij}), \sigma^2(R), \sigma^2(N_{ij}), \sigma^2(b_k)$ випадкових величин I_{ij}, R, N_{ik}, b_k на результат рішення задачі при заданому рівні $F_{\max}$. Результати оформити у виді таблиці. Побудувати графіки залежності $F = F[\sigma^2(\bullet)]$ і $\beta = \beta[\sigma^2(\bullet)]$.

Наприкінці підведемо підсумки і зробимо висновки щодо ефективності й коректності застосування методу стохастичного програмування в системах адаптивного управління виробничо-економічними системами (підприємствами).

По-перше, прийняття остаточних рішень щодо реалізації стратегічних і тактичних планів підприємства без урахування й аналізу імовірних сценаріїв розвитку в умовах динамічного стохастичного середовища недоцільно.

По-друге, підвищення надійності, гнучкості, а й, відповідно, адаптивності виконання планів можна досягти організацією робіт в два етапи:

1) адаптивне планування з урахуванням невизначеності й оцінюванням випадкових величин законами їх розподілу;

2) періодичне уточнення без корегування планів на основі конкретних реалізацій (фактично одержані значення випадкових величин), причому чим частіше уточнюватимуться елементи математичної моделі за фактичними значеннями, тим більш реальними й реалізованими будуть плани.

Література

1. Математические модели трансформационной экономики: Учебное пособие / Клебанова Т. С., Раевнева Е. В., Стрижинченко К. А. и др. — Х.: ИД «ИНЖЕК», 2004. — 280с.
2. Пономаренко Л. А. Основы економічної кібернетики: Підручник. — К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2002. — 432 с.
3. Кігель В. Р. Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці: Монографія. — К.: ЦУЛ, 2003. — 202 с.
4. Шелобаев С. И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: Учеб. пособие для вузов. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. — 367 с.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

І. А. Джалладова, канд. фіз.-мат. наук, доц.,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Тебе бы опыт сделать не мешало;
Ведь он для вас — источник всех наук...

Данте Алигьери
«Божественная комедия»

БАГАТОВИМІРНИЙ АНАЛІЗ ДАНИХ

АНОТАЦІЯ. В статті розглянуто основні поняття, методи, задачі багатовимірного аналізу даних, головною метою якого знаходження прихованих закономірностей у хаосі експериментальних даних, а також ознайомлення з сучасними підходами інтерпретації експерименту, вивчення новітнього програмного забезпечення, що використовується в усьому світі.

ANNOTATION. In the article considering basic definitions, methods, problems of multivariate Data Analysis which main aim find latent regular in chaos experiments data and also with modern approach interpretations experiment, study new program provide which using in the word.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Калібрування, класифікація, розвідувальний аналіз даних, приховані структури, проєкції АГК, аналіз головних компонент, тренд, кластер, SICMA.

Теорія ймовірностей та математична статистика виникли в процесі розв'язування задач, які мають імовірнісну природу початкових даних. Їх узагальнюють методи багатовимірного аналізу даних та прикладної статистики, що дозволяє вивчати ймовірнісну та геометричну природу даних. Велика кількість спостережень призвела до розуміння необхідності створення баз даних. Ще в 60—70-ті роки 20 століття виникла необхідність відокремлення процесу вводу даних та їх аналізу.

Реляційні бази даних далі еволюціонували до кубів OLAP (*операційна аналітична обробка процесів*) і далі до *DATA MINING*. Якщо реляційні бази даних подаються даними у вигляді двовимірної структури рядок/стовпець, то бази даних OLAP застосовують для цього багатовимірну структуру — куб.

У наш час можна впевнено казати, що всі задачі багатовимірного аналізу зводяться до аналізу двовимірних таблиць — перетинів куба. (*В економетриці — панельні дані*).

Тривимірний випадок узагальнюється на багатовимірний. Відмітимо, що всі спроби проведення одночасно аналізу даних не виявилися успішними. Але маючи різні двовимірні перетини ку-

ба послідовно один за одним ми отримуємо двовимірну матрицю даних, яка може описуватися за допомогою моделі коваріаційного аналізу.

Головна мета курсу «Багатовимірний аналіз даних» — дати можливість молодим ученим ознайомитися з сучасними підходами до інтерпретації експерименту, а також вивчити новітнє програмне забезпечення, що використовується у всьому світі.

Багатовимірний аналіз даних та його багато чисельні застосування — **хеометрика, технометрика, біометрика, економетрика, енвайрометрика, псіхометрика** — це сучасний підхід, який широко застосовується в різних галузях людської діяльності.

Його головна задача — знайти приховані закономірності в хаосі експериментальних даних. Сучасні математичні методи — аналіз головних компонент (PCA), регресія на головні компоненти (PCR), проекція на латентні структури (PLS) — дають можливість зробити це ефективно і швидко.

У багатьох роботах з багатовимірного аналізу даних всесвітньо визнані вчені пропонують ознайомлюватися із задачами

- класифікації,
- одновимірної та багатовимірної калібровки,
- прогнозами,
- причинами та наслідками,
- з основними поняттями багатовимірного аналізу даних: спостереженнями та змінними — різними аспектами «інформації»,
- приховані структури даних та допоміжні спостереження, основними геометричними моделями — проекційною технікою багатовимірного аналізу,
- проекційним простором головних компонент: «рахунки» — координати об'єктів у проекційному просторі, «навантаження» — координати змінних у проекційному просторі,
- інтерпретація структур даних: викиди, тренди, кластери, SICMA.

Один із сучасних вчених Кім Есбенсен — фахівець з хеометрики — пропонує вже 4-е видання посібника *Multivariate Data Analysis in Practice* (Багатовимірний аналіз даних на практиці) з пакетом UNSCRAMBLER 7.51 для ознайомлення з основами курсу. Популярна програма UNSCRAMBLER норвежської фірми CAMO ASA дає можливість здійснювати практиці методи багатовимірного аналізу даних, а також розв'язувати багато інших прикладних задач. До речі, Кім Есбенсен розробив метод багатовимірного аналізу образів (MIA), а також є основоположником нової галузі — акустичної хеометрики.

При керуванні або прогнозуванні на основі аналізу неповної інформації в умовах невизначеності виникає необхідність у використанні методів багатовимірного аналізу для побудови моделей.

Принципова відмінність методів багатовимірного аналізу даних на відміну від методів теорії ймовірностей та математичної статистики в тому, щоб об'єкти розглядались з урахуванням не одного-двох, а одночасно деякої множини ознак.

Розвиток багатовимірного аналізу даних починається з 1904-го року з робіт К. Пірсона та Ч. Спірмена. Методи багатовимірного аналізу даних базуються на поданні інформації в багатовимірному ознаковому просторі і дозволяють визначити неявні, але об'єктивно існуючі закономірності в організаційній структурі і тенденціях розвитку явищ і процесів, що досліджуються. Звичайно обробляються багатовимірні сукупності від розмірності 2 до 33. Курс «Багатовимірний аналіз даних», запропонований магістрам-кібернетикам, розрахований на практиків, його лейтмотив — мінімум теорії, максимум корисних порад і різноманітних підходів до розв'язування практичних задач. Розглядаються такі питання:

1. Графічний та розвідувальний аналіз даних:

- графічне подання багатовимірних даних;
- ефектне та наочне подання результатів дослідження.

2. Основні статистики та таблиці:

- описувальні статистики;
- кореляційний аналіз;
- Т-критерії;
- таблиці спряженості;
- багатовимірні відгуки та дихотомія.

3. Кластерний аналіз:

- обчислювання відстані;
- ієрархічне об'єднання;
- метод К-середніх.

4. Дискримінантний аналіз:

- стандартний;
- покроковий з включенням та виключенням.

5. Факторний аналіз:

- методи факторного аналізу;
- обертання факторів;
- аналіз результатів.

6. Багатовимірне шкалування:

- методи багатовимірного шкалування;
- інтерпретація результатів.

7. Дисперсійний аналіз:

- однофакторна ANOVA;
- аналіз парних результатів.

8. Системний аналіз та теорія оптимальних рішень:

- імовірнісні моделі, що описуються звичайними диференціальними та різницевиими рівняннями з випадковими коефіцієнтами;
- стійкість та керованість таких імовірнісних моделей;
- аналіз моментних рівнянь для стохастичних систем.

У багатовимірному аналізі даних узагальнюються методи перевірки статистичних гіпотез, статистичного оцінювання, дисперсійний, кореляційно-регресійний та інші розділи математичної статистики на багатовимірний випадок. Крім того, в багатовимірному аналізі даних розглядаються методи стискування інформації класифікації, зниження розмірності досліджуваного ознакового простору і відбір найбільш інформаційних показників. При використанні моделей, що описуються диференціально-різницевиими рівняннями, доречно вводити сучасний математичний апарат, наприклад, методи *теорії побудови многовидів*, розроблених проф. Валєєвим К. Г. та удосконаленим у роботах його учнів. Велике майбутнє за аналізом пов'язаним з прикладним апаратом стохастичних диференціальних та різницевих рівнянь, який розробляється вже багато років на кафедрі вищої математики факультету інформаційних систем Київського національного економічного університету.

Розглянемо методи багатовимірного аналізу даних детальніше.

Статистичні методи — це методи аналізу чисел, але не справжніх значень деякої ознаки.

Методи багатовимірного шкалювання — дозволяють подати сукупність об'єктів у вигляді деякого набору точок у багатовимірному просторі для візуалізації.

Багатовимірне шкалювання розглядають як альтернативу *факторному аналізу*, метою якого є пошук та інтерпретація латентних значень змінних, які дають змогу користувачу пояснити схожість між об'єктами, заданими точками в просторі ознак.

Наприклад, задано експертні оцінки — схожість або різниця поглядів політичних діячів з низки питань (голосування у Верховній раді). За допомогою методів шкалювання можна пояснити дані, що характеризують погляди політичних діячів і описують їх поведінку.

Проблема розмірності в багатовимірних дослідженнях. Дослідник часто зустрічається з «прокляттям розмірності» — коли бажано працювати не з n , а з m змінними, бо:

- 1) необхідно наочне подання (візуалізація) даних, що досягається їх проектуванням;
- 2) необхідно спрощувати статистичні моделі для інтерпретації;
- 3) необхідно стиснути інформацію в базі даних без втрати її інформативності.

Факторний аналіз. При дослідженні складних систем часто неможливо безпосередньо вимірювати величини, що визначають властивості цих об'єктів (фактори), а іноді невідомі навіть число і зміст цих факторів. Для виявлення впливу на вимірювальні змінні факторів латентних змінних використовують методи факторного аналізу. Розвиток факторного аналізу пов'язаний з іменами Л. Гуттмана, Г. Хотеллінга, Л. Терстоуна, Г. Хармана та ін. Основна його задача — стискання інформації і візуалізація даних. Факторний аналіз використовується в кореляційно-регресійному аналізі, кластерному аналізі, шляховому аналізі.

Кластерний аналіз — це сукупність методів, що дозволяє класифікувати багатовимірні спостереження, кожна з яких описується набором початкових змінних $x_1, x_2, \dots, x_n$. Мета кластерного аналізу — утворення груп схожих об'єктів, які прийнято називати кластерами (клас, таксон, згущення). Кластерний аналіз приводить до розбиття по всім ознакам одночасно і може привести до деяких класифікацій, виявити внутрішні зв'язки між одиницями сукупності, крім того, кластерний аналіз може використовуватися з метою стискання інформації. Кластерний аналіз називають класифікацією без вчителя. Дискримінантний аналіз називають класифікацією з вчителем. Він розв'язує задачу різниці об'єктів спостереження по певним ознакам, при цьому нові кластери не утворюються, а формулюється правило, за яким нові одиниці сукупності відносяться до одного із існуючих вже класів.

Важливим моментом при виборі математичного інструментарію є попередній **розвідувальний аналіз даних (РАД)**. РАД звичайно використовують, коли у дослідника є таблиця багатовимірних даних, а апріорна інформація про механізм їх генерації відсутня і причинних зв'язках невідома або неповна, РАД утворює основу сучасної методики OLAP. У зв'язку з комп'ютеризацією з 80—90 р. 20 сторіччя РАД широко використовує методи візуалізації десятки різних 2М, 3М, 4М графіків, піктограм, діаграм.

Розвідувальний аналіз даних був запропонований Дж. Тьюки в 60-тих рр. 20 століття і був заснований на застосуванні методів багатовимірної статистики.

В 1994 році відомий математик Лютфі Заде сформулював принцип «м'яких обчислень» — Soft Computing (терплячість до

нечіткості і частинної справжності даних, що використовуються для досягнення, інтерпретування, гнучкості і низької ціни рішень). Цей принцип сприяв появі в середині 90-х рр. 20 століття нового напрямку в науці DATA MINING (знаходження даних) або **інтелектуальний аналіз даних**. Фактично народженню нового напрямку в аналізі даних сприяло поява комп'ютерів і удосконалення технологій запису і збереження даних. Класична математична статистика виявилася неспроможною впоратися з обробкою даних.

Методи DATA MINING використовують ідеологію РАД, а також методи, які отримали розвиток дякуючи теорії штучного інтелекту: нейронні мережі, дерева розв'язків, еволюційне програмування, когнітивне моделювання, нечітка логіка, фрактальні перетворення.

Сьогодні говорять про **когнітивну революцію** — **зміну наукової парадигми**, що відбулася в 50—60 роки 20 ст. В когнітології має перевагу змістовний підхід до вивчення знань і критерієм якості є їх практична реалізація.

Відмітимо, що подібний розвиток аналізу даних пов'язаний з теоремою К. Геделя про неповноту формальної арифметики, що доведена в 1931 році. Зміст теореми в тому, що будь-яка математична теорія, аксіоматизована деяким чином, неповна, тобто в неї існує положення, які не можна ні довести, ні спростувати, залишаючись у межах цієї теорії. У зв'язку з цим у 60-тих рр. 20 ст. Стаффорд Бір запропонував розширяти теорію за допомогою зовнішніх доповнень, що відповідає цілям моделювання. Наприклад, побудова найкращої моделі прогнозу або моделі керування. Таким чином, аналіз даних про об'єкт повинен базуватися на індуктивних положеннях, що складають систему, а не дедуктивних особливостях їх взаємодії, що й пропонується при системному підході. Тому аналізом даних повинен займатися експерт — особа, яка добре знайома з системою.

Відомо, що розуміння та знання експертів частіше за все має не кількісний, а якісний характер. У зв'язку з цим у наш час у роботах сучасних учених Е. К. Корноушенко, В. М. Максименко, Г. В. Горелової пропонується застосування **когнітивного аналізу**. Когнітивний аналіз пропонує подання знань людини про систему у вигляді когнітивної карти, що уявляє певний орієнтовний граф. Тут виявляється можливим розв'язування задач системного аналізу по Дж. Касти:

- ідентифікація системи;
- оптимізація системи;

- аналіз зв'язності;
- встановлення реалізованості і спостерігаємості;
- аналіз стійкості системи;
- аналіз чуткості системи;
- аналіз катастроф;
- прийняття рішень у системі.

У наш час когнітивний аналіз рекомендовано застосовувати при аналізі так званих слабо структурованих проблем, що характеризуються як якісними, так і кількісними елементами. Тому первинний когнітивний аналіз заснований на алгебро-геометричному підході, а також методах нечіткого логічного та ситуаційного висновків. Другий етап аналізу полягає у використанні сучасних методів DATA MINING, які дозволяють на основі відповідної числової інформації оцінювати властивості системи і будувати відповідні моделі, виходячи із мети задачі.

Існує багато означень DATA MINING. Наприклад, у роботі «DATA MINING — стан проблеми, нові рішення» В. Дюк наводить огляд методів і систем DATA MINING. Наведемо означення, яке дав Григорій Пиатецький-Шапіро, один з відомих світових експертів у галузі DATA MINING: «DATA MINING — це процес виявлення в сирих даних раніше невідомих нетривіальних, практично корисних і доступних інтерпретації знань, необхідних для прийняття рішень у різних сферах людської діяльності». Мета DATA MINING — у виявленні прихованих правил та закономірностей у наборі даних. Справа в тому, що людський розум не пристосований до сприйняття великих масивів даних різномірної інформації. Людина до того ж не здатна сприймати більш двох-трьох взаємозв'язків навіть у невеликих вибірках. Сучасні технології DATA MINING переробляють інформацію з метою автоматичного пошуку шаблонів, що характерно для будь-яких фрагментів неоднорідних багатовимірних даних. На відміну від OLAP у DATA MINING тягар формулювання гіпотез та виявлення незвичайних шаблонів перекладено з людини на комп'ютер.

В умовах сучасної конкурентної економіки критичне значення для підприємств має керування їх найбільш цінними активами — клієнтами та інформацією про них. Тут DATA MINING може суттєво допомогти. DATA MINING допомагає проаналізувати величезні масиви та знайти приховану, але цінну інформацію, яка може допомогти краще зрозуміти своїх клієнтів та передбачити їх поведінку. Маючи цінну інформацію, можна побудувати більш тісні відношення з клієнтами, що дозволить:

- краще утримувати клієнтів;

- утримуватись від непотрібних дій;
- складати профілі клієнтів та розуміти їх поведінку;
- підтримувати та збільшувати рівень прибутків;
- виходити на клієнтів з потрібними їм пропозиціями.

Сфера застосування DATA MINING нічим не обмежена — вона всюди, де є будь-які дані. Але, в першу чергу, методи DATA MINING зацікавили комерційні підприємства, що розгортають проекти на основі інформаційних сховищ даних. Досвід багатьох таких підприємств показує, що віддача від використання DATA MINING може досягати 1000 %. Наприклад, відомі повідомлення від економічного ефекту в 10—70 разів більше ніж початкові витрати — від 350 тис. дол. до 750 тис. дол. Відомі дані про проект у 20 млн дол., який окупився всього за 4 місяця. Інший приклад — річна економія 700 тис. дол. за рахунок впровадження DATA MINING у мережі універсамів у Великобританії.

DATA MINING — це велика цінність для керівників та аналітиків у їх повсякденній діяльності. Бізнесмени усвідомлюють, що за допомогою методів DATA MINING вони отримують істотні переваги в конкурентній боротьбі.

Наведемо деякі **бізнес-пропозиції DATA MINING**:

1. Роздрібна торгівля:

- 1.1. аналіз купівельної спроможності;
- 1.2. дослідження часових шаблонів;
- 1.3. створення прогнозованих моделей.

2. Банківська справа:

- 2.1. виявлення шахрайства з кредитними картками;
- 2.2. сегментація клієнтів;
- 2.3. прогнозування змін клієнтури.

3. Страхування:

- 3.1. виявлення шахрайства;
- 3.2. розробка продуктів;
- 3.3. аналіз ризику та ін.

Класи систем інтелектуального аналізу даних:

1. Предметно-орієнтовні аналітичні системи (Trading System, Meta stock, Trade Station, «Бізнес-прогноз»).

2. Статистичні пакети (SAS, SPRS, STATGRAFICS, STSTATISTICA, STADIA).

3. Системи розмірковувань на основі аналогічних випадків (KATE tools, Pattern Recognition Workbench).

4. Дерева розв'язків (See5.C.5.0, SIPINA, IDIS).

5. Еволюційне програмування (Neuro Shell).

6. Генетичні алгоритми.

7. Алгоритми обмеженого вектора.
8. Методи нечіткої логіки.
9. Нейронні мережі.
10. Нечіткі (гібридні) нейронні мережі.
11. Нечіткий ситуаційний вихід.
12. Нечіткі когнітивні схеми (FCM) .

Наприклад, красивий науковий апарат (FCM) покладений в основу нового покоління інтелектуальних банківських систем. Своїм народженням (FCM) зобов'язаний об'єднанню двох наукових напрямів — нечіткої логіки та системної динаміки. Далі була розроблена *нечітка алгебра* — надзвичайна наука, яка дозволяє використовувати при розрахунках як точні, так і наближені значення змінних і *нечіткі когнітивні* моделі, на яких базується більшість сучасних систем динамічного моделювання у фінансах, політиці та бізнесі. Без застосування (FCM) сьогодні неможливі сучасні ситуаційні центри керівників західних держав, у яких приймаються ключові політичні рішення та моделюються всі можливі кризові ситуації. Із вищесказаного можна зробити висновки про те, що застосування всіх напрямів аналізу даних активно розвивається. Метою даної роботи є не сама істина, яка з часом змінюється, а можливий шлях її пошуку, рухаючись по якому, можна отримати неоцінімий досвід. Для людини можливість користуватися своїми знаннями залежить від можливості звернення до підсвідомості так швидко, як і до свідомості. Майже така ситуація з усіма можливими комп'ютерними реалізаціями математичних когнітивних теорій, які за десятки років боротьби з класичними математиками заслужили право на життя — отримали назву «м'яких обчислень» та знайшли застосування в системах класу інтелектуального аналізу даних. Сучасний науковий світогляд простягається від детермінізму та ймовірності до «м'яких обчислень», а що треба в кожній конкретній ситуації — вибирати людині...

Література

1. Афіфі А., Єйзен С. Статистичний аналіз: підхід з використанням ОЕМ: Пер. з англ. — М.: Мир, 1982. — 482 с.
2. Kim H. Esbensen. Multivariate Data Analysis — In Practice. — 2000. — 600 с.
3. Боровиков В. П. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / 2-е изд. — СПб.: Питер, 2003. — 688 с.

4. Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений. Разведочный анализ. — М.: Мир, 1981. — 693 с.
5. Дубров А. М., Трошин Л. И. Многомерные статистические методы: Учебник. — М.: Финансы и статистика, 1998. — 352 с.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

УДК 519.722:330.342

О. Д. Шарапов, канд. техн. наук, проф.,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»
В. М. Соловійов, д-р фіз.-мат. наук, проф.,
Черкаський національний університет
ім. Богдана Хмельницького

ВИКОРИСТАННЯ ВЕЙВЛЕТ-ЕНТРОПІЇ ДЛЯ АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. У роботі розглянуто методи розрахунку значень вейвлет-ентропії на основі дискретного та неперервного вейвлет-перетворення. За допомогою описаних методів проведено аналіз трьох економічних криз минулого сторіччя та зроблено висновки щодо можливості використання вейвлет-ентропії для дослідження економічних систем з точки зору наявності в їх функціонуванні критичних та кризових явищ.

ANNOTATION. This paper is devoted to the methods of calculation of values wavelet entropy based on discrete and continuous wavelet-transformation. By the described methods the analysis of three economic crises of past century is conducted and done conclusions in relation to possibility of the use of wavelet entropy for research of the economic systems from the point of view a presence in their functioning of the critical and crises phenomena

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Складні економічні системи, вейвлет-ентропія, передкризові стани.

Вступ

Останні роки напрямки досліджень в галузі синергетики та нелінійної динаміки суттєво розширились і стали міждисциплінарними, синергетичні методи стали активно застосовуватись до вивчення соціальних, екологічних, економічних систем. Досліджувані в рамках синергетичної парадигми об'єкти володіють спільною властивістю — вони є складними системами (complex system).

Головною метою досліджень є прагнення зрозуміти динаміку розвитку складних систем, що дасть змогу прогнозувати їх роз-

виток та ефективніше управляти ними. Однією із важливих задач є передбачення в еволюції системи особливих точок, які розмежовують її суттєво різні стани або траєкторії розвитку. Такі точки називають критичними чи кризовими. Що стосується економічних систем на макрорівні — то в якості таких точок можна розглядати відомі кризи, крахи та шоки, що спостерігались на фондових, валютних, товарних ринках у минулому столітті. Загалом критичні явища, що були причиною зміни стану системи, можуть бути пов'язані як із зовнішніми, так і з внутрішніми факторами. В той час як прогнозування криз та крахів, причиною яких стали зовнішні фактори, надзвичайно складне, вимагає побудови адекватних причинно-наслідкових моделей із численними контурами прямих та зворотних зв'язків, що пов'язано як з принциповими, так і з суто технічними проблемами.

Для критичних явищ, в основі появи яких знаходяться внутрішні властивості та зміни системи перспективним підходом до виявлення передкризових станів є застосування синергетичних методів, зокрема, підхід, головна ідея якого полягає в тому, що за деякою вихідною величиною (часовим рядом) в принципі можна діагностувати стан системи в цілому та виявляти передкризові, критичні режими функціонування та стани (наприклад, за серцевим пульсом або артеріальним тиском людини можна зробити висновки щодо стану здоров'я, за значеннями біржових індексів для фондових ринків можна зробити висновки щодо стану ринків).

У роботах по дослідженню критичних явищ, зокрема, в [1], висловлюється та підтверджується гіпотеза про колективну зміну поведінки суб'єктів (елементів) систем, що й приводить до загальної зміни їх структури. Так, перед кризою в економічній системі починає спостерігатись загальний рух трейдерів в одному напрямку на великих часових масштабах, в той час як на малих спостерігаються хаотичні дії, що загалом приводить до зростання складності поведінки системи та її невизначеності. На основі такої гіпотези можна зробити висновок про ймовірність дослідження критичних явищ за допомогою методів, що дозволяють визначати характеристики складності та невизначеності систем. Однією з таких характеристик є ентропія.

На даний момент відомо багато підходів до обчислення ентропії: ентропія подібності [2, 3] ентропія шаблонів [3, 4], багатомасштабова ентропія [5, 6], вейвлет-ентропія [7—11]. Всі ці підходи до обчислення ентропії використовують в якості початкових даних часові ряди. В той час як для перших трьох видів ентропії не

передбачається будь-яке перетворення вихідного ряду, остання розраховується на основі вейвлет-розкладу ряду, що, враховуючи сутність вейвлет-перетворення, може бути джерелом додаткової інформації про стан системи. Саме такі міркування в нашій роботі було покладено в основу вибору методів дослідження критичних явищ в економічних системах.

I. Методологія розрахунків

Вейвлет-аналіз є методом, що полягає у введенні відповідного базису та характеристики сигналу шляхом розподілу амплітуд (відліків сигналу) у введеному базисі. Якщо при введенні базису висувається вимога до його ортогональності, будь-яка розглядувана функція може бути єдиним чином розкладена в ньому, причому такий розклад дозволяє відновлювати сигнал.

Дискретне вейвлет-перетворення дозволяє отримувати представлення сигналу в такий спосіб, щоб його значення складалося з коефіцієнтів у послідовності вейвлетів. Такі вейвлет-коефіцієнти надають повну інформацію про сигнал та дозволяють безпосередньо отримувати локальні енергії складових сигналу на різних часових масштабах. Більш того, інформація може бути організована у вигляді ієрархічної системи вкладених підпросторів, що носить назву багатомасштабного аналізу. Базою вейвлет-перетворення є деяка функція ψ , що називається материнським вейвлетом. При використанні вейвлет-перетворення часто застосовують термінологію цифрової обробки сигналів, де часовий ряд називають сигналом, а його елементи часовими відліками.

Для опису основ вейвлет-ентропії звернемось до [8—10].

Нехай маємо часовий ряд (сигнал) X , що складається зі значень (відліків) x_i , $i = 1, \dots, M$, поданих на рівномірній сітці з частотою (часом вибірки) ω_s (t_s). В результаті, при використанні множини масштабів $1, \dots, N$, буде отримано наступне вейвлет-перетворення:

$$X(t) = \sum_{j=1}^N \sum_k C_j(k) \psi_{j,k}(t) = \sum_{j=1}^N r_j(t). \quad (1)$$

$r_j(t)$ містить інформацію про ряд X відповідно на частотах $2^{j-1} \omega_s \leq |\omega_s| \leq 2^j \omega_s$.

Оскільки сімейство $\{\psi_{j,k}(t)\}$ є ортонормальним базисом в $L^2(R)$, можна використовувати концепцію енергії з використанням відповідної термінології, взятої з теорії розкладів Фур'є. Вейвлет-коефіцієнти, що отримуються як $C_j(k) = \langle S, \psi_{j,k} \rangle$, дозволяють енергію на кожному масштабі $j = 1, \dots, N$ інтерпретувати як енергію елементів ряду

$$E_j = \|r_j\|^2 = \sum_k |C_j(k)|^2. \quad (2)$$

Загальна енергія ряду може бути отримана у вигляді

$$E_{tot} = \|X\|^2 = \sum_{j=1}^N \sum_k |C_j(k)|^2 = \sum_{j=1}^N E_j. \quad (3)$$

На основі отриманих значень, можна визначити нормалізовані p_j — значення, що представляють відносну вейвлет-енергію

$$p_j = \frac{E_j}{E_{tot}}. \quad (4)$$

на масштабах $j = 1, \dots, N$. Значення p_j , взяті на різних масштабах, утворюють розподіл ймовірності енергії, тобто,

$$\sum_{j=1}^N p_j = 1. \quad (5)$$

Розподіл $\{p_j\}$ може розглядатись як часово-масштабова щільність, що є цінним інструментом для визначення характеристик та особливостей часового ряду як у часовому, так і частотному просторах.

Необхідним критерієм для аналізу та порівняння розподілу ймовірності є ентропія Шенона. Вона надає міру інформації, що міститься в будь-якому розподілі. Визначимо нормалізовану за-

гальну вейвлет-ентропію (Normalized Total Wavelet Entropy, NTWE) [7, 8] як

$$E_{WT} = \frac{-\sum_{j=1}^N p_j \cdot \ln p_j}{X_{\max}}, \quad (6)$$

де $X_{\max} = \ln N$ є нормуючою константою. NTWE може використовуватись як міра ступеня порядку/безпорядку часового ряду, і, таким чином, надавати корисну інформацію про приховані динамічні процеси, асоційовані з часовим рядом. Високопорядкований процес, навпаки, може бути представлений періодичним монотонним сигналом (часовим рядом), тобто сигналом з вузьким частотним спектром. Вейвлет-подання такого часового ряду буде використовувати лише один масштаб, тобто, всі відносні вейвлет-енергії будуть майже рівні нулю на всіх масштабах, за виключенням масштабу, що включає репрезентативну частоту ряду. На цьому масштабі відносна енергія буде майже рівною 1. Відповідно, NTWE буде набувати дуже малого значення.

Часовий ряд, що відповідає випадковому процесу, буде демонструвати надзвичайно неупорядковану поведінку. Такий вид часових рядів буде мати вейвлет-представлення з порівняно великими значеннями на всіх частотних масштабах. Більш того, можна очікувати, що всі значення будуть приблизно однакові (одного порядку). Відповідно, відносні вейвлет-енергії на всіх масштабах будуть практично рівними між собою, і NTWE буде набувати свого найбільшого можливого значення.

Логічним продовженням ускладнення алгоритмів розрахунку характеристик вейвлет-ентропії є розбиття часового ряду на вікна, що не перекриваються. Для розрахунку нових характеристик вибираються вікна довжини L та утворюються i інтервали,

$i = 1, \dots, N_T$, де $N_T = \frac{M}{L}$. На кожному інтервалі відповідні значення

часового ряду асоціюються з центральною точкою часового вікна. У випадку діадичного вейвлет-розкладу кількість вейвлет-коефіцієнтів на рівні j удвічі менша за кількість на попередньому рівні, $j + 1$. Тому найменша довжина відповідного вікна буде включати щонайменше один вейвлет-коефіцієнт на кожному масштабі.

Вейвлет-енергія на масштабі j для часового вікна i розраховується за формулою

$$E_j^{(i)} = \sum_{k=(i-1)L+1}^{iL} |C_j(k)|^2, \quad i=1, \dots, N_T. \quad (7)$$

Загальна енергія у цьому часовому вікні буде дорівнювати

$$E_{tot}^{(i)} = \sum_{j=-N}^{-1} E_j^{(i)}. \quad (8)$$

Зміна з часом відносної вейвлет-енергії та нормалізованої загальної вейвлет ентропії буде отримана за формулою:

$$p_j^{(i)} = \frac{E_j^{(i)}}{E_{tot}^{(i)}}, \quad (9)$$

$$E_{WT}^{(i)} = - \sum_{j=-N}^{-1} p_j^{(i)} \cdot \frac{\ln p_j^{(i)}}{X_{\max}}.$$

II. Алгоритми розрахунків

При розрахунку коефіцієнтів використовуються наступні типи вейвлет-перетворень:

— неперервне вейвлет-перетворення — розрахунок неперервних вейвлет-коефіцієнтів часового ряду t на цілих додатніх масштабах з використанням в якості материнського вейвлета похідної 8-го порядку функції Гауса;

— дискретне вейвлет-перетворення — розрахунок дискретних вейвлет-коефіцієнтів часового ряду t на дійсних додатніх масштабах у просторі з ортонормованим базисом із сімейства материнських функцій Морле з шістьма хвилями та періодами, що є дійсними степенями двійки;

— дискретне вейвлет-перетворення з цілими масштабами — розрахунок дискретних вейвлет-коефіцієнтів часового ряду t на цілих додатніх масштабах у просторі з базисом із сімейства материнських функцій, що є похідними 2-го порядку функції Гауса.

При виконанні вейвлет-перетворення до вихідного ряду зліва та справа додавались його екземпляри, що дозволило отримувати

однакову кількість вейвлет-коефіцієнтів на всіх масштабах. Тому в подальшому для позначення вейвлет-коефіцієнтів (та відповідних енергій) використовуватимемо нижні індекси C_{ij} , де i — номер масштабу, j — номер точки.

В якості базової формули розрахунку значення ентропії нами було обрано ентропію Шенона внаслідок досить простого методу отримання розподілу щільності ймовірності енергії сигналу.

На основі енергій вейвлет-коефіцієнтів було визначено два показники вейвлет-ентропії — масштабової та точкової ентропії. У випадку розрахунку масштабової вейвлет-ентропії формула Шенона застосовується до оброблених даних по масштабах, в іншому випадку обробка даних проводиться за часовою шкалою.

При розрахунку обох показників вейвлет-ентропії спочатку знаходиться поле енергій вейвлет-коефіцієнтів $E_{ij} = C_{ij}^2$, яке нормалізується середнім квадратичним відхиленням вихідного часового ряду $\tilde{E}_{ij} = \frac{E_{ij}}{\sigma_t}$. Подальші кроки залежать від виду розраховуваної ентропії.

Для розрахунку масштабової ентропії визначається розподіл щільності ймовірності енергій $p_{ij} = \frac{\tilde{E}_{ij}}{\tilde{E}_{tot}}$, де $\tilde{E}_{tot} = \sum_i \sum_j \tilde{E}_{ij}$. Значення

ентропії знаходяться за формулою $E_{WS} = -\sum_i \left(\left(\sum_j p_{ij} \right) \cdot \frac{\log_2 \sum_j p_{ij}}{\log_2 N} \right)$,

де $\log_2 N$ — константа, що є нормуючим множником, N — кількість елементів часового ряду.

Для розрахунку точкової ентропії визначаються суми енергій на кожному масштабі $\tilde{E}_i = \sum_j \tilde{E}_{ij}$ та знаходиться розподіл щільності ймовірності енергій шляхом ділення енергій вейвлет-коефіцієнтів на сумарну енергію відповідного масштабу $p_{ij} = \frac{\tilde{E}_{ij}}{\tilde{E}_i}$. Значення ентропії у кожній точці знаходиться за формулою Шенона

$$E_{WP} = -\sum_i \left(\left(\sum_j p_{ij} \right) \cdot \frac{\log_2 \sum_j p_{ij}}{\log_2 N} \right).$$

III. Використовувані економічні дані

Для дослідження було використано наступні щоденні індекси: DowJones, Standard&Poor's 500, Nasdaq, NYSE. Для можливості порівняння результатів використовувались ряди однакової довжини. Точкою відліку вибиралась точка максимального значення індексу або точка, вказана у [1]. Всі ряди мали довжину у 2001 спостереження.

Досліджувались кризи минулого століття (в дужках вказано дату, що відповідає середній точці ряду):

- криза 1929 р. (01.10.1929 р.);
- крах 1987 р. (19.10.1987 р.);
- криза 1962 р. (1.1.1962 р.);
- обвал індекса Nasdaq у 2000 р. (17.4.2000 р.).

IV. Дослідження кризових явищ

При аналізі економічних систем нас цікавила, в першу чергу, динаміка зміни показника ентропії. Хоча описані нижче явища спостерігались для усіх досліджуваних часових рядів, в якості демонстрації ми вибрали індекс Dow Jones.

Як і очікувалось, ентропія системи зростає при наближенні до точки обвалу (падіння) і набуває свого найбільшого значення безпосередньо у цій точці. Така тенденція спостерігається для всіх досліджуваних нами рядів. На рис. 1 зображено значення вейвлет-ентропії при дослідженні часового ряду індексу Dow Jones з використанням дискретного вейвлет-перетворення. Точка кризи показана вертикальною прямою. Для кризи 1929 р. та краху 1987 р. максимальне значення ентропії практично співпадає з точкою найбільшого падіння індекса. Для кризи 1962 р. максимальне значення ентропії зміщене вправо від центральної точки, що може бути пояснене тривалістю кризи та послідовністю падінь індексу приблизно однакової величини замість одного значного обвалу. Зауважимо також наявність більшої ширини піка, що містить максимальне значення ентропії для кризи 1962 р.

Однак, при використанні дискретного вейвлет-перетворення враховуються не всі допустимі масштаби, що приводить до часткової втрати інформації, яку стає неможливо отримати шляхом аналізу вейвлет-коефіцієнтів. Розрахунки вейвлет-ентропії, виконані з використанням неперервного вейвлет-перетворення, дають більш інформативні результати. На рис. 2 показано результати

дослідження тих же рядів з використанням CWT. Аналіз дозволяє виявити нові особливості поведінки ентропії:

- максимальне значення ентропії не співпадає з центральною точкою ряду, що є, як згадувалось раніше, точкою найбільшого падіння;

- з'являються коливання значень ентропії, які повторюють коливання вейвлет-коефіцієнтів на великих масштабах. Вони добре узгоджуються (особливо на графіку (с) для краху 1987 р.) з лог-періодичним законом розвитку критичного явища, що був досліджений [1];

- тривалість періоду розвитку критичного явища в більшості випадків співпадає з тривалістю періоду релаксації.

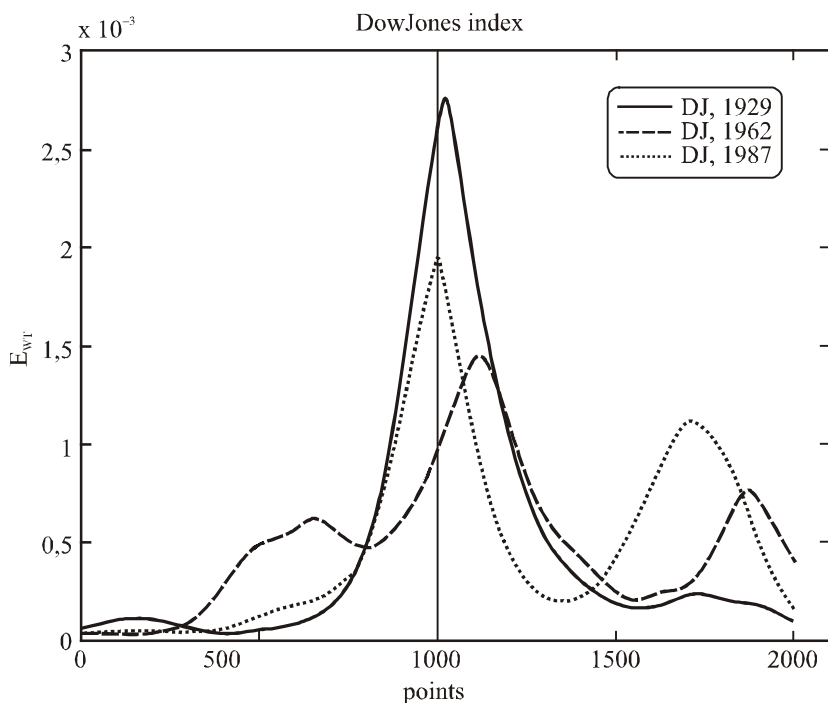


Рис. 1. Значення вейвлет-ентропії, розрахованої при використанні дискретного вейвлет-перетворення, для трьох часових рядів індексу Dow Jones, що містять кризи. Суцільна лінія відображує значення вейвлет-ентропії для ряду, що містить кризу 1929 р.; штрихова лінія — для ряду, що містить кризу 1962 р.; пунктирна лінія — для ряду, що містить крах 1987 р.

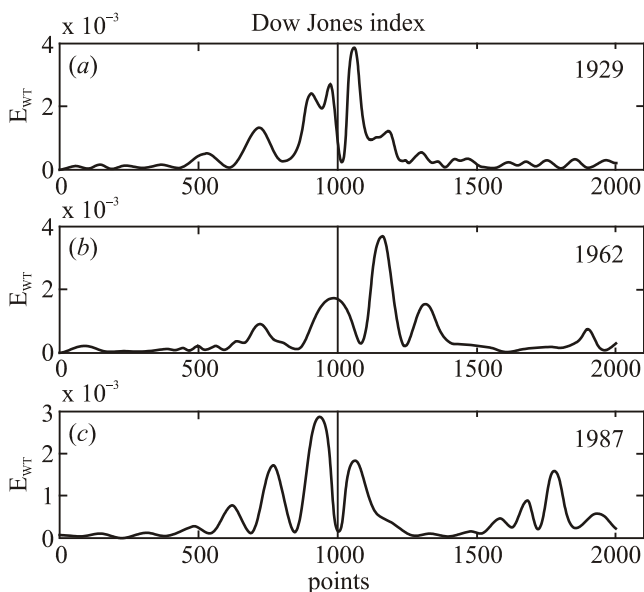


Рис. 2. Значення вейвлет-ентропії, розрахованої при використанні неперервного вейвлет-перетворення, для трьох часових рядів індекса Dow Jones, що містять кризи. На вкладці (a) відображено значення вейвлет-ентропії для ряду, взятого за період кризи 1929 р.; на вкладці (b) — для ряду, що містить кризу 1962 р.; на вкладці (c) — для ряду, що містить крах 1987 р.

Оскільки при дослідженні часових рядів часто використовують похідні від них (зокрема, *returns*), ми провели дослідження повернень. На рис. 3 зображено значення вейвлет-ентропії для рядів повернень індексу Dow Jones. Отримані ряди дозволяють зробити припущення про тривалість кризи, однак не містять ознак, описаних вище. Зрозуміло, що при використанні повернень більші значення ентропії будуть знаходитись на ділянках ряду, що містять великі падіння чи підйоми, оскільки в цьому випадку в ряді повернень спостерігатиметься пік, що суттєво впливає на значення вейвлет-коефіцієнтів. Аналіз отриманого показника також виявляє можливість досліджувати структуру критичного явища. Зокрема, для кризи 1929 р. — порівняно спокійне наближення та бурне протікання, навпаки, для краху 1987 р. — тривала підготовка з виявленням наростаючого хаотичного руху та порівняно невеликий період релаксації.

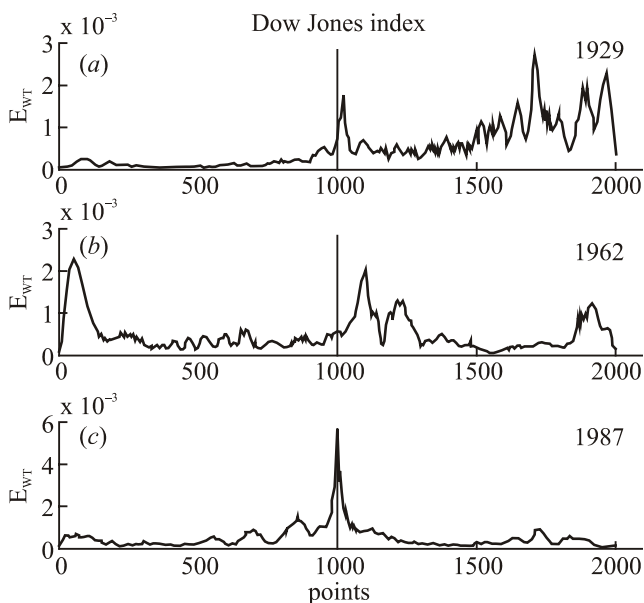


Рис. 3. Значення вейвлет-ентропії, розрахованої при використанні неперервного вейвлет-перетворення, для трьох часових рядів прибутків, розрахованих на основі рядів індекса Dow Jones, що містять кризи. На вкладці (a) відображено значення вейвлет-ентропії для ряду повернень, взятого за період кризи 1929 р.; на вкладці (b) — для ряду повернень, що містить кризу 1962 р.; на вкладці (c) — для ряду повернень, що містить крах 1987 р.

Нарешті, нами було проведено тест на перемішування даних, що часто використовується для перевірки значимості отриманих результатів. Аналіз за допомогою вейвлет-ентропії перемішаних рядів (рис. 4) показав відсутність систематичності в показниках ентропії як для перемішаного ряду початкових даних, так і для перемішаних рядів повернень та модулів повернень.

Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

— вейвлет-ентропія підтверджує тезу про зростання складності поведінки системи (її невизначеності) в момент критичних та кризових явищ;

— перед критичним явищем спостерігається поступове зростання показника ентропії, причому це зростання є періодичним, близьким до логперіодичного;

— аналіз прибутків за допомогою вейвлет-ентропії дозволяє досліджувати тривалість кризи та, можливо, визначати її механізм на основі результуючого ряду;

— перемішування часового ряду показує відсутність будь-яких системних результатів, що свідчить значимість отриманих показників.

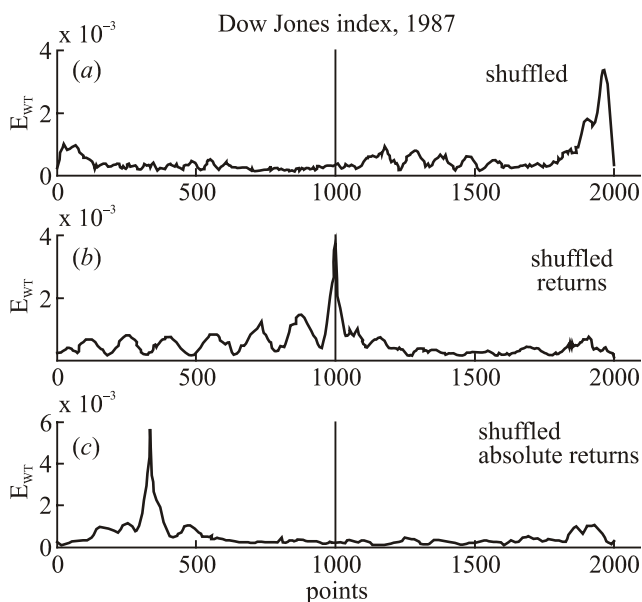


Рис. 4. Значення вейвлет-ентропії, розрахованої при використанні неперервного вейвлет-перетворення, для трьох часових рядів, похідних від індекса Dow Jones, що містять крах 1987 р.

На вкладці (a) відображено значення вейвлет-ентропії для перемішаного ряду значень індекса; на вкладці (b) — для перемішаного ряду повернень; на вкладці (c) — для перемішаного ряду модулів повернень.

Підсумовуючи, зауважимо, що обчислення показників ентропії, які характеризують міру складності та хаотичності поведінки системи, дозволяє будувати індикатори передкризових станів економічних систем, зокрема, валютних, товарних та фондових ринків.

Література

1. *Sornette D.* «Critical market crashes». *Physics Reports* 378 (2003) 1-98.
2. *Pincus S. M.* «Approximate entropy as a measure of system complexity». *Proc. Natl. Acad. Sci.* Vol. 88, pp. 2297—2301.
3. *S. Joshua, J. Richman, Randall Moorman* «Physiological time-series analysis using approximate entropy and sample entropy». *Am. J Physiol. Heart Circ. Physiol.* 278: H2039-H2049, 2000.
4. *Douglas E. Lake, Joshua S. Richman, M. Pamela Griffin, J. Randall Moorman* «Sample entropy analysis of neonatal heart rate variability». *Am J Physiol. Integr. Comp. Physiol.* 283: R789-R797, 2002.
5. *Madalena Costa, Ary L. Goldberger, C.-K. Peng* «Multiscale entropy analysis of biological signals». *Phys Rev E* 2005; 71:021906.
6. *Madalena Costa, Ary L. Goldberger, C.-K. Peng* «Multiscale entropy analysis of physiologic signals». *Phys Rev Lett* 2002; 89:062102.
7. *Rosso O. A., Figliola A.* «Order/disorder in brain electrical activity», *Revista Mexicana de Física* 50 (2) 149—155, Abril 2004.
8. *Zunino L., Perez D. G., Garavaglia M. and Rosso O. A.* «Wavelet entropy of stochastic processes», e-print: arXiv:physics/0603144v1 [physics. data-an] 17 Mar 2006.
9. *Quiñan Quiroga R., Rosso O. A., Başar E.,* «Wavelet entropy: a measure of order in evoked potentials», *Functional Neuroscience*.
10. *Sello S.* «Wavelet entropy as a measure of solar cycle complexity», arXiv: astro-ph/0005334 v1.
11. *Dario G. Perez, Luciano Zunino, Mario Garavaglia, Osvaldo A. Rosso,* «Wavelet entropy and fractional Brownian motion time series», arXiv:physics/0501105 v1.
12. *D. Sornette.* «Stock Market Crashes, Precursors and Replicas», *J. Phys. I France* 6 (1996) 167—175.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

УДК 007:519.876.5

А. В. Бегун, канд. екон. наук,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

БЕЗПЕКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. Розглянуто деякі питання безпеки інтелектуальних інформаційних систем. Проаналізовано існуючі підходи до захищеності інтелектуальних інформаційних систем. Виявлено низку проблемних питань. На основі політики безпеки запропоновано напрямлення розроб-

ки нових моделей управління інформаційної безпеки і методи побудови захищених інтелектуальних інформаційних систем. Визначено програмне забезпечення проти інсайдерських загроз.

ANNOTATION. Some safety issues of intellectual information systems are considered. Analysis existing approaches to management of information safety of systems. A number of problem questions is certain. On the basis of policy of safety directions of development of new models of information safety are offered. The offer programs products of the analysis insider threats.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. інтелектуальна інформаційна система (ІІС), інсайдерські загрози, конфліктна ситуація, модель безпеки інформації, синтез, сучасні системи захисту.

Однією із особливостей успішного функціонування і розвитку економічних систем є не тільки їх спроможність впроваджувати та експлуатувати новітні інтелектуальні інформаційні системи, але й уміння ефективно управляти високотехнологічними процесами обробки інформації. Реалізація задач управління розглядається як неперервний процес у контексті функціонування всієї системи в цілому і носить глобальний характер. Окрема роль у цьому процесі призначається безпеці, особливо інформаційній безпеці, як важливому активу будь-якої форми існування економічної системи.

Представлення інтелектуальних інформаційних систем (ІІС) з позицій віртуального знання дозволяє синтезувати узагальнену модель для систем даного класу (рис. 1).

Форма цієї моделі в процесі дослідження проблем безпеки, особливо інформаційної безпеки, пропонує принципово нові направилення для аналізу змісту цих проблем і шляхи їх вирішення.

Проблема створення сталого рівня інформаційної безпеки на всіх рівнях може бути розв'язана тільки в умовах комплексності, яка включає в себе:

- безпека власне самої ІІС;
- безпека інформаційних просторів творчості (Т) та знання (З);
- безпека ядра формування інформаційного простору знань;
- безпека каналів взаємодії інформаційного простору знань та інформаційного середовища творчості;
- безпека духовних процесів (Д).

З іншого боку, проблема інформаційної безпеки інформаційних просторів знань і творчості включає такі компоненти:

- захист від руйнуючих інформаційних впливів;
- захист від перекручених модифікованих впливів;

— захист від крадіжки інформації, що може призвести до нестабільного функціонування ІС.

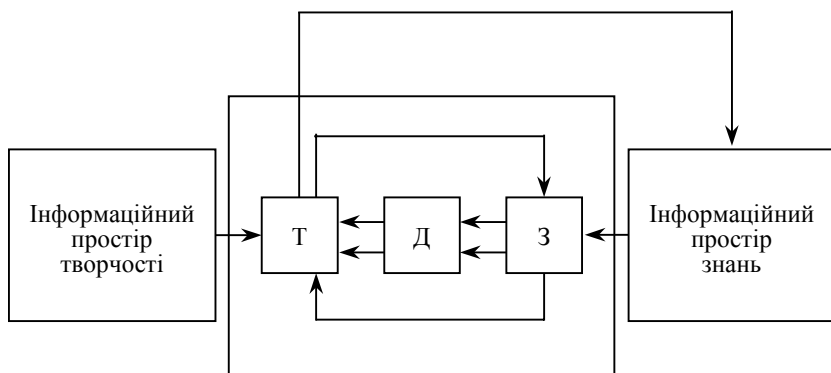


Рис. 1. Узагальнена модель інтелектуальної інформаційної системи

Розглядаючи питання безпеки інформації в ІС, слід акцентувати увагу на деяких «бажаних» станах системи. Ці стани можуть визначатися як стани захищеності; вони апіорі задані, зовнішні [1].

Інтегральною ж характеристикою захищеності ІС є політика безпеки, тобто якісний або якісно-кількісний вираз властивостей захищеності, що представляють систему [1]. Важливо відмітити, що політика безпеки виражає в загальному випадку нестаціонарний стан захищеності; захищена система може змінюватися і доповнюватися новими компонентами.

З іншої сторони, нестаціонарність захищуваної ІС, а також питання реалізації політики безпеки в конкретних структурах визначає необхідність дослідження задачі гарантування заданої політики безпеки.

Існуючі практичні підходи до опису захищеності ІС базуються на аналізі типових ситуацій і особливості поведінки об'єктів. Але в більш складних структурах подібних систем такий підхід не надає цілісної картини рівня безпеки. У зв'язку з цим виникають проблемні питання стосовно використанню моделей безпеки в умовах обраної політики безпеки інформації. У літературі [2] пропонуються чотири моделі безпеки інформації: модель матриці доступу HRU, модель «Take-Grant», модель «Белла-Лападула» і

модель «Low-Water-Mark». Ці моделі спираються на ієрархічну декомпозицію рівнів захисту — верхній рівень ієрархії — це політика безпеки із специфічними методами аналізу; наступний рівень — основні компоненти підтримки політики безпеки; нижчий рівень ієрархії — реалізація механізмів захисту (віртуальна пам'ять, тегова архітектура тощо) [2]. Запропоновані моделі мають низку недоліків, які можуть суттєво впливати на політику безпеки. Так, у моделях не враховуються особливості взаємодії із зовнішнім середовищем у часі, динамічні характеристики зміни самої ІС, процеси концентрації та розсіювання захищеної інформації, динаміка процесу старіння та оновлення. Все це потребує деякої сукупності науково-технічних доробок, а також використання специфічних засобів і методів управління інформаційною безпекою ІС.

Особливістю ефективної реалізації системи управління інформаційною безпекою ІС являється її спроможність функціонувати в двох основних напрямках: організаційному і технологічному.

Основа організаційної моделі управління інформаційною безпекою складає підхід, що визначається використанням системи процесів взаємозв'язаних у рамках моделі PDCA у відповідності до рекомендацій стандарту BS ISO/IEC 2007:2005 і практиками впровадження BS ISO/IEC 17799:2005. Чотирьохфазну модель процесу управління безпекою ІС (планування—реалізація—оцінка—корегування) слід залучати зі стандарту BS 7799-2:2002. Стосовно цієї моделі процес управління має циклічний характер; на фазі первісного планування здійснюється вхід до циклу і тут же визначається документована політика безпеки ІС. Потім визначається область дії системи управління інформаційною безпекою (СУІБ). Вона може охоплювати всю систему або її частини. Необхідно специфікувати залежності, інтерфейси та припущення, які пов'язані з границею між СУІБ та її оточенням. Це особливо важливо, якщо в область дії попадає лише частина системи. Більшу область доцільно поділити на підсистеми управління. Ключовим елементом фази планування є аналіз ризиків. Результатом аналізу ризиків є вибір регуляторів безпеки. План повинен включати графіки та пріоритети, детальний робочий план і розподіл обов'язків реалізації цих регуляторів.

На другій фазі — фаза реалізації — виділяються необхідні ресурси (фінансові, матеріальні, людські, тимчасові), виконується реалізація і впровадження обраних регуляторів. Основна мета цієї фази — ввести ризики в рамки, що встановлені планом.

Призначення фази оцінки — проаналізувати, наскільки ефективно працюють регулятори та СУІБ ІС у цілому. Крім того, необхідно взяти до уваги зміни, що відбулися в системі та її оточенні. Слід визначити, чи здатні ці зміни вплинути на результати аналізу ризиків. Корегування, яке притаманне четвертій фазі, повинно здійснюватися тоді, коли виконано принаймні одну з умов: виявлено внутрішнє протиріччя; рівень ризиків вийшов за припустимі значення.

Оцінка може виконуватися в кількох формах:

- регулярні (рутинні) перевірки;
- перевірки, що викликані появою проблем;
- вивчення досвіду (позитивного і негативного);
- внутрішній аудит СУІБ;
- інспекції за ініціативою керівництва;
- аналіз тенденцій.

Аудит повинен виконуватися регулярно, не менш одного разу на рік.

У процесі аудиту варто переконатися в наступному:

- політика безпеки відповідає поставленим вимогам;
- результати аналізу ризиків залишаються дійсними;
- документовані процедури виконуються і досягають поставлених цілей;
- регулятори безпеки, наприклад, міжмережеві екрани або засоби фізичного доступу розташовані належним чином, вірно сконфігуровані та працюють у штатному режимі;
- дії, які намічені за результатами перевірок, виконані.

Навіть якщо неприпустимих відхилень не виявлено і рівень безпеки визнаний задовільний, то доцільно зафіксувати зміни в технології, появу нових загроз і вразливостей для подальшого корегування системи управління.

Завдання фази оцінки — виявлення проблем. На фазі корегування необхідно дослідити основу й усунути першопричини невідповідностей.

Технологічна складова залежить від тенденцій розвитку програмного забезпечення процесів безпеки, появи нових джерел витоку інформації, розробки нових систем криптозахисту. З цього приводу періодичній оцінці повинні підлягати такі основні пункти:

- стан інтелектуальної інформаційної системи, включаючи визначення переліку інформаційних ресурсів у робочих групах;
- інформація, яка обробляється ІС і класифікується за рівнем критичності до бізнесу, ймовірну матеріальну оцінку збитків

у випадку можливої дискредитації інформації визначеної категорії;

- організація взаємодії користувачів з ПС та належність користувачів відповідним групам доступу до інформаційним ресурсам; кількість користувачів у групі, категорії доступної інформації, види і права доступу до інформації (час затримки при спробі доступу до інформації в конкретній групі користувачів);

- визначення бізнес-процесів та їх прив'язка до інформаційних ресурсів і категорій інформації;

- засоби захисту, організація захисту інформації, моніторинг витрат на інформаційну безпеку;

- рівень захищеності інтелектуальної інформаційної системи, перегляд організаційних мір, фізичний захист доступу до інформаційних ресурсів, безпека персоналу, управління комунікаціями і процесами, процедури контролю доступу, відповідність документованим вимогам політики безпеки.

З іншого боку, технологічна складова повинна характеризуватися системним підходом і ґрунтуватися на діючій системі управління інформаційної безпеки. Це надає умови визначення потенційних загроз, конфліктні ситуації, можливі інциденти. Розглянемо основні напрямлення розвитку технологічної складової безпеки ПС.

Програмне забезпечення контролю доступу. Однією із основ інформаційної безпеки є контроль над тим, хто і як володіє доступом до тих або інших ресурсів. На даний час головна увага акцентується в трьох напрямках цього контролю:

- 1) контроль доступу до мережі (NAC);

- 2) управління ідентифікацією та диференційованими правами користувачів (identity management);

- 3) надання ресурсів і аудит процесів.

Важливою задачею створення програмного забезпечення контролю доступу виступає контроль за динамічно створюваними віртуальними системами як адміністратором, так і користувачем. Це викликано перш за все тим, що віртуальні системи після підключення до мережі виконують деяку функцію, а потім можуть згоратися, залишаючи при цьому алгоритми надання машинних і користувацьких прав доступу до цих систем, особливо в процеси управління віртуальним простором. Продукти і сервіси такого контролю мають особливу роль для середнього бізнесу в рамках оновленого стандарту Payment Card Industry Data Security Standard. Тому особлива увага, в цьому контексті, повинна при-

ділятися системам єдиного доступу до багатьох ресурсів (single sing-on), системам багаторівневій аутентифікації, широкомасштабним системам ідентифікації та контролю доступу покупців, абонентів, користувачів.

Безпека обміну повідомленнями. Технологія DCIM (DomainKeys Identifiend Mail) та шифрування електронної пошти дозволяють забезпечити цілісність миттєвих повідомлень і захист їх контенту. В просторі уваги слід тримати **ботнети**, як велику загрозу безпеки з ризиком підключенням до них через електронну пошту нових вірусів. Інфраструктура передачі повідомлень також є привабливою для ефективної роботи зловмисників, тому безпека обміну повідомленнями повинна бути в центрі уваги ІТ-фахівців.

Криптозахист. Кожний ноутбук і взагалі кожний мобільний пристрій повинен мати повністю зашифровану пам'ять. Але в більшості випадків це правило ігнорується. Криптозахист повного диску охоплює всі категорії даних, включаючи зміст областей підкачки та адресну частину.

Інсайдерські загрози. Багато років компанії та організації боролися з несанкціонованим доступом — оточували корпоративний периметр міжмережевими екранами, сучасними брандмауерами та системами запобігання втручань, вбудовували VPN та інші засоби захисту; вторгнутися до інформаційної системи зможе тільки професіонал вищого класу і не кожний, і не в будь-яку систему. Однак, існування внутрішнього авторизованого об'єкта (інсайдера) з необмеженим доступом до корпоративної інформації в рамках своєї компетенції, дозволило володіти фінансовою інформацією та інтелектуальною власністю компанії, її персональними даними. Для цього у інсайдерів існує цілий ряд каналів передачі даних: поштові ресурси, вихід в Інтернет (веб-пошта, чати, форуми), звичайні порти робочих станцій (USB, COM, LPT), бездротові мережі (Wi-Fi, Bluetooth, IrDA) тощо. Однак найбільш небезпечним каналом витоку слід враховувати комунікаційні можливості робочих станцій, до яких слід віднести стандартні порти, різноманітні види приводів (пишучі приводи, ZIP), бездротові мережі та будь-які засоби зняття інформації з ПК без використання пошти та Інтернету.

Таким чином, проблема запобігання витоку на рівні робочих станцій являється найбільш актуальною і невідкладною. Мінімізувати такі ризики можливо, як вказувалося раніш, у рамках комплексного підходу за рахунок покриття усіх можливих каналів витоку або шляхом реалізації автономного проекту конт-

ролю над обігом чутких відомостей тільки на рівні робочих станцій. Ринок продуктів для таких типів рішень представлений у табл. 1.

Таблиця 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ВІД ВИТОКУ

Характеристика	3ami MAS	ASI USB Lock	Info Watch Net Monitor	SecurIT Zlock	SmartLine DeviceLock
Контроль комунікаційних ресурсів робочої станції (порти, приводи, бездротові мережі)	Так	Так	Так	Так	Так
Можливість запобігти витоку не всій, а тільки конфіденційної інформації	Ні	Ні	Так	Ні	Ні
Централізована установка, налаштування та управління	Так	Так	Так	Так	Так
Ефективний контроль комунікаційних ресурсів ноутбуків (порти, приводи, бездротові мережі)	Ні	Ні	Так	Ні	Ні
Ведення розширених журналів подій для наступного аудиту	Так	Так	Так	Так	Так
Можливість організації комплексного захисту від витоку шляхом інтеграції з іншими продуктами	Ні	Ні	Так	Не повністю	Ні

Особливістю наведених продуктів являється можливість блокування витоку безпосередньо конфіденційної інформації, а не всієї загалом. Хоча адміністратор безпеки дійсно може звести функціонал рішення до стандартних сценаріїв «дозволити тільки читання» і «використовувати тільки білі/чорні списки пристроїв», на практиці багато зручніше визначати політики, які забороняють вибір тільки чутливих документів. У цьому випадку буде заблокована тільки та операція, в результаті дії якої під за-

грозу можуть попасти класифіковані дані. Якщо Net Monitor зафіксує заборонену операцію, то він зможе в режимі реального часу заблокувати її, повідомити самого користувача про недопустимість такої дії, повідомити про інцидент службу інформаційної безпеки і зберегти весь контекст події в спеціальному журналі.

Сам же інтелектуальний алгоритм розпізнавання конфіденційної інформації включає використання унікальної бази контентної фільтрації, яка є специфічною для кожного замовника. В цьому контексті суттєво зростає роль супроводжувальних і консалтингових послуг. Серед таких слід виділити аналіз ІТ-інфраструктури і профілю діяльності клієнта, допомога в формалізації цілей і засобів інформаційної безпеки, створення політики безпеки та відповідної нормативної бази.

Конкретний варіант продукту та його вибір залежить від цілей і специфічних параметрів інтелектуальної інформаційної системи. Таким чином, проведення дослідження дозволяє сформулювати кілька висновків.

Перш за все, процес прийняття рішень вибору і оцінки найкращих варіантів побудови системи безпеки ІС у різних умовах є динамічний та комплексний і повинен базуватися на відповідних стандартах.

По-друге, виділення конфліктних ситуацій у процесі функціонування інтелектуальної системи може бути використано як засіб збільшення числа регуляторів, що призведе до значної економії витрат на створення СУІБ.

По-третє, інсайдерські загрози представляють найбільш збиткову статтю витрат. Тому комбінація запропонованих програмних продуктів суттєво підвищить рівень загальної безпеки ІС.

Література

1. *Завгородний В. И.* Комплексная защита информации в компьютерных системах. — М.: Логос; ПБОЮЛ Н.А. Егоров, 2001. — 254 с.
2. *Зегжда, Д. П.* Основы безопасности информационных систем / Д. П. Зегжда, А. М. Ивашко. — М.: Горячая линия-Телеком, 2000. — 98 с.
3. <http://bezpeka.ladimir.kiev.ua/metodology.php>

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

В. В. Вітлінський, д-р екон. наук, проф.,
А. В. Матвійчук, канд. екон. наук,
А. Я. Махоткіна, методист,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

МЕТОДОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО РОЗПОДІЛУ БЮДЖЕТНИХ ПРИЗНАЧЕНЬ З ПОДАТКУ НА ДОДАНУ ВАРТІСТЬ ЗА РЕГІОНАМИ

АНОТАЦІЯ. Розроблено методологічний підхід до розподілу бюджетних призначень з податку на додану вартість за регіонами та побудовано економіко-математичні моделі прогнозування надходжень податку, що ґрунтуються на економетричному інструментарії, нейронних мережах та нечіткій логіці. Проведено порівняльний аналіз результатів проведених експериментів з прогнозування ПДВ на базі цих моделей.

ANNOTATION. It is developed the methodological approach to sharing the budgetary purposes of value added tax between regions and there are constructed the economical and mathematical models of tax incoming forecasting, which stated on econometric tools, neural networks and fuzzy logic. There are carried out the comparative experiments for VAT forecasting on the basis of these models.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Розподіл бюджетних призначень, прогнозування бюджетних надходжень, податок на додану вартість, нейронні мережі, нечітка логіка.

Для ефективного соціально-економічного розвитку країни важливим є збільшення надходжень коштів до бюджетів усіх рівнів. І в зв'язку з цим набуває особливої актуальності питання підвищення ефективності формування дохідної частини бюджету — розподілу бюджетних призначень за різними типами податків у розрізі регіонів із урахуванням галузевих особливостей.

У результаті проведеного аналізу існуючих підходів до розподілу бюджетних призначень у територіальному розрізі [1—6] було отримано висновок щодо необхідності для вирішення поставленої задачі здійснювати визначення податкового потенціалу регіону за різними видами податків. Найпростішим підходом до оцінки податкового потенціалу регіону та подальшого розподілу бюджетних призначень є проведення корекції попередніх виконаних зборів податків на інфляцію та розвиток регіону за цей період. Проте, це буде вкрай невірним підходом, оскільки він не враховує велику кількість важливих факторів та базується здебільшого на адміністративні можливості виконання попередніх

бюджетних призначень, які, вірогідно, були встановлені також дещо суб'єктивно.

Щоби пересвідчитись у невірності такого підходу, нами було проведено порівняння розрахунків надходжень ПДВ, скоректованих з урахуванням темпів зростання надходжень у попередньому періоді, із реальними обсягами надходжень ПДВ для 2005 та 2006 років. У результаті було виявлено суттєву залежність змін надходжень ПДВ не від показників розвитку економіки, а лише від політичної ситуації (дуже відчутного суб'єктивного впливу людського фактору), що взагалі значно ускладнює можливість моделювання економічних систем із застосуванням економетричних підходів.

Для визначення податкового потенціалу регіону можна намагатись оцінити можливі надходження за кожним типом податку від зареєстрованих у регіоні суб'єктів господарювання. Проте, за відсутності достатньої достовірної інформації стосовно фінансової спроможності компаній та показників їх фінансово-господарської діяльності ця задача стає практично нерозв'язною або тягне за собою дуже значну похибку в розрахунках.

Зауважимо, що основною особливістю прогнозування макропоказників (до яких ми можемо віднести і бюджетні надходження за окремими видами податків) є те, що будь-яка макрперемінна визначається безліччю компонентів і має тенденцію до меншого відхилення від середньої, ніж кожна з її складових [7, с. 29]. Відповідно, у відомих методиках оцінювання податкового потенціалу зазвичай уникають визначення потенційної податкової спроможності кожної компанії навіть за наявності репрезентативної вибірки, сталих тенденцій розвитку економіки та принципів функціонування податкової системи. Так, наприклад, згідно відомого підходу, що використовувався в США у 80-х роках минулого століття, ґрунтувався на репрезентативній податковій системі та включав 27 типів штатних податків і квазі-податкових доходів [8], з метою зменшення загальної похибки розрахунків розроблялась податкова база для кожного типу податку і здійснювались розрахунки середньозважених податкових ставок. Сума добутків репрезентативних податкових баз і ставок давала оцінку податкового потенціалу кожного штату.

Проте, для використання середніх величин є обов'язковим дотримання гіпотези щодо нормального або логнормального розподілу випадкових величин показників, які є в моделі. Однак, проведення аналізу на відповідність нормальному закону розподілу практично для будь-якого показника в умовах української еконо-

міки перехідного періоду дасть негативний результат щодо виконання даної гіпотези. Крім того, якщо говорити про середньозважені податкові ставки за підприємствами, то проведений нами аналіз наявної статистики показав, що рівні доходів різних суб'єктів господарювання різняться на порядки, причому відповідна доходам кількість підприємств змінюється згідно розподілу, подібному до розподілу Парето, який властивий початковим стадіям становлення ринкових відносин в економіці. Це підтверджують і дослідження інших науковців у цій галузі [5, с. 334].

Відповідно, для розв'язання поставленої задачі є сенс перенести акцент із статичного розподілу призначень на динамічне прогнозування бюджетних надходжень, використовуючи при цьому математичний апарат, який не вимагатиме обов'язковості дотримання гіпотези щодо нормального розподілу або статистичної однорідності відповідних випадкових процесів. Після отримання прогнозу податкових надходжень за кожним регіоном пропонуємо підвести загальний підсумок по Україні та привести до встановленого Законом України «Про державний бюджет України» на рік прогнозу. Податкові призначення для кожного регіону будуть встановлюватись у пропорціях, відповідних відношенню отриманих прогнозів за цими регіонами до загального прогнозу збору податку по Україні.

В Україні вже були спроби здійснення прогнозування податкових надходжень, зокрема, із застосуванням авторегресійної моделі ARIMA [5, 6]. Проте, як зазначалось у працях [6, 9], для використання цієї моделі необхідна наявність щомісячних спостережень за податком, що прогнозується, протягом принаймні 5—6 років. Зауважимо, по-перше, що розраховувати на отримання такого обсягу достовірних статистичних даних практично не доводиться. А по-друге, навіть за наявності цих даних, з огляду на відсутність статистичної однорідності відповідних часових рядів в умовах української економіки виключається можливість здійснення адекватного прогнозування на основі екстраполяційної регресійної моделі. Нагадаємо, що навіть у згаданих вище працях, де використовуються моделі ARIMA [5], йдеться про відсутність нормального розподілу серед статистичних даних. Відповідно, застосування подібних підходів є необґрунтованим.

Тому ARIMA або інші регресійні моделі прогнозування у дослідженні розглядатись не будуть. У роботі зроблено вибір на користь багатофакторного прогнозування. А з метою збільшення статистики запропоновано аналізувати одночасно багато різних часових рядів надходжень податку за різними регіонами України

через незначну кількість статистичних даних. Відповідно, здійснювати прогнозування часових рядів шляхом їх екстраполяції стає недоречним.

Отже методологічний підхід до розподілу бюджетних призначень за регіонами буде передбачати прогнозування бюджетних надходжень за регіонами на підґрунті низки важливих для збору податків чинників. Відповідно, першочерговим завданням для розв'язання задачі розподілу бюджетних призначень за регіонами є формування переліку найбільш вагомих факторів впливу, що є визначальними для бюджетних надходжень за обраними типами податків. Другим етапом побудови моделей прогнозування є формування статистики за обраними показниками.

На третьому етапі побудови економіко-математичних моделей у рамках розробленого методологічного підходу здійснюється специфікація моделей відповідно до відібраних факторів. Спочатку побудуємо кількісну економетричну модель прогнозування податкових надходжень регресійного типу, що базується на статистичних характеристиках випадкових величин пояснюючих змінних. Це буде зроблено з метою отримання можливості порівняння якості прогнозування із більш складними моделями (хоча вище і було обґрунтовано недоречність застосування моделей такого типу). А далі вже реалізуємо нелінійні моделі прогнозування надходжень за різними типами податків та розподілу бюджетних призначень за регіонами, що не вимагатимуть дотримання випадковими величинами пояснюючих змінних гіпотези щодо нормального розподілу та будуть ґрунтуватись на методах теорій нейронних мереж та нечіткої логіки. Тобто, паралельно будуть реалізовано три типи моделей — регресійна, нейромережева та нечітка.

Четвертим етапом буде навчання моделей на відібраних статистичних даних. Усі вказані моделі характеризуються можливістю оптимізації власних параметрів у відповідності до наявної статистики. На п'ятому етапі будуть проведені експерименти з визначення ефективності побудованих моделей, точності прогнозування бюджетних надходжень і, у разі необхідності — їх реструктуризації, зміни входних факторів, перенавчання тощо. Після тестування розроблених моделей, вибору найбільш адекватної моделі та проведення додаткових узгоджень її можна буде взяти за базову для прогнозування податкових надходжень та розподілу бюджетних призначень за регіонами.

Викладемо методологічний підхід, побудуємо відповідні економіко-математичні моделі та проведемо порівняльний аналіз їх

ефективності на прикладі статистичних рядів надходжень податку на додану вартість у розрізі регіонів.

Формування переліку факторів впливу для моделювання надходжень ПДВ

Проведений аналіз динаміки надходжень податку на додану вартість, а також теоретичне узагальнення власного досвіду та наукових праць дослідників у цій галузі дозволили дійти висновку щодо важливості врахування при прогнозуванні надходжень податку на додану вартість таких показників: надходження ПДВ у попередньому періоді; втрати від надання податкових пільг; сума податкових зобов'язань з ПДВ; сума податкового кредиту з ПДВ; сума ПДВ, що підлягає відшкодуванню; відшкодування ПДВ; валова додана вартість; обсяг експорту; обсяг імпорту; ВВП; переплата ПДВ.

Проте, це є первинним переліком факторів впливу, який у процесі побудови економіко-математичних моделей зазнає певних змін. Крім того, значення самих показників будуть проходити певну первинну обробку перед їх поданням на входи моделей прогнозування. Зокрема, важливим є перехід від абсолютних значень цих показників до відносних, що буде далі обґрунтовано.

Крім того, значна проблема прогнозування пов'язана з тим, що на момент прогнозу значення пояснюючих змінних ще невідомі (прогноз здійснюється у кінці поточного року на рік вперед). Отже для прогнозування, наприклад, надходжень на третій квартал, невідомі ані виконання плану за другий квартал року прогнозування, ні поточні значення якихось екзогенних факторів. Можна лише застосовувати дані за попередні роки. Причому, наявна статистика є зовсім нерепрезентативною (це при тому, що задача здійснювалась на замовлення Державної податкової адміністрації України та статистичні дані офіційно були підготовлені та передані ДПА України та Держаналітінформом). Статистика представлена для різних факторів у різних роках (часто не більше двох років спостережень). Для деяких показників є дані помісячні, для деяких — поквартальні, деяких — щорічні. Оскільки статистика подана нерівномірно, то з метою побудови моделей виникає необхідність початкової обробки вхідних факторів.

Для побудови економіко-математичних моделей прогнозування надходжень податку на додану вартість необхідно здійснити перехід від абсолютних значень відібраних показників до їх відносних змін. Важливість цього продемонструємо на прикладі

взаємозв'язку між щорічними показниками надходжень ПДВ та обсягом імпорту для країни в цілому. Якщо подивитись на відносні зміни цих показників, то кореляція між ними є від'ємною ($-0,66$) — тобто, відповідно до цього значення можна зробити висновок, що темпи зростання надходжень ПДВ зменшуються через рік після того, коли темпи імпорту збільшуються. Проте, якщо дивитись на кореляцію між цими показниками у абсолютних величинах, то вона є додатною із дуже високим показником взаємозв'язку ($+0,98$). І така залежність спостерігається між усіма показниками в абсолютних величинах.

Пояснюється це просто: всі показники з часом зростають, хоч і з різними темпами, проте кореляція виявляє саме цю загальну тенденцію. А при побудові економетричних моделей цього виявляється достатнім, щоби відібрати для аналізу або незначимі показники (наприклад, коефіцієнт кореляції між надходженнями ПДВ та обсягом експорту в абсолютних значеннях складає $0,85$, а у відносних — лише $0,08$), або показники, що мають мультиколінеарний зв'язок між собою.

Те, що кореляція між надходженнями ПДВ та переплатою виявилась у абсолютних значеннях від'ємною, пов'язано не з природою переплати, а лише із політичною ситуацією 2005 року (дані по переplatі є лише за три роки — 2004, 2005 та 2006). Якщо ж подивитись на більшому проміжку часу, то переплата з року в рік так само зростала, як і надходження, що в загальному робить взаємозв'язок між ними у довгостроковому періоді також позитивним. Кореляцію між відносними значеннями цих показників розрахувати неможливо, оскільки наявна вибірка складається лише із двох показників. Взагалі, визначення кореляції за наявності вибірки лише із трьох даних є також некоректним (для коректності висновків про взаємозв'язок випадкових величин вибірка повинна складатись хоча б із кількох десятків спостережень).

Якщо ж проаналізувати залежність надходжень ПДВ від значень низки показників у попередньому періоді, для яких є поквартальна статистика, то кореляція між відносними значеннями всіх показників та надходженнями податку на додану вартість наступного періоду виявилась на дуже низькому рівні (максимальне значення кореляції у межах $0,37$), що викликає значні сумніви відносно можливості побудови адекватної економетричної моделі на цих даних. Для таких показників, як сума податкових зобов'язань з ПДВ, сума податкового кредиту з ПДВ, сума ПДВ, що підлягає відшкодуванню, взагалі не можна було розра-

хувати коефіцієнт кореляції із величинами податкових надходжень ПДВ наступного періоду через відсутність часової відповідності між вхідними та вихідною змінною у відносних величинах.

Цікаво, що коефіцієнти автокореляції із лагом у рік між річними значеннями надходжень ПДВ виявились значно вищими, ніж між їх квартальними значеннями, що вказує на меншу залежність річних показників від впливу суб'єктивних чинників, ніж квартальних надходжень.

Таким чином, проведений аналіз статистичних даних та пошук прихованих закономірностей у відповідних часових рядах виявив низьку залежність вихідної змінної «Надходження ПДВ» від змін інформативних факторів у попередніх періодах. Високі коефіцієнти кореляції між вхідними та вихідною змінними з'являються лише у абсолютних величинах, що пояснюється загальною тенденцією зростання усіх фінансових та економічних показників, пов'язаною із загальним розвитком економіки країни та супутніми інфляційними процесами.

Відповідно, щоби не допустити залучення до економіко-математичних моделей незначимих пояснюючих змінних із високим необґрунтованим рівнем зв'язку як із вихідною, так і з рештою вхідних змінних, доведеться робити прогнозування, базуючись на відносних змінах показників, хоча між ними і не виявлено значимих функціональних залежностей.

Також необхідно врахувати абсолютно недостатній обсяг статистичних даних для побудови та налаштування економіко-математичних моделей. Так, у разі, якщо ми прагнемо побудувати регресійну модель прогнозування надходжень, яка буде складатись із 11 факторів (як попередньо було відібрано до аналізу), для цього необхідно володіти статистикою за всіма цими факторами мінімум з 12 спостережень, які будуть представлені в одні й ті самі моменти часу. А краще, щоб вибірка складалась хоча б із кількох десятків спостережень. У нас мало того, що дані представлені для різних часових проміжків, та ще й їх абсолютно недостатньо для коректної побудови навіть трифакторної моделі для кожної області окремо, що дозволило би однозначно врахувати в моделі галузеві та інші економічні особливості регіону.

Про побудову нейромережевої моделі тут взагалі не йдеться, якщо за мету поставити побудову окремої моделі для кожного регіону із відповідним налаштуванням її параметрів. Адже, зважаючи на значну кількість параметрів нейронної мережі (ваг міжнейронних зв'язків, параметрів функцій активацій нейронів), навіть за умови її досить простої конфігурації необхідно приблиз-

но втричі більший обсяг статистичної вибірки за кількість входних змінних.

Вирішенням проблеми браку статистики є об'єднання даних по надходженням ПДВ з усіх областей, звісно, перевіривши їх у відносну форму. Таким чином ми втрачаємо чітку прив'язку до особливостей функціонування кожного окремого регіону, але зможемо виявити загальні тенденції впливу пояснюючих факторів на зміни податкових надходжень. І на основі цієї узагальненої моделі, в якій буде врахована одразу специфіка кожної територіальної одиниці країни, зможемо здійснювати прогнозування надходжень податку на додану вартість та розподіл бюджетних призначень щодо збору цього податку за регіонами.

Обґрунтування вибору критерію перевірки адекватності економіко-математичної моделі прогнозування

Оцінку адекватності лінійних моделей прогнозування можна здійснювати кількома способами. Одним з найбільш поширених та достовірних підходів є перевірка точності прогнозування на базі тестової вибірки. Його доцільно застосовувати, коли статистика є достатньо великою. У такому випадку спочатку здійснюється побудова моделі на навчальній вибірці, а потім перевіряється її адекватність на тестовій із застосуванням різних критеріїв ефективності (наприклад, дисперсії відхилень прогнозу від реальних значень часових рядів, середньоквадратичної помилки прогнозу або інших показників).

Середньоквадратична помилка прогнозу дозволяє визначити ступінь розкиду прогнозованих оцінок від реальних значень фінансового показника:

$$\sigma_{err} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\hat{y}(i) - y(i)]^2}, \quad (1)$$

де n — кількість елементів часового ряду, на які робиться прогноз;

$\hat{y}(i), y(i)$ — прогнозоване та реальне i -те значення часового ряду.

Проте, один лише показник середньоквадратичної помилки (1) несе небагато інформативності про якість прогнозу, оскільки для стійких часових рядів прогноз робити набагато легше, ніж для показників із сильно коливним курсом. Тому при оцінюванні

якості прогнозу важливо враховувати інтенсивність коливання аналізованого показника на визначеному відрізку часу.

Для того, щоб можна було порівнювати якість прогнозу за різноманітними методиками для різних часових рядів на різних ділянках часу, варто використовувати показник нормалізованої середньоквадратичної помилки (normalized root-mean-square error), що являє собою відношення середньоквадратичної помилки (1) до середньоквадратичного відхилення значень випадкової величини прогнозованого показника відносно свого математичного сподівання на прогнозованому інтервалі часу:

$$\sigma_{norm} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\hat{y}(i) - y(i)]^2}{\sum_{i=1}^n [E(y) - y(i)]^2}}, \quad (2)$$

де $E(\cdot)$ — математичне сподівання.

Подібним чином можна здійснювати порівняльний аналіз точності прогнозування на основі різних підходів.

Для перевірки адекватності лінійної моделі можна скористатись й іншим підходом, який є більш доречний в умовах браку статистики (коли немає можливості сформулювати тестову вибірку). Так, прогнозування взагалі здійснюється виходячи з передумови, що часові ряди, які прогнозуються, у подальшому будуть вести себе у відповідності до тих функціональних закономірностей, яким вони відповідали раніше. І побудова моделі зводиться до розрахунку її параметрів, які узгоджують значення вхідних змінних із відповідними значеннями вихідної змінної. Перевірку адекватності лінійної моделі можна зробити шляхом оцінки міри цієї узгодженості на основі F -критерію Фішера чи коефіцієнта детермінації R^2 .

Оцінка значимості регресійних моделей прогнозування із різними наборами пояснюючих змінних

Як вже вище зазначалось, складність побудови економіко-математичних моделей прогнозування надходжень ПДВ полягає у тому, що статистика за різними показниками подана нерівномірно. Так, наприклад, відносні зміни показників «Сума податкових зобов'язань з ПДВ», «Сума податкового кредиту з ПДВ», «Сума ПДВ, що підлягає відшкодуванню» за всіма областями країни є лише для 2006 року та перших двох кварталів 2007 року. Проте

відповідне до них значення вихідної змінної — відносної зміни надходжень ПДВ цього ж кварталу наступного року є лише для двох періодів — першого та другого кварталів 2007 року. Для інших кварталів 2007 року відповідної статистики надходжень ПДВ у нас немає.

Тобто, якщо ми будемо залучати ці показники до моделі, то модель можна буде будувати на основі статистичних даних за всіма областями та для країни в цілому тільки для першого та другого кварталів 2006 року, прогнозуючи при цьому відносну зміну надходжень ПДВ у 2007 році. Зауважимо, що значення валової доданої вартості та ВВП для 2006 року за регіонами у наявній статистиці відсутні.

Все-таки, було вирішено побудувати економіко-математичні моделі прогнозування надходжень ПДВ у 1 та 2 кварталах також на основі цих показників. Коефіцієнт детермінації побудованої таким чином моделі для 1 кварталу із застосуванням вказаних показників склав 0,441, а F -критерій Фішера дорівнював 1,578. Табличне значення F -критерію дорівнює 3,17 при $m-1 = 9-1 = 8$, $n-m = 28-9 = 19$ та $\alpha = 0,95$, що свідчить про неможливість побудови значущої економетричної моделі прогнозування надходжень з податку на додану вартість із застосуванням множини пояснюючих змінних з показниками «Сума податкових зобов'язань з ПДВ», «Сума податкового кредиту з ПДВ», «Сума ПДВ, що підлягає відшкодуванню». Для моделі, побудованої для 2 кварталу, коефіцієнт детермінації склав 0,183, а F -критерій — 0,449. Тобто, точність відтворення вихідних даних на базі моделі з відібраними показниками для другого кварталу виявилась ще нижчою, ніж для першого кварталу.

Недоречність залучення вказаних трьох показників до економетричної моделі прогнозування надходжень ПДВ підтверджується значеннями коефіцієнтів кореляції між ними та результативною змінною. Так, кореляція між показником «Сума податкових зобов'язань з ПДВ» першого кварталу 2006 року та показником «Надходження ПДВ» у першому кварталі 2007 року склала $-0,349$. У другому кварталі кореляція між ними була $-0,102$. Це вказує на відсутність значимого зв'язку між цими величинами для наявної статистики. Коефіцієнт кореляції між «Надходженнями ПДВ» та «Сумою податкового кредиту з ПДВ» попереднього року для першого кварталу складає 0,125, а для другого $-0,102$. Кореляція між показниками «Надходження ПДВ» та «Сума ПДВ, що підлягає відшкодуванню» попереднього періоду у першому кварталі становить $-0,347$, а у другому $-0,087$. Все це свідчить про те, що

зміни цих трьох показників у одному періоді не впливають на зміни надходжень ПДВ цього ж кварталу наступного року.

Зважаючи на це та на відсутність значень вихідної змінної (відносної зміни надходжень ПДВ) для інших кварталів 2007 року, при побудові економіко-математичних моделей прогнозування надходжень ПДВ показники «Сума податкових зобов'язань з ПДВ», «Сума податкового кредиту з ПДВ» та «Сума ПДВ, що підлягає відшкодуванню» доведеться вилучити з множини пояснюючих змінних.

Ще треба вказати на недостатність статистики за показниками «Відшкодування ПДВ» та «ВВП» у порівнянні із іншими пояснюючими змінними. Зважаючи, що показники ВВП за регіонами у нас були лише для 2005 року, то окремо будуємо моделі за усіма показниками (крім вилучених вище) з метою прогнозування надходжень ПДВ у всіх кварталах 2006 року. У такому випадку статистику за всіма іншими роками при побудові цієї моделі доведеться не брати до розрахунків.

Так, значення коефіцієнту детермінації побудованої таким чином лінійної економетричної моделі для 1 кварталу дорівнює 0,66, а F -критерію Фішера — 5,096. Для 2 кварталу $R^2 = 0,261$, а $F = 0,925$. Для 3 кварталу $R^2 = 0,242$, а $F = 0,798$. Для 4 кварталу $R^2 = 0,355$, а $F = 1,373$. Табличне значення F -критерію для перших двох кварталів становить 3,42 при $m-1 = 8-1 = 7$, $n-m = 30-8 = 22$ та $a = 0,95$, а для третього та четвертого кварталів — 3,43 при $m-1 = 8-1 = 7$, $n-m = 29-8 = 21$ та $a = 0,95$.

Порівнюючи отримані для економетричних моделей оцінки F -критерію з табличними значеннями можна дійти висновку щодо адекватності лише моделі прогнозування надходжень з податку на додану вартість, побудованої для першого кварталу на підґрунті множини пояснюючих змінних без показників: «Сума податкових зобов'язань з ПДВ», «Сума податкового кредиту з ПДВ» та «Сума ПДВ, що підлягає відшкодуванню». Моделі, побудовані на основі цього ж набору показників для інших кварталів, виявили свою повну нездатність до відтворення значень надходжень ПДВ. Зауважимо, що коефіцієнт кореляції між показником ВВП та надходженнями ПДВ наступного року для першого кварталу становить 0,085, для другого — 0,182, третього —0,217, четвертого — 0,325. Як видно, залежність ця також є незначущою, тим більше, якщо врахувати, що в одному періоді ця залежність позитивна, в іншому — від'ємна.

Отже, відкидаємо показник «ВВП» та будуємо економіко-математичні моделі для всіх кварталів на основі статистики за

2004—2005 рр., прогнозуючи при цьому надходження ПДВ у 2005—2006 рр., відповідно. Так, для економетричної моделі прогнозування надходжень ПДВ 1 кварталу $R^2 = 0,061$, а $F = 0,458$. Для 2 кварталу $R^2 = 0,203$, а $F = 1,783$. Для 3 кварталу $R^2 = 0,14$, а $F = 1,114$. Для 4 кварталу $R^2 = 0,18$, а $F = 1,508$. Враховуючи, що для моделей, побудованих для першого та другого кварталів, табличне значення F -критерію становить 3,75 (при $m-1 = 7-1 = 6$, $n-m = 57-7 = 50$ та $a = 0,95$), а для третього та четвертого кварталів — 3,76 (при $m-1 = 7-1 = 6$, $n-m = 56-7 = 49$ та $a = 0,95$), робимо висновок щодо неможливості адекватного моделювання надходжень податку на додану вартість на їх основі.

Рівень зв'язку між показником «Відшкодування ПДВ» та надходженнями ПДВ наступного року, що визначається коефіцієнтом кореляції, для першого кварталу становить 0,085, для другого — 0,276, третього — 0,215, четвертого — 0,071. Такі значення коефіцієнтів кореляції підтверджують можливість вилучення з економіко-математичної моделі прогнозування надходжень ПДВ показника «Відшкодування ПДВ». Від нього дійсно доведеться відмовитись при побудові моделей на статистиці, що охоплює більший часовий проміжок за той, у якому представлений цей показник.

І нарешті будуюмо лінійні економетричні моделі для прогнозування надходжень ПДВ на основі статистики за роками з 2003 по 2005. Показники значущості цих моделей такі: для 1 кварталу $R^2 = 0,037$, $F = 0,494$, а нормалізована середньоквадратична помилка прогнозу (2) (саме за цим показником порівнюватимемо точність відтворення вихідних даних на основі різних моделей) $\sigma_{norm} = 0,976$; для 2 кварталу $R^2 = 0,111$, $F = 1,623$, а $\sigma_{norm} = 0,937$; для 3 кварталу $R^2 = 0,108$, $F = 2,124$, а $\sigma_{norm} = 0,940$; для 4 кварталу $R^2 = 0,024$, $F = 0,425$, а $\sigma_{norm} = 0,984$. Табличне значення F -критерію для першого та другого кварталів складає 4,42 (при $m-1 = 6-1 = 5$, $n-m = 85-6 = 79$ та $a = 0,95$), а для третього та четвертого кварталів — 4,41 (при $m-1 = 6-1 = 5$, $n-m = 112-6 = 106$ та $a = 0,95$).

Такі низькі характеристики відтворення вихідного показника на базі пояснюючих змінних пояснюються низькою залежністю між ними. Так, коефіцієнт автокореляції між значеннями надходжень ПДВ з лагом в 1 рік для першого кварталу складає 0,064; для другого — 0,102; для третього — 0,035; для четвертого — 0,005. Коефіцієнти кореляції для чотирьох кварталів між «Надходженнями ПДВ» та показником: «Втрати від надання податкових пільг» — 0,118, -0,02, -0,063 та -0,031; «Валова додана вартість» — 0,034, 0,03, 0,055 та 0,092; «Обсяг експорту» — 0,059, 0,22, -0,293

та $-0,06$; «Обсяг імпорту» — $0,113$, $0,095$, $-0,005$ та $-0,08$; «Переплата» — $-0,036$, $0,12$, $-0,075$ та $0,039$.

Спробуємо підвищити точність відтворення вихідних даних шляхом проведення попередньої обробки статистичних рядів з метою видалення тих елементів, які зменшують загальну статистичну однорідність. Так, якщо подивитись, наприклад, дані по 1 кварталі 2003 і 2004 років для Дніпропетровської області, то у 2003 році по області був збиток по ПДВ в 130 млн грн, а у 2004 — прибуток у 828 тис. грн. Є явне зростання надходжень, але відносна зміна, як результат співвідношення цих показників, є від'ємною: $-0,006$. Для 2005 року відносна зміна вже сягає $37,3$, оскільки надходження ПДВ по області складають майже 31 млн грн у першому кварталі. Формально все правильно. Але ці дані явно зменшують загальну статистичну однорідність. Вони вносять у статистику так звані шумові завади. Адже навряд чи доводиться розраховувати на таке значне відносне зростання надходжень ПДВ хоч по якій-небудь області у подальшому. Отже, усі подібні зміни надходжень доведеться вилучити із наявної статистики та заново будувати економіко-математичні моделі.

Усі побудовані після проріджування статистичних рядів економетричні моделі показали коефіцієнт детермінації на рівні до $0,15$ та відповідні низькі значення F -критерію, що вказує на їх нездатність до прогнозування надходжень податку на додану вартість. Нормалізована середньоквадратична помилка прогнозу для цих моделей була у межах від $0,9$ до $1,0$. Такі значення нормалізованої середньоквадратичної помилки прогнозу (2) вказують на те, що середньоквадратична помилка прогнозу (1) близька до середньоквадратичного відхилення часового ряду, а прогноз, відповідно, є ненабагато кращим за звичайне середнє арифметичне.

На рис. 1 показано відтворення відносних змін надходжень ПДВ за регіонами по першому кварталі із застосуванням побудованих лінійних економетричних моделей на основі показників «Надходження ПДВ», «Втрати від надання податкових пільг», «Валова додана вартість», «Обсяг експорту», «Обсяг імпорту» та «Переплата» після проведення первинної обробки відповідних статистичних рядів.

З рис. 1 видно, наскільки сильно прогноз надходжень ПДВ, отриманий на підґрунті регресійних моделей, розходиться із реальними даними. Така ж ситуація спостерігається і для інших кварталів. Практично всі побудовані економетричні моделі виявились нездатними відтворювати надходження ПДВ на підґрунті значень низки різних показників попереднього періоду. І пояснити це

можна лінійною природою моделей, а також наявністю та суттєвою важливістю деяких неврахованих суб'єктивних чинників таких як, скажімо, політична складова, спрямованість керівництва податкової служби на активізацію певного виду діяльності в кожному окремий період часу тощо. І ці чинники вносять настільки значну частку невизначеності до відповідних випадкових процесів, що можливість їх моделювання із застосуванням класичного економетричного інструментарію викликає значні сумніви.

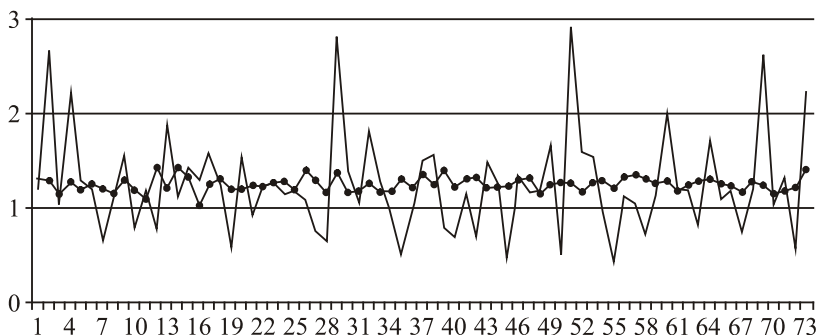


Рис. 1. Відтворення відносних змін надходжень ПДВ по першому кварталу із застосуванням лінійної моделі після первинної обробки статистичних даних

Спробуємо здійснити відтворення надходжень ПДВ із застосуванням економіко-математичних моделей, побудованих на підґрунті методів нейронних мереж на цій же статистиці та з відібраними до регресійних моделей пояснюючими змінними. Формування цих моделей зводиться до вибору оптимальної конфігурації нейронних мереж, визначення кількості внутрішніх шарів мереж та нейронів у цих шарах.

Побудова економіко-математичних моделей прогнозування надходжень ПДВ на нейронних мережах

Оскільки критерій Фішера та коефіцієнт детермінації придатні для оцінювання значущості тільки лінійних моделей, то оцінку точності відтворення вихідних даних на підґрунті нейронних мереж будемо здійснювати із застосуванням показника нормалізованої середньоквадратичної помилки прогнозу (2). Цей же показник будемо використовувати і для порівняння ефективності нейронних мереж з лінійними моделями.

Налаштування параметрів економіко-математичних моделей на нейронних мережах будемо здійснювати на базі тих пояснюючих змінних, за якими будувались останні економетричні моделі, оскільки для них є найбільш повна статистика за всіма регіонами. Обсяг навчальної вибірки особливо важливий для коректності налаштування нейронної мережі, щоби уникнути ефекту перенавчання (сутність чого розкрито, зокрема, у роботі [10]). Спочатку побудуємо економіко-математичну модель із застосуванням інструментарію нейронних мереж на повній статистичній вибірці (до проведення проріджування елементів часового ряду надходжень ПДВ).

Перша побудована модель на основі інструментарію нейронних мереж мала таку конфігурацію: повнозв'язна нейронна мережа типу багатошаровий персептрон з одним внутрішнім шаром, що складався з трьох нейронів; перший шар складається з шести нейронів за кількістю вхідних змінних моделі та один нейрон вихідного шару. Перша ж побудована нелінійна модель на підґрунті інструментарію нейронних мереж виявила високу точність відтворення вихідної змінної на основі множини вхідних показників. Це підтверджується і значенням нормалізованої середньоквадратичної помилки прогнозу $\sigma_{norm} = 0,061$, яка у 16 разів менша за аналогічний показник для лінійної економетричної моделі, побудованої на цьому ж статистичному матеріалі.

Далі скористаємось цією ж нейронною мережею для відтворення вихідного показника на основі статистичних даних після їх проріджування. Результат відтворення показника «Надходження ПДВ» для 1 кварталу із застосуванням цієї моделі можна спостерігати на рис. 2. Нормалізована середньоквадратична помилка прогнозу $\sigma_{norm} = 0,043$ ($\sigma_{err} = 0,023$), яка вказує на покращення точності прогнозу у $(1-0,043)/(1-0,983) = 56,3$ рази у порівнянні з лінійною економетричною моделлю, побудованою на цьому ж статистичному матеріалі. Відповідно, вважаємо за доцільне здійснювати побудову економіко-математичних моделей на основі статистичних даних, що пройшли попередню обробку шляхом відсіювання «шумових завад».

Здійснимо тепер відтворення вихідного показника «Надходження ПДВ» із застосуванням нейронних мереж іншої конфігурації. Вже із структурою мережі у три шари, де на внутрішньому було 5 нейронів, модель виявила ефект перенавчання — кількість її внутрішніх параметрів виявилась більшою за обсяг статистичної вибірки. У результаті налаштування моделі помилка прогнозу прямує до нуля, відповідно, модель точно відтворює дані з навчальної вибірки. Але для того, щоби уникнути екстремальної

поведінки моделей доцільно, щоб обсяг вибірки перевищував кількість її параметрів та модель не точно апроксимувала вихідний часовий ряд, а була деяка незначна похибка навчання. Відповідно, при побудові нейромережевих моделей прогнозування надходжень ПДВ за кожним кварталом будемо відбирати таку нейронну мережу, що найбільш точно відтворює статистику, але має більш просту структуру та уникає ефекту перенавчання.

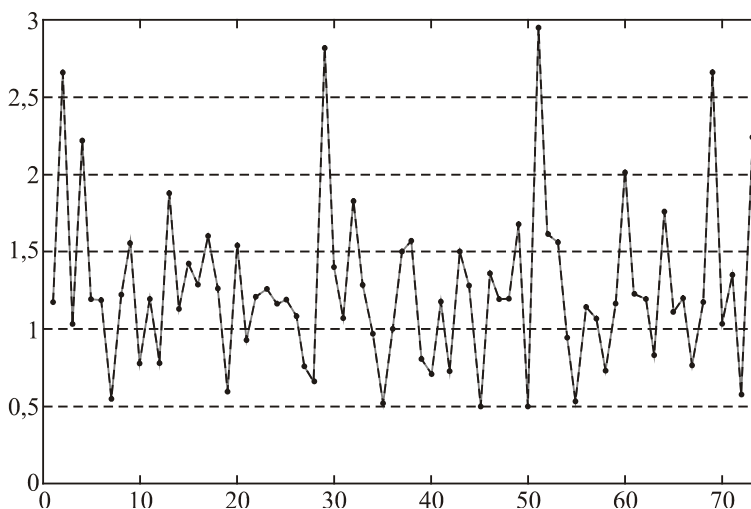


Рис. 2. Відтворення відносних змін надходжень ПДВ по першому кварталу із застосуванням нейромережової моделі після обробки статистичних даних

При побудові моделі для 2 кварталу залишимо описану вище структуру нейронної мережі типу персептрон: 6 нейронів вхідного шару, 3 нейрони середнього шару та один нейрон на виході моделі. Нормалізована середньоквадратична помилка відтворення показника «Надходження ПДВ» для 2 кварталу із застосуванням зазначеної моделі склала $\sigma_{norm} = 0,030$ ($\sigma_{err} = 0,013$). Для третього та четвертого кварталу можна було застосувати мережу, на середньому шарі якої було чотири нейрони, оскільки статистичних даних тут виявилось більше. У цьому випадку для третього кварталу $\sigma_{norm} = 0,096$ ($\sigma_{err} = 0,063$), а для четвертого — $\sigma_{norm} = 0,124$ ($\sigma_{err} = 0,094$).

Отримані результати відтворення надходжень ПДВ із застосуванням методів нейронних мереж підтверджують високу ефективність даного інструментарію та доцільність його використан-

ня для розв'язання задачі розподілу бюджетних призначень у територіальному розрізі. Нарешті, після побудови лінійних економетричних та нелінійних нейромережевих моделей, спробуємо перевірити можливість відтворення відносних змін надходжень ПДВ із застосуванням економіко-математичних моделей на нечіткій логіці.

Прогнозування надходжень ПДВ із застосуванням нечітких моделей типу Сугено

Для побудови економіко-математичних моделей прогнозування надходжень ПДВ скористаємось також методом Сугено побудови нечітких моделей, який полягає у автоматичній екстракції правил прийняття рішень з наявної статистики. Зауважимо, що для моделей на нечіткій логіці такого типу також є важливим, як і для нейронних мереж, обсяг навчальної вибірки через необхідність виявлення прихованих закономірностей у вихідних часових рядах, що реалізується в процесі налаштування їх параметрів на наявній статистиці.

Так, навіть за умови побудови моделі типу Сугено з найпростішою структурою (коли кожна змінна описується лише двома лінгвістичними термами, функції належності яких мають по два параметри настройки), у випадку шести входів та одного виходу кількість параметрів моделі сягає вже 472. Зазначимо, що обсяг статистичних даних по кожному кварталу не перевищував і 100 значень, що унеможливило застосування методу Сугено для моделювання надходжень ПДВ на наявній у нас статистичній базі. Відповідно, вже після десяти епох навчання моделі похибка відтворення вихідного часового ряду наближується до нуля, виявляючи ефект перенавчання.

У такому випадку, коли обсяг навчальної вибірки є незначним, залишається або скористатись нейронною мережею із максимально спрощеною структурою, або застосувати економіко-математичні моделі на нечіткій логіці типу Мамдані. І у випадку, коли серед пояснюючих змінних є якісні показники, або за необхідності врахування експертно встановлених правил прийняття рішень, підхід Мамдані до побудови моделей аналізу та прогнозування розвитку економічних систем є найбільш прийнятним. З подібним підходом можна ознайомитись, зокрема, в роботі [11].

Нагадаємо, що нечіткі моделі типу Мамдані здатні працювати навіть без налаштування на реальних даних — лише базуючись на закладених у них наборах логічних правил та експертно вста-

новлених параметрах функцій належності. Ці моделі володіють всім набором переваг, властивих нейронним мережам, та на відміну до всіх інших методів здатні поєднувати можливість налаштування своїх параметрів на реальних даних із урахуванням при проведенні аналізу як кількісних, так і якісних показників діяльності регіону.

Література

1. Асадчев В. Підходи до визначення податкового потенціалу регіону // Економіст. — 2002. — № 7. — С. 94—95.
2. Коломиец А. Л., Мельник А. Д. О понятиях налогового и финансового потенциалов региона // Налоговый вестник. — 2000. — № 1. — С. 3—5.
3. Методические рекомендации субъектам Российской Федерации и муниципальным образованиям по регулированию межбюджетных отношений: Утвержденный Приказом Министерства финансов РФ от 24.08.2004 № 243.
4. Методика распределения средств Фонда финансовой поддержки субъектов Российской Федерации: Проект Министерства финансов Российской Федерации на 2002 г.— На сайті: http://www.budgetrf.ru/Publications/2002/Methodology/Federal/ffpr/fedminfin2002methffpr_project/fedminfin2002methffpr_project000.htm.
5. Скрипник А. В. Моделювання податкової політики у трансформаційній економіці: Дис... докт. екон. наук: 08.03.02. — К., 2004. — 421 с.
6. Скрипник А. В., Терещенко Л. А. Динаміка податкових надходжень та їх прогноз за допомогою моделі ARIMA // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — К.: КНЕУ, 2001. — Вип. 66. — С. 7—12.
7. Глівенко С. В., Соколов М. О., Теліженко О. М. Економічне прогнозування: Навч. пос. — 3-тє вид., доп. — Суми: ВТД «Університетська книга», 2004. — 207 с.
8. Румянцев А. В. Налоговое регулирование в зарубежных странах // Менеджмент в России и за рубежом. — 1998. — № 6 (12). — С. 51—61.
9. Ситник В. Ф. Інформаційні системи в економіці та бізнесі: сучасний стан і перспективи // Моделювання та інформаційні системи в економіці. — К.: КНЕУ, 2000. — Вип. 64. — С. 5—19.
10. Матвійчук А. В. Виявлення і запобігання ефекту перенавчання нейронної мережі // Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки. — 2002. — Вип. 3. — С. 124—131.
11. Матвійчук А. В. Прогнозування розвитку фінансових показників із використанням апарату нечіткої логіки // Фінанси України. — 2006. — № 1. — С. 107—115.

Стаття надійшла до редакції 03.03.2008

В. М. Нелюба, аспірант,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

МОДЕЛЮВАННЯ ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКІВ ПРОКАТУ В УМОВАХ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

АНОТАЦІЯ. Запропоновано модель оптимального вибору постачальників прокату машинобудівного підприємства. Цільова функція моделі поєднує показники цінової політики та каналів розподілу постачальників. Коефіцієнти при змінних у цільовій функції розраховуються на основі зваженої відстані між значенням показника та його мінімальною (максимальною) величиною після їх нормування, що дає можливість поєднати показники з різними одиницями вимірювання. Ціна прокату, яка подана у вигляді залежності від обсягів придбання, дисконтується по ставці складних авансових процентів для врахування терміну відстрочки платежу за поставлений прокат. Значення показників каналів розподілу постачальників узагальнені у їх рейтингових оцінках.

ANNOTATION. The model of optimal suppliers' selection of rolled stock of the engineering enterprise is offered. The goal function of model integrates the parameters of price policy and distribution channels. The coefficients at variables in goal function are calculated on basis of the weighted distance between value of a parameter and its minimal (maximal) size after their normalization that enables to integrate the parameters with different units of measurement. The price of rolled stock, which is presented as dependence upon purchase size, is discounted on rate of compound advance interest to take into consideration of payment adjournment on delivered rolled stock. The values of distribution channels parameters are generalized in their ratings.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: вибір постачальників, багатокритеріальна оптимізація.

Після розрахунку потреби машинобудівного підприємства у певному виді прокату постає завдання задовольнити її на вигідних умовах. Постачальники пропонують прокат на умовах, що відрізняються ціною, строком оплати, терміном поставки та ступенем дотримання договірних зобов'язань. Здійснити оптимальний вибір постачальників дозволяє апарат математичного програмування. Моделі оптимального вибору постачальників запропоновані в роботах [1—5].

Виділимо наступні види цільових функцій моделей оптимального вибору постачальників:

1) мінімум вартості покупки з врахуванням цінових знижок [1, 2, 5];

- 2) мінімальна кількість дефектних виробів [3, 5];
- 3) максимальна кількість виробів, які доставляються вчасно [5], мінімум тих, що надходять невчасно [3];
- 4) максимум сукупного зваженого обсягу закупівель, що визначається як сума добутків рейтингу певного постачальника на кількість придбаних у нього виробів [4, 5].

За першого підходу функція величини цінової знижки від обсягу придбання є перервною, тому й не може бути диференційована в усій області визначення. Перші три види цільових функцій дозволяють обирати постачальників одночасно лише за одним показником. У четвертому випадку коефіцієнтами при змінних цільової функції є рейтингові оцінки постачальників за показниками, кількісне вираження яких доцільно узагальнити таким чином.

Покупка прокату по нижчим цінам, з відстрочкою у оплаті та високої якості призведе зрештою до зниження собівартості готової продукції підприємства. Дотримання постачальником обумовлених строків та обсягів поставки дозволить виробнику налагодити ритмічне виробництво продукції.

Можна виокремити такі обмеження моделей оптимального вибору постачальників:

- 1) встановлюється постачальником максимально допустимий обсяг поставок [4, 5];
- 2) обсяг виробів, що купується, повинен дорівнювати їх потребі [2, 4, 5].

Постачальник на певних умовах може запропонувати лише обмежений обсяг прокату. Ця величина не завжди задовольняє потребу підприємства-покупця, тому прокат купують у кількох постачальників. З метою раціонального використання коштів обсяг придбання не повинен перевищувати потреби покупця.

Якщо у моделі оптимального вибору постачальників змінною виступає обсяг закупок у натуральному вираженні [1, 3—5], то це дозволяє без додаткових розрахунків отримати шукані величини по кожному постачальнику.

На нашу думку, при визначенні обсягу придбання прокату у кожного постачальника потрібно одночасно врахувати показники його цінової політики та каналів розподілу (тривалість виконання замовлення, відхилення від встановлених строків поставки, частка прокату неналежної якості та невиконання зобов'язань по обумовлених обсягах). Важливо врахувати обмежену пропозицію від постачальника та попит покупця по кожному виду прокату.

Цільова функція моделі оптимального вибору постачальників прокату, що враховує показники цінової політики та каналів розподілу постачальників:

$$\omega_c \sum_{j=1}^n \frac{\varphi^H(X_j) \gamma(\eta_j) - K_{\min}}{K_{\min}} X_j + \sum_{j=1}^n P_j X_j \Rightarrow \min, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (1)$$

де ω_c — коефіцієнт вагомості показників цінової політики постачальника, що визначається на основі матриці парних порівнянь, в якій експерт заповнює лише по одному елементу з кожної стрічки над головною діагоналлю матриці, од. [6];

$\varphi^H(X_j)$ — неперервна функція ціни від маси прокату, що купують у j -того постачальника, грн;

X_j — маса прокату, що купують у j -того постачальника, т;

$\gamma(\eta_j)$ — функція питомої ваги зменшення ціни прокату від величини відстрочки у оплаті, од.;

η_j — відстрочка платежу, максимальний розмір якої встановлюється j -тим постачальником, днів;

$K_{\min}$ — мінімальна серед постачальників поточна ціна придбання прокату при обсязі, що дорівнює потребі підприємства-покупця, грн;

P_j — рейтингова оцінка j -того постачальника за показниками каналів розподілу, що визначається як сума добутків коефіцієнта вагомості показника на відносне відхилення показника від його мінімального (максимального) значення, од. [6].

Маса прокату, придбаного у j -того постачальника, не повинна перевищувати наявну в нього величину:

$$X_j \leq N_j^{\max}, \quad (2)$$

де $N_j^{\max}$ — максимальна маса прокату, яку можливо придбати у j -того постачальника, т.

Змінні, що позначають обсяг придбання прокату у j -того постачальника, не можуть набувати від'ємних значень:

$$X_j \geq 0. \quad (3)$$

Маса прокату, що купують у всіх постачальників, дорівнює потребі покупця:

$$\sum_{j=1}^n X_j = R, \quad (4)$$

де R — маса прокату, що відповідає потребі підприємства-покупця, т.

Якщо мінімальний строк розміщення коштів на депозиті у банку менший чи рівний максимальній відстрочці платежу, що встановлена постачальником, то накладаються обмеження (5) та (6).

Величина відстрочки у оплаті змінюється у межах:

$$0 \leq \eta_j \leq \zeta_j. \quad (5)$$

де ζ_j — найбільша відстрочка у оплаті, що встановлюється j -тим постачальником, днів.

Змінна, що позначає відстрочку платежу, більша чи рівна мінімального строку розміщення коштів на депозиті:

$$\eta_j \geq \vartheta, \quad (6)$$

де ϑ — мінімальний термін розміщення коштів на депозиті у банку, днів.

При $\vartheta > \zeta_j$ виконується наступна рівність:

$$\eta_j = 0. \quad (7)$$

Функція ціни від маси прокату, що купують у j -того постачальника, має вигляд кусочно-неперервної функції:

$$\psi(X_j) = \begin{cases} 0, & X_j < \varepsilon, \\ \beta_{1j}, & \varepsilon \leq X_j < \pi_j, \\ \beta_{2j}, & \pi_j \leq X_j < \theta_j, \\ \vdots & \vdots \\ \beta_{\rho j}, & \tau_j \leq X_j \leq R, \\ 0, & X_j > R, \end{cases} \quad (8)$$

де $\beta_{1j}, \beta_{2j}, \beta_{\rho j}$ — ціна (у гривнях) однієї тони прокату у j -того постачальника при купівлі його у обсягах відповідно від ε до π_j^b

тон, від π_j^b до θ_j тон та від τ_j до R тон; ρ — число рівнів ціни прокату залежно від обсягів його придбання; ε — маса одного виробу певного виду прокату (листа, труби тощо).

Щоб отримати неперервну функцію ціни від маси прокату, який купують у j -того постачальника, використаємо інтерполяційний многочлен Лагранжа.

Інтерполяційний многочлен Лагранжа [7]:

$$P_n(x) = \sum_{k=0}^n y_k \frac{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{k-1})(x-x_{k+1})\dots(x-x_n)}{(x_k-x_0)(x_k-x_1)\dots(x_k-x_{k-1})(x_k-x_{k+1})\dots(x_k-x_n)}. \quad (9)$$

Цей многочлен задовольняє умовам $P_n(x_k) = y_k$, $k = 0, 1, 2, \dots, n$, де x_k — вузли (полюси) інтерполяції.

Неперервна функція ціни від маси прокату, що купують у j -того постачальника, зважаючи на вирази (8) та (9):

$$\begin{aligned} \varphi^H(X_j) = & \beta_{1j} \frac{(X_j - \pi_j)(X_j - \theta_j)\dots(X_j - \tau_j)(X_j - R)}{(\varepsilon - \pi_j)(\varepsilon - \theta_j)\dots(\varepsilon - \tau_j)(\varepsilon - R)} + \\ & + \frac{(\beta_{1j} + \beta_{2j})(X_j - \varepsilon)(X_j - \theta_j)\dots(X_j - \tau_j)(X_j - R)}{2(\pi_j - \varepsilon)(\pi_j - \theta_j)\dots(\pi_j - \tau_j)(\pi_j - R)} + \\ & + \frac{(\beta_{2j} + \beta_{3j})(X_j - \varepsilon)(X_j - \pi_j)\dots(X_j - \tau_j)(X_j - R)}{2(\theta_j - \varepsilon)(\theta_j - \pi_j)\dots(\theta_j - \tau_j)(\theta_j - R)} + \dots + \\ & + \frac{(\beta_{\rho-1j} + \beta_{\rho j})(X_j - \varepsilon)(X_j - \pi_j)(X_j - \theta_j)\dots(X_j - R)}{2(\tau_j - \varepsilon)(\tau_j - \pi_j)(\tau_j - \theta_j)\dots(\tau_j - R)} + \\ & + \beta_{\rho j} \frac{(X_j - \varepsilon)(X_j - \pi_j)(X_j - \theta_j)\dots(X_j - \tau_j)}{(R - \varepsilon)(R - \pi_j)(R - \theta_j)\dots(R - \tau_j)}. \end{aligned} \quad (10)$$

Тимчасово вільні кошти підприємством може розміщувати у банку на депозитному рахунку, отримуючи при цьому додатковий дохід.

Для побудови функції частки зменшення ціни прокату від величини відстрочки у оплаті використана методика дисконтування по ставці складних авансових процентів, що наведена в роботі [8].

Для j -го постачальника функція питомої ваги зменшення ціни прокату від величини відстрочки у оплаті може мати вигляд:

$$\gamma(\eta_j) = \left(1 - \frac{e}{\chi}\right)^{\chi \frac{\eta_j}{y}}, \quad (11)$$

де e — річна процентна ставка за депозитом, од.; χ — кількість разів нарахування процентів на рік; y — фактична кількість днів у році.

Мінімальна серед постачальників поточна ціна придбання прокату при обсязі, що дорівнює потребі підприємства-покупця:

$$K_{\min} = \min K_j - C, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (12)$$

де K_j — поточна ціна придбання прокату у j -го постачальника при обсязі, що дорівнює потребі підприємства-покупця, грн; C — число, що зменшує значення $\min K_j$ та дозволяє уникнути нульового значення коефіцієнту цільової функції (1) при змінній, яка позначає обсяг придбання у постачальника з мінімальною поточною ціною (приймаємо $0,005 \div 0,1$ % від $\min K_j$, але не менше одиниці).

Поточну ціну придбання прокату у j -го постачальника при обсязі, що дорівнює потребі підприємства-покупця можна визначити за формулою:

$$K_j = \varphi_j^H(R) \min \gamma(\eta_j), \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (13)$$

де $\varphi_j^H(R)$ — ціна прокату j -го постачальника у точці R , що дорівнює потребі цього виду прокату, грн; $\min \gamma(\eta_j)$ — абсолютний мінімум функції частки зменшення ціни прокату від величини відстрочки платежу у j -го постачальника при виконанні нерівностей (5) та (6) або (7), од.

Застосуємо запропоновану модель для оптимального вибору постачальників листа М2М товщиною 3 мм, що використовується ВАТ «Вінницький дослідний завод» при виготовленні обладнання для спиртової промисловості.

Використовуючи вираз (8), наведемо кусочно-неперервні (за винятком третьої) функції ціни від маси листа М2М товщиною 3 мм на основі наданої інформації постачальниками:

а) першим: б) другим:

$$\psi(X_1) = \begin{cases} 0, & X_1 < 0,0234, \\ 63500, & 0,0234 \leq X_1 < 0,5, \\ 63200, & 0,5 \leq X_1 \leq 4,28, \\ 0, & X_1 > 4,28; \end{cases} \quad \psi(X_2) = \begin{cases} 0, & X_2 < 0,0234, \\ 60384, & 0,0234 \leq X_2 < 0,5, \\ 59176, & 0,5 \leq X_2 < 2, \\ 57968, & 2 \leq X_2 \leq 4,28, \\ 0, & X_2 > 4,28; \end{cases}$$

в) третім: г) четвертим:

$$\varphi^H(X_3) = \begin{cases} 0, & X_3 < 0,0234, \\ 57195,9, & 0,0234 \leq X_3 \leq 4,28, \\ 0, & X_3 > 4,28; \end{cases} \quad \psi(X_4) = \begin{cases} 0, & X_4 < 0,0234, \\ 61900, & 0,0234 \leq X_4 < 1, \\ 60700, & 1 \leq X_4 < 2, \\ 58800, & 2 \leq X_4 < 3,5, \\ 56900, & 3,5 \leq X_4 \leq 4,28, \\ 0, & X_4 > 4,28; \end{cases}$$

д) п'ятим: е) шостим:

$$\psi(X_5) = \begin{cases} 0, & X_5 < 0,0234, \\ 62317,6, & 0,0234 \leq X_5 < 1,5, \\ 59285,2, & 1,5 \leq X_5 \leq 4,28, \\ 0, & X_5 > 4,28; \end{cases} \quad \psi(X_6) = \begin{cases} 0, & X_6 < 0,0234, \\ 62741,5, & 0,0234 \leq X_6 < 0,5, \\ 61287,3, & 0,5 \leq X_6 < 3, \\ 58391,4, & 3 \leq X_6 \leq 4,28, \\ 0, & X_6 > 4,28. \end{cases}$$

Використовуючи формулу (10), можна записати неперервну функцію ціни від маси листа М2М товщиною 3мм для другого постачальника:

$$\begin{aligned} \varphi^H(X_2) &= 60384 \frac{(X_2 - 0,5)(X_2 - 2)(X_2 - 4,28)}{(0,0234 - 0,5)(0,0234 - 2)(0,234 - 4,28)} + \\ &+ \frac{(60384 + 59176)}{2} \frac{(X_2 - 0,0234)(X_2 - 2)(X_2 - 4,28)}{(0,5 - 0,0234)(0,5 - 2)(0,5 - 4,28)} + \\ &+ \frac{(59176 + 57968)}{2} \frac{(X_2 - 0,0234)(X_2 - 0,5)(X_2 - 4,28)}{(2 - 0,0234)(2 - 0,5)(2 - 4,28)} + \\ &+ 57968 \frac{(X_2 - 0,0234)(X_2 - 0,5)(X_2 - 2)}{(4,28 - 0,0234)(4,28 - 0,5)(4,28 - 2)} = \\ &= -21,32X_2^3 + 287,52X_2^2 - 1716,33X_2 + 61718,54. \end{aligned}$$

Неперервна функція ціни від маси листа М2М товщиною 3 мм, знайдена за допомогою формули (10) відповідно для інших постачальників:

а) першого:

$$\varphi^H(X_1) = 64,62X_1^2 - 348,55X_1 + 63508,12;$$

б) четвертого:

$$\varphi^H(X_4) = -46,23X_4^4 + 470,34X_4^3 - 1568,48X_4^2 + 556,55X_4 + 61887,83;$$

в) п'ятого:

$$\varphi^H(X_5) = 113,10X_5^2 - 1199,12X_5 + 62345,60;$$

г) шостого:

$$\varphi^H(X_6) = -67,97X_6^3 + 459,75X_6^2 - 1747,74X_6 + 62782,16.$$

Річна відсоткова ставка за поточним депозитом встановлена ПриватБанком на рівні 5 %. Нарахування доходу по депозиту здійснюється щоденно. Мінімальний строк розміщення коштів складає 8 днів.

Для другого постачальника мінімум функції питомої ваги зменшення ціни прокату від величини відстрочки у оплаті (11) при виконанні обмежень (5) та (6):

$$\left(1 - \frac{0,05}{366}\right)^{366 \frac{\eta_2}{366}} \Rightarrow \min,$$

$$0 \leq \eta_2 \leq 20,$$

$$\eta_2 \geq 8.$$

Після проведених розрахунків видно, що функція питомої ваги зменшення ціни прокату від величини відстрочки платежу у другого постачальника буде набувати мінімального значення 0,99727 при $\eta_2 = 20$.

Абсолютний мінімум функції питомої ваги зменшення ціни прокату для першого, третього, четвертого, п'ятого та шостого постачальників відповідно складе двічі одиницю при $\eta_1 = 0$ та $\eta_3 = 0$, 0,99795 при $\eta_4 = 15$, 0,99768 при $\eta_5 = 17$ та 0,99645 при $\eta_6 = 26$.

Потреба підприємства-покупця ВАТ «Вінницький дослідний завод» у листі М2М складає 4,28 т.

Поточна ціна придбання у другого постачальника листа М2М товщиною 3 мм при обсязі, що дорівнює потребі підприємства-покупця, за виразом (13):

$$K_2 = \varphi_2^H(4,28) \cdot 0,99727 = 57968 \cdot 0,99727 = 57809,82 \text{ грн.}$$

Для першого, третього, четвертого, п'ятого та шостого постачальників K_j складе відповідно 63200, 57195,9, 56783,51, 59147,67 та 58184,35.

Мінімальна поточна ціна придбання прокату при обсязі, що дорівнює потребі підприємства-покупця, по формулі (12):

$$K_{\min} = K_4 - C = 56783,51 - 5 = 56778,51 \text{ грн.}$$

Цільова функція оптимального вибору постачальників листа М2М товщиною 3 мм, що враховує показники цінової політики та каналів розподілу постачальників, зважаючи на вираз (1):

$$\begin{aligned}
 & 0,309 * \left[\frac{(64,62X_1^2 - 348,55X_1 + 63508,12) \left(1 - \frac{0,05}{366}\right)^{366 \frac{\eta_1}{366}} - 56778,51}{56778,51} X_1 + \right. \\
 & + \frac{(-21,32X_2^3 + 287,52X_2^2 - 1716,33X_2 + 61718,54) \left(1 - \frac{0,05}{366}\right)^{366 \frac{\eta_2}{366}} - 56778,51}{56778,51} X_2 + \\
 & + \frac{57195,9 \left(1 - \frac{0,05}{366}\right)^{366 \frac{\eta_3}{366}} - 56778,51}{56778,51} X_3 + \\
 & + \frac{(-46,23X_4^4 + 470,34X_4^3 - 1568,48X_4^2 + 556,55X_4 + 61887,83) \left(1 - \frac{0,05}{366}\right)^{366 \frac{\eta_4}{366}} - 56778,51}{56778,51} X_4 + \\
 & + \frac{(113,10X_5^2 - 1199,12X_5 + 62345,60) \left(1 - \frac{0,05}{366}\right)^{366 \frac{\eta_5}{366}} - 56778,51}{56778,51} X_5 + \\
 & + \left. \frac{(-67,97X_6^3 + 459,75X_6^2 - 1747,74X_6 + 62782,16) \left(1 - \frac{0,05}{366}\right)^{366 \frac{\eta_6}{366}} - 56778,51}{56778,51} X_6 \right] = \\
 & = 1,742X_1 + 1,673X_2 + 2,051X_3 + 3,532X_4 + 2,133X_5 + 1,758X_6 \Rightarrow \min.
 \end{aligned}$$

Маса прокату, яку купують у кожного з шести постачальників, не перевищує наявну в нього величину згідно обмеження (2):

$$X_1 \leq 1,5; \quad X_2 \leq 2,6; \quad X_3 \leq 7; \quad X_4 \leq 1,9; \quad X_5 \leq 5,3; \quad X_6 \leq 3,4.$$

Обсяг прокату, придбаний у певного постачальника, не може мати від'ємні значення відповідно до нерівності (3):

$$X_1 \geq 0; \quad X_2 \geq 0; \quad X_3 \geq 0; \quad X_4 \geq 0; \quad X_5 \geq 0; \quad X_6 \geq 0.$$

Загальна маса придбаного листа М2М товщиною 3 мм повинна бути рівна потребі ВАТ «Вінницький дослідний завод», приймаючи до уваги рівність (4):

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 = 4,28.$$

Відстрочка у оплаті, що встановлюється постачальником, за виразом (5) змінюється у діапазоні:

$$0 \leq \eta_2 \leq 20; \quad 0 \leq \eta_4 \leq 15; \quad 0 \leq \eta_5 \leq 17; \quad 0 \leq \eta_6 \leq 26.$$

Змінна, яка позначає відстрочку у оплаті, не може набувати меншого значення за мінімальний термін розміщення коштів на депозиті у банку відповідно до нерівності (6):

$$\eta_2 \geq 8, \quad \eta_4 \geq 8, \quad \eta_5 \geq 8, \quad \eta_6 \geq 8.$$

Для першого та третього постачальників накладаємо обмеження (7):

$$\eta_1 = \eta_3 = 0.$$

За допомогою програми *Поиск решения*, яка є допоміжним інструментом Microsoft Excel, був знайдений оптимальний розв'язок: $X_1 = 0$, $X_2 = 2,6$ т, $X_3 = 0$, $X_4 = 0$, $X_5 = 0$, $X_6 = 1,68$ т.

Отже, оптимальний вибір постачальників прокату запропоновано здійснювати за комплексним критерієм, який включає показники цінової політики та каналів розподілу постачальників. Щоб поєднати у одній цільовій функції показники з різними одиницями вимірювання, коефіцієнти при змінних розраховуються як зважена відстань між значенням показника та його мінімальною (максимальною) величиною після їх нормування. Постачаль-

ники встановлюють залежність ціни від обсягів придбання прокату у вигляді спадної кусочно-неперервної функції. Для того щоб диференціювати цю функцію, були обрані вузлові точки за якими вона розкладена у інтерполяційний многочлен Лагранжа. Ціна, що представлена у вигляді залежності, дисконтується по ставці складних авансових процентів з метою врахування терміну відстрочки платежу за поставлений прокат. Входить до комплексного критерію моделі оптимального вибору постачальників прокату і рейтингова оцінка певного постачальника, що визначається за показниками каналів розподілу. Враховані обмежена потреба покупця у прокаті певного виду та його пропозиція від кожного постачальника.

Література

1. *Choi J. H., Chang Y. S.* A two-phased semantic optimization modeling approach on supplier selection in eProcurement // Expert Systems with Applications. — 2006. — № 31. — P. 137—144.
2. *Crama Y., Pascual J. R., Torres A.* Optimal procurement decisions in the presence of total quantity discounts and alternative product recipes // European Journal of Operational Research. — 2004. — № 159. — P. 364—378.
3. *Liao Z., Rittscher J.* Integration of supplier selection, procurement lot sizing and carrier selection under dynamic demand conditions // International journal of production economics. — 2007. — № 107. — P. 502—510.
4. *Wang G., Huang H. S., Dismukes P. J.* Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision-making methodology // International journal of production economics. — 2004. — № 91. — P. 1—15.
5. *Xia W., Wu Z.* Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments // Omega. — 2007. — № 35. — P. 494—504.
6. *Нелюба В. М.* Моделювання рейтингового оцінювання постачальників прокату за показниками каналів розподілу // Моделювання та інформаційні системи в економіці: 36. наукових праць. Вип. 77. — К.: КНЕУ, 2008. — С. 253—270.
7. *Гусак А. А.* Справочник по высшей математике / А. А. Гусак, Г. М. Гусак, Е. А. Бричкова. — 7-е изд. — Мн.: ТетраСистемс, 2006. — 640 с.
8. *Машина Н. І.* Вищі фінансові обчислення: Навчальний посібник. — К.: Центр навчальної літератури, 2003. — 208 с.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

В. М. Соловійов, д-р фіз.-мат. наук, проф.,
зав. кафедри економічної кібернетики,
Криворізький економічний інститут

В. В. Щерба, здобувач,
кафедра економічної кібернетики,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ЗАСТОСУВАННЯ КІЛЬСКОГО АНАЛІЗУ РЕКУРЕНТНИХ ДІАГРАМ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КРИЗОВИХ ЯВИЩ

АНОТАЦІЯ. Рекурентні діаграми (РД) і кількісний аналіз рекурентних діаграм (КАРД) являють собою методології чисельного аналізу сигналів і здатні працювати з нелінійними і нестационарними динамічними системами. Крім того, вони добре відображають зміни станів динамічної системи. Показано, що РД і КАРД виявляють універсальність критичного режиму в індексах фондового ринку перед крахом. Досліджувались часові ряди довжиною 2000 днів, у яких посередині знаходилась криза. Аналіз проведено на щоденних цінах закриття для індексів Dow Jones і S&P 500 (відповідно, крахи 1 Жовтня 1929 року та 19 жовтня 1987 року). Крах ринку NASDAQ припадає на 17 квітня 2000 року.

ANNOTATION. Recurrence Plot (RP) and Recurrence Quantification Analysis (RQA) are signal numerical analysis methodologies able to work with non linear dynamical systems and non stationarity. Moreover they well evidence changes in the states of a dynamical system. It is shown that RP and RQA detect the critical regime universality in stock market indices before a crash. It is investigational time series by length 2000 days, which a crisis is in the meadle of. The analysis is made on DJ and S&P 500 daily closing price (crashes October 01, 1929 and October 19, 1987, respectively). The NASDAQ crash time has been estimated to be on April 17, 2000.

Keywords: Recurrence Plot, Recurrence Quantification Analysis, nonlinear time series analysis, stock market crash

КЛЮЧОВІ СЛОВА: рекурентна діаграма, кількісний рекурентний аналіз, аналіз нелінійних часових рядів, крах фондового ринку.

Вступ. Дослідження складних систем, як природних, так і штучних, показали, що в їх основі лежать нелінійні процеси, ретельне вивчення яких необхідне для розуміння і моделювання складних систем. У останні десятиліття набір традиційних (лінійних) методик дослідження був істотно розширений нелінійними методами, одержаними з теорії нелінійної динаміки і хаосу; багато досліджень були присвячені оцінці нелінійних характеристик і властивостей процесів, що протікають у природі (скейлінг,

фрактальна розмірність) [1, 2]. Проте більшість методів нелінійного аналізу вимагає або достатньо довгих, або стаціонарних рядів даних, які на практиці одержати досить важко. Ситуація змінилася з появою і широким розповсюдженням аналізу рекурентних діаграм [3].

Постановка завдання. Розглянемо ідею і стисло теорію рекурентного аналізу, його можливості та визначимо основні переваги застосування при аналізі і прогнозування складних фінансово-економічних систем.

1. Фазовий простір, його реконструкція

Стан системи описується її змінними стану

$$x^1(t), x^2(t), \dots, x^d(t),$$

де верхній індекс — номер змінної. Набір із d змінних стану в момент часу t складає вектор стану $x(t)$ в d -вимірному фазовому просторі. Даний вектор переміщується в часі у напрямі, який визначається його вектором швидкості:

$$\dot{\vec{x}}(t) = \partial_i \vec{x}(t) = \vec{F}(x) \quad (1)$$

Послідовність векторів $\vec{x}(t)$ утворює траєкторію у фазовому просторі, причому поле швидкості $\vec{F}$ дотичне до цієї траєкторії. Еволюція траєкторії описує динаміку системи і її атрактор. Знаючи $\vec{F}$, можна одержати інформацію про стан системи в момент t шляхом інтеграції виразу (1). Оскільки форма траєкторії дозволяє судити про характер процесу (періодичні, хаотичні, трендові тощо процеси мають характерні фазові портрети), то для визначення стану системи не обов'язково проводити інтеграцію, а достатньо побудувати графічне відображення траєкторії.

При дослідженні складних систем часто немає інформації про всі змінні стану, або не всі з них можливо виміряти. Як правило, є єдине спостереження, проведене через дискретний часовий інтервал Δt . Таким чином, вимірювання записуються у вигляді ряду часового ряду $u_i(t)$, де $t = i \cdot \Delta t$.

Взаємодії і їх кількість у складних системах такі, що навіть по одній змінній стану можна судити про динаміку всієї системи в цілому. Тобто, еквівалентна фазова траєкторія, що зберігає структури оригінальної фазової траєкторії, може бути відновлена з од-

ного спостереження або часового ряду за теоремою Такенса методом часових затримок:

$$\hat{x}(t) = (u_i, u_{i+\tau}, \dots, u_{i+(m-1)\tau}) ,$$

де m — розмірність вкладення, τ — часова затримка (реальна часова затримка визначається як $\tau \cdot \Delta t$). Топологічні структури відновленої траєкторії зберігаються, якщо $m \geq 2 \cdot d + 1$, де d — розмірність атрактора. На практиці більшості випадків атрактор може бути відновлений і при $m \leq 2d$. Затримка, як правило, вибирається апріорно.

2. Рекурентний аналіз

Більшості процесів у природі властива яскраво виражена рекурентна поведінка, така, як періодичність або іррегулярна циклічність. Більш того, рекурентність (повторюваність) станів у значенні проходження подальшої траєкторії достатньо близько до попередньої є фундаментальною властивістю дисипативних динамічних систем. Ця властивість була відмічена Пуанкаре ще в 80-х рр. XIX ст. і згодом сформульована у вигляді «теорему рекурентності»: *Якщо система зводить свою динаміку до обмеженої підмножини фазового простору, то система майже напевно, тобто з вірогідністю, практично рівною одиниці, скільки завгодно близько повертається до якого-небудь спочатку заданого режиму.*

Суть цієї фундаментальної властивості у тому, що, не дивлячись на те, що мале збурення в складній динамічній системі може привести систему до експоненціального відхилення від її стану, через деякий час система прагне повернутися до стану, деяким чином близького до попереднього, і проходить при цьому подібні етапи еволюції. Переконатися в цьому можна за допомогою графічного зображення траєкторії системи у фазовому просторі. Проте можливості такого аналізу досить обмежені. Як правило, розмірність фазового простору складної динамічної системи більша трьох, що робить практично незручним його розгляд напругу; єдина можливість — проєкції у дво- і тривимірні простори, що часто не дає правильного уявлення про фазовий портрет.

У 1987 р. Екман (Eckmann) і співавтори запропонували спосіб відображення m -вимірної фазової траєкторії станів системи $x(t)$ завдовжки N на двовимірну квадратну двійкову матрицю розмі-

ром $N \times N$, у якій одиниця (чорна точка) відповідає повторенню стану при деякому часі i в деякий інший час j , а обидві координатні осі є осями часу. Таке представлення було назване рекурентною діаграмою (recurrence plot, RP), оскільки воно фіксує інформацію про рекурентну поведінку системи.

Математично вищесказане описується як

$$R_{i,j}^{m,\varepsilon_i} = \Theta(\varepsilon_i - \|\vec{x}_i - \vec{x}_j\|), \vec{x} \in \mathbb{R}^m, i, j = 1, \dots, N, \quad (2)$$

де N – кількість даних станів, x_i, ε_i — розмір околиці точки $\vec{x}$ у момент i , $\|\cdot\|$ — норма і $\Theta(\cdot)$ — функція Хевісайда.

Непрактично і, як правило, неможливо знайти повну рекурентність у значенні $\vec{x}_i \equiv \vec{x}_j$ (стан динамічної, а особливо — хаотичної системи не повторюється повністю еквівалентно початковому стану, а наближається до нього скільки завгодно близько). Таким чином, рекурентність визначається як достатня близькість стану $\vec{x}_j$ до стану $\vec{x}_i$. Іншими словами, рекурентними є стани $\vec{x}_j$, які потрапляють в m -вимірну околицю з радіусом ε_i і центром у точці $\vec{x}_i$. Ці точки $\vec{x}_i$ називаються *рекурентними точками* (рис. 1).

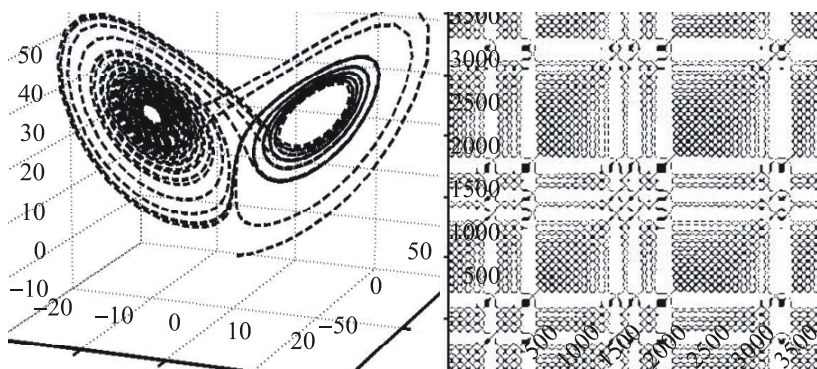


Рис. 1. Атрактор Лоренця (зліва) і його рекурентна карта (справа)

На рис. 1 для прикладу наведена система Лоренця (атрактор — зліва) і відповідна їх рекурентна карта. Рекурентні точки на рисунку справа виділені чорним кольором.

Оскільки $R_{i,i} = 1 (i = 1, \dots, N)$ за визначенням, то рекурентна діаграма завжди під кутом $\pi/4$ до осей координат містить чорну діагональну лінію — лінію ідентичності. Відмітимо, що довільно взята рекурентна точка не несе якої-небудь корисної інформації про стани в часи i і j . Тільки вся сукупність рекурентних точок дозволяє відновити властивості системи. При цьому зовнішній вигляд рекурентної діаграми дозволяє судити про характер процесів, які протікають у системі, наявності і впливі шуму, станів повторення і завмирання (ламінарності), здійсненні в ході еволюції системи різких змін стану (екстремальних подій).

3. Аналіз діаграм

Очевидно, що процеси різної поведінки даватимуть рекурентні діаграми з різним малюнком. Таким чином, візуальна оцінка діаграм може дати уявлення про еволюцію досліджуваної траєкторії.

Виділяють два основних класи структур зображення: *топологія*, що представляється крупномасштабними структурами, і *текстура*, що формується дрібномасштабними структурами.

Топологія дає загальне уявлення про характер процесу. Виділяють чотири різних класи:

- *однорідні* рекурентні діаграми типові для стаціонарних і автономних систем, в яких час релаксації малий у порівнянні з довжиною ряду;

- *періодичні* структури, що повторюються (діагональні лінії, узори у шаховому порядку). Вони відповідають різним осцилюючим системам з періодичністю в динаміці;

- *дрейф* присутній у систем з параметрами, що поволі змінюються. Це робить білими лівий верхній і правий нижній кути рекурентної діаграми;

- *різкі зміни* в динаміці системи, рівно як і екстремальні ситуації, обумовлюють появу білих областей або смуг. Тому рекурентні діаграми спрощують виявлення екстремальних і рідкісних подій.

Докладний розгляд рекурентних діаграм дозволяє виявити дрібномасштабні структури — текстуру, яка складається з простих точок, діагональних, горизонтальних і вертикальних ліній. Комбінації вертикальних і горизонтальних ліній формують прямокутні кластери точок:

- самотні, окремо розташовані рекурентні точки з'являються в тому разі, коли відповідні стани рідкісні, або нестійкі в часі, або

викликані сильною флуктуацією. При цьому вони не є ознаками випадковості або шуму;

- діагональні лінії $R_{i+k,j+k}=1$ (при $k=1..l$ де l — довжина діагональної лінії) з'являються у разі, коли сегмент траєкторії у фазовому просторі пролягає паралельно іншому сегменту, тобто траєкторія повторює саму себе, повертаючись в одну і ту ж область фазового простору у різний час. Довжина таких ліній визначається часом, протягом якого сегменти траєкторії залишаються паралельними; напрям (кут нахилу) ліній характеризує внутрішній час підпроцесів, відповідних даним сегментам траєкторії. Проходження ліній паралельно лінії ідентичності свідчить про однаковий напрям сегментів траєкторії, перпендикулярно — про протилежний («відображені» сегменти), що може також бути ознакою реконструкції фазового простору з невідповідною розмірністю вкладки. Нерегулярна поява діагональних ліній є ознакою хаотичного процесу;

- вертикальні (горизонтальні) лінії $R_{i,j+k}=1$ (при $k=1..v$, де v — довжина вертикальної або горизонтальної лінії) виділяють проміжки часу, в котрі стан системи не змінюється або змінюється не суттєво (система як би «заморожена» на цей час), що є ознакою «ламінарих» станів.

Саме ці комбінації використовуються для обчислення мір кількісного аналізу рекурентних діаграм (recurrence quantification analysis, RQA). Збілут і Веббер (див. для деталей огляд [1]) розробили інструмент обчислення ряду мір на основі підрахунку густини рекурентних точок і побудови частотного розподілу довжин діагональних ліній: *recurrence rate* (RR, коефіцієнт самоподібності), *determinism* (DET, передбачуваність), *divergence* (DIV, зворотна величина максимальної довжини діагональної лінії), *entropy* (ENTR, ентропія) і *trend* (TREND, тренд). Обчислення цих мір у підматрицях рекурентної діаграми уздовж лінії ідентичності показує поведінку цих мір у часі. Дослідження даних мір показали, що їх застосування може сприяти виявленню точок біфуркації, переходів «хаос—порядок» тощо.

Пізніше були запропоновані міри, що використовують густину вертикальних (або горизонтальних) структур: *laminarity* (LAM, ламінарність), *trapping time* (TT, час затримки), що дозволяють виявляти переходи «хаос—хаос». Слід зазначити також нечутливість цих мір до вимог стаціонарності і довжини досліджуваних часових рядів.

Результати. Введемо кількісні характеристики введених мір. Для цього визначимо величини

$$R_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } (i, j) \text{ рекурентні,} \\ 0 \text{ — інакше} \end{cases},$$

$$D_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } (i, j) \text{ та } (i+1, j+1) \text{ або } (i-1, j-1) \text{ рекурентні,} \\ 0 \text{ — інакше} \end{cases}.$$

Тепер коефіцієнти самоподібності і передбачуваності будуть, відповідно, обчислюватися наступним чином

$$RR = \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N R_{ij}, \quad (3)$$

$$DET = \frac{\sum_{i,j=1}^N D_{ij}}{\sum_{i,j=1}^N R_{ij}}. \quad (4)$$

Якщо N_l — число діагональних ліній, а l_i — довжина i -тої діагональної лінії, то довжина найдовшої діагональної лінії визначається виразом $L = \max(l_i; i = 1, \dots, N_l)$.

Ентропія Шеннона для функції $f(x)$ має вигляд для розподілу

$$H(p_1, \dots, p_n) = - \sum_{i=1}^n p_i \log(p_i).$$

Для розподілу $p(l)$ довжини діагональних ліній ентропія Шеннона дорівнює

$$ENTR = - \sum_{l=1}^{N_l} p(l) \ln p(l). \quad (5)$$

Наявність діагональної лінії довжини l означає, що сегмент траєкторії близький протягом l кроків часу до іншого сегменту траєкторії в інший час; тому ці лінії пов'язані з дивергенцією сегментів траєкторії. Середня довжина діагональної лінії

$$L = \frac{\sum_{l=l_{\min}}^N l P(l)}{\sum_{l=l_{\min}}^N P(l)} \quad (6)$$

є середнім часом, протягом якого два сегменти траєкторії близькі один одному, і може бути інтерпретований як середній час прогнозу.

Попередні міри відносяться до діагональних (горизонтальних) ліній на рекурентній карті. В той же час існують і вертикальні лінії з відповідними мірами.

Повне число вертикальних ліній довжини v в РД дається гістограмою

$$P(v) = \sum_{i,j=1}^N (1 - R_{i,j})(1 - R_{i,j+v}) \prod_{k=0}^{v-1} R_{i,j+k}.$$

Аналогічно визначенню детермінізму, (рівняння (2)), може бути обчислено відношення рекурентних точок, які формують вертикальні структури до повного набору рекурентних точок

$$LAM = \frac{\sum_{v=v_{\min}}^N vP(v)}{\sum_{v=1}^N vP(v)}. \quad (7)$$

Ця міра називається *ламінарністю*. Обчислення LAM проводяться для тих v , які перевищують мінімальну довжину $v_{\min}$. Для рекурентних карт часто приймають $v_{\min} = 2$. Величина LAM зменшується, якщо РД складається з більш поодиноких рекурентних точок, ніж вертикальні структури.

Середня довжина вертикальних структур дається виразом

$$TT = \frac{\sum_{v=v_{\min}}^N vP(v)}{\sum_{v=v_{\min}}^N P(v)} \quad (8)$$

і називається часом затримки (захвату). Його обчислення вимагає також розгляду мінімальної довжини $v_{\min}$, як і у випадку з LAM. Міра TT оцінює середній час, що система перебуватиме в певному стані, або як довго цей стан буде захоплений. На відміну від кількісних мір, заснованих на діагональних лініях, введені щойно міри можуть застосовуватись до переходів «хаос—хаос».

Ми дослідили чутливість кількісних мір аналізу рекурентних діаграм до кризових станів фондових ринків [4—6]. При цьому у якості тестових рядів вибрані різні індекси, які містять кризи, що відбулися у той чи інший період і навіть мали різні причини виникнення. До таких відносяться кризи жовтня 1929 року за даними індексу Dow Jones, жовтня 1987 року за даними S&P 500 та крах ринку NASDAQ, який припадає на квітень 2000 року. Для порівняння особливостей мір рекурентного аналізу для різних криз ми вибрали ряди однієї довжини (2000 днів). При цьому криза знаходиться посередині ряду.

У якості інструментарію рекурентного аналізу вибрано пакет програм, створений групою нелінійної динаміки Постдамського університету — Cross Recurrence Plot Toolbox for Matlab (<http://tocsy.agnld.uni-postdam.de>). Нами модифіковано тільки модуль `crqa(a)` для більш зручного інтерфейсу роботи з окремими мірами кількісного аналізу. Для модуля задається часове вікно (у нашому випадку воно дорівнює 500 днів), для якого розраховуються показники (3)—(8). Після цього часове вікно зміщується з кроком Δt ($\Delta t = 1$) до тих пір, поки не вичерпується динамічний ряд [7—8].

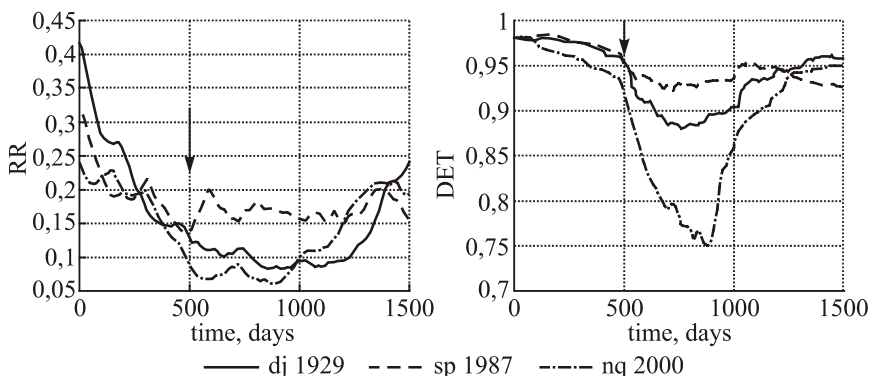


Рис. 2. Динаміка коефіцієнтів самоподібності і передбачуваності при наближенні до точки кризи (вказана стрілкою)

Результати розрахунків основних мір рекурентного аналізу для тестових рядів зображені на рис. 2—4.

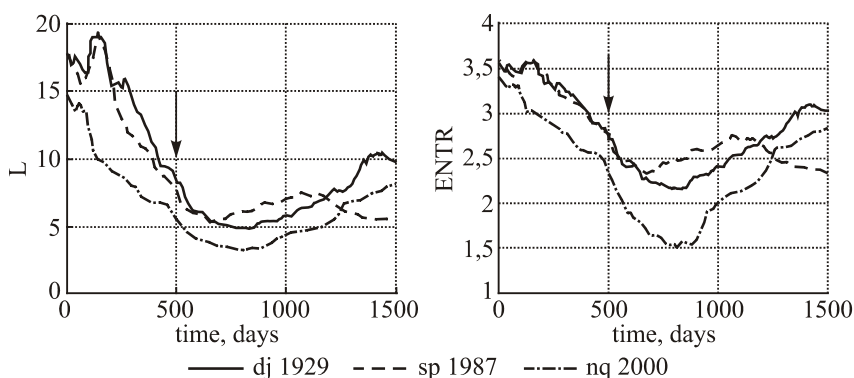


Рис. 3. Зміни мір рекурентного аналізу L та ENTR для вибраних часових рядів, які містять кризи

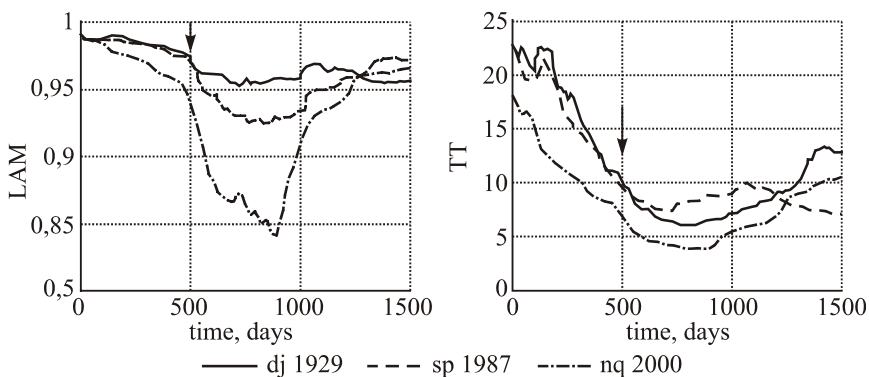


Рис. 4. Зміна показника ламінарності і часу затримки по мірі наближення до кризи

Аналіз отриманих результатів вказує на можливості використання кількісних мір рекурентного аналізу для моніторингу та передбачення кризових змін на фінансових ринках. Дійсно, не дивлячись на дату та причини кризи, використані нами міри помітно змінюються при наближенні до точки кризи. При цьому різні міри проявляють і різні рівні чутливості. Так, міри RR, L, ENTR і TT змінюються у кризовий період на 300—400 % у порівнянні з докризовим. У той же час міри DET і LAM змінюються всього на 15—20 %. Тому перша група показників повинна використовуватись для передбачення кризових станів у першу чергу.

Висновки. Таким чином, рекурентний аналіз може слугувати для кількісної оцінки критичних і кризових явищ на фінансових ринках. Розглянуті закономірності поведінки вказаних мір мають універсальний характер і не залежать від виду кризової системи. Так, аналогічні результати одержані для відомих криз фондового, валютного, енергетичного ринків.

Одержані результати також можна використати для побудови експертних систем, наприклад, на базі нечіткої логіки, нейронних мереж тощо [9].

Робота виконана за підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень (№Ф25/659-2007 від 3.09.2007 р., № держреєстрації 0107U010947).

Література

1. Boccaletti S., Latorab V., Morenod Y., Chavezf M., Hwanga D.-U. Complex networks: Structure and dynamics // Physics Reports, 2006. v. 424. — P. 175 — 308.

2. *Ganchuk A., Derbentsev V., Soloviev V.* Multifractal properties of the Ukraine stock market // arXiv:physics/0608009 v1 1 Aug 2006.
3. *Marwan N., Romano M.C., Thiel M., Kurths J.* Recurrence plots for the analysis of complex systems // Phys.Rep., 2007, v.438. — P. 237—329.
4. *Fabretti A., Ausloos M.* Recurrence Plot and Recurrence Quantification Analysis Techniques for detecting a critical regime. Examples from financial market indices // Int. Journ. Mod. Phys., 2005, v. C 16. — P. 134—148.
5. *Fabretti A., Ausloos M.* Recurrence analysis of the NASDAQ crash of April 2000 // arXiv:physics/0505170 v1 24 May 2005.
6. *Сорнетте Д.* Как предсказывать крахи финансовых рынков: критические события в комплексных финансовых системах. — М.: Интернет-трейдинг, 2003. — 400 с.
7. *Дербентцев В. Д., Соловійов В. М., Сердюк О. В.* Передвісники критичних явищ в складних економічних системах — Новое в экономической кибернетике: (Сб. науч. ст.) Под общ. ред. Ю. Г. Лысенко; Донецкий нац. ун-т // Моделирование нелинейной динамики экономических систем. — Донецк: ДонНУ, 2005. — № 1. — С. 5—13.
8. *Соловійов В. М., Кононенко В. В., Сердюк О. А.* Виявлення передвісників кризових явищ // Вісник Криворізького технічного університету. Збірник наукових праць. — Кривий Ріг: КТУ, 2005. — Вип. 8. — С. 224 — 228.
9. *Матвійчук А. В.* Моделювання та аналіз економічних систем на підґрунті теорії нечіткої логіки // Автореф. дис. д-ра екон. н. — К.: КНЕУ, 2007. — 33 с.

Стаття надійшла до редакції 10.03.2008

УДК 330.46; 519.86

І. І. Стрельченко, аспірант
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО РІВНЯННЯ ВІНЕРА-ХОПФА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ОБМІННИХ КУРСІВ

АНОТАЦІЯ. У статті викладено методологічні аспекти використання інтегральних рівнянь для апроксимації динаміки валютних курсів. Розроблено економіко-математичну модель на базі інтегрального рівняння Вінера—Хопфа, одержана імпульсна характеристика системи. Отримані результати дають можливість формувати стратегії гравців на валютному ринку.

ANNOTATION. Methodological aspects using of the integrated equations for approximation dynamics of exchange rates are offered in the article. The economic-mathematical model is developed on the basis of Wiener-Hopf in-

tegro-difference equation, the impulse response of system is received. The received results allow to form strategy of players in the currency market.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: обмінний курс, фундаментальний аналіз, технічний аналіз, інтеграл згортки, імпульсна характеристика системи, інтегральне рівняння Вінера—Хопфа, сплайн.

Стабільність курсу національної валюти — відчутна складова привабливості інвестиційного клімату. Наслідками нестабільності динаміки реального обмінного курсу є послаблення інтенсивності зовнішньої торгівлі та економічні втрати. Окрім цього, завищений або, навпаки, занижений рівень обмінного курсу здійснює деформуючий вплив на перерозподіл економічних ресурсів [1]. Тому для адекватної оцінки курсової динаміки та формування відповідної валютної політики важливо з'ясувати фактори формування валютного курсу.

На сьогодні існує багато досліджень та публікацій, в яких розглядається можливість передбачення поведінки рядів фінансових даних, зокрема валютних курсів [2—8]. Переважна частина цих досліджень ґрунтується на припущенні, що вся інформація необхідна для аналізу (зокрема вплив різноманітних макроекономічних показників) акумулюється у вихідних даних — власне курсах валют; а отже всі моделі, що розроблені, базуються виключно на рядах прямого котирування. Проте, згідно загальновідомих положень економічної теорії, при визначенні ціни (валюти) не можна нехтувати первинними показниками, якими є попит та пропозиція на ринку. У випадку ринку валюти сукупна дія цих показників виражається в обсягах продажу в одиницю часу (лотах). Для обґрунтування припущення про залежність курсу валюти від об'єму її продажу, необхідно ідентифікувати наявність кореляції між ними за допомогою апарату математичного моделювання.

Для правильної і прибуткової роботи на будь-якому фінансовому ринку необхідно вміти прогнозувати рух цін (на FOREX — курсів валют). Більшість дослідників виділяють три основні підходи при прогнозуванні будь-якого фінансового ринку: фундаментальний, технічний та психологічний аналіз (аналіз очікувань та переваг учасників ринку) [2—4].

Фундаментальний аналіз — аналіз економічного стану країн походження валют, політичних подій і чуток. Складність використання багаточисельних та суперечливих макроекономічних показників не дозволяє робити однозначні висновки про напрямок руху валютного курсу [2, 5].

Технічний аналіз у цілому можна визначити, як метод прогнозування ціни, заснований на математичних, а не економічних

міркуваннях. Даний підхід полягає в дослідженні цінової динаміки ринку за допомогою аналізу закономірностей зміни трьох ринкових факторів: ціни, об'єму й у випадку, якщо вивчається ринок термінових контрактів — відкритого інтересу (обсягу відкритих позицій) [2]. При цьому, первинними для аналізу вважаються ціни, а зміни інших факторів вивчаються для підтвердження правильності напрямку руху цін. У технічному аналізі виділяють два підходи: графічний і математичний (комп'ютерний аналіз). Графічний метод заснований на аналізі цінових діаграм — нанесення на графік зміни ціни за певний проміжок часу. Математичний метод заснований на використанні технічних індикаторів — математичних функцій, побудованих на основі даних ціни або обсягів продажів. Індикатори прийнято ділити на дві групи: індикатори тенденцій (підтверджують тенденції); осцилятори (підказують розвороти трендів) [4].

До індикаторів тенденцій відносять ковзні середні, які згладжують коливання досліджуваної величини шляхом усереднення по деякому історичному періоді. Ковзні середні розрізняються методом усереднення (прості, зважені й експонентні). Всі ковзні середні мають інертність, у силу чого сигнал про продовження тенденції систематично запізнюється [4, 6]. На практиці використовують комбінацію двох або трьох ліній-індикаторів.

Осцилятори використовують як основний сигнал — дивергенцію. Це ситуація, коли напрямок руху ціни й технічних індикаторів не збігається. Дивергенція вважається сильною ознакою розвороту тренда [2, 4].

Окрім перерахованих методів технічні аналітики використовують теорію Фібоначчі, а також хвильову теорію Еліота.

Останнім часом здобуває все більшу популярність теорія детермінованого хаосу [7]. Теорія хаосу пропонує нові концепції й алгоритми для аналізу часових рядів, що може привести до більш повного розуміння природи сигналів. Ця теорія представляє широкий вибір потужних методів, включаючи відновлення аттрактора в лаговому фазовому просторі, обчислення показників Ляпунова, узагальнених розмірностей та ентропій, нелінійне передбачення й редукцію шумів, а також статистичні тести на нелінійність. Поряд з цим, слід відмітити відсутність точних алгоритмів застосування методів нелінійної динаміки та стандартних числових процедур для розрахунку основних показників, необхідних для прогнозу. Тому отримані результати можуть містити суб'єктивний вплив дослідника.

Одним із перспективних напрямів аналізу валютного ринку є застосування до часових рядів методів спектрального аналізу та цифрової фільтрації. Зокрема, розроблено адаптивний метод слідування за тенденціями та ринковими циклами (AT&CF-метод), який засновано на використанні фільтрів нижніх частот для визначення тренду [8]. Також існують приклади використання сплайнової апроксимації [9].

Спільним для всіх вищезгаданих методик є використання для аналізу єдиного часового ряду в якості вхідної та вихідної інформації — валютного курсу. Таким чином, зроблені спроби дослідити результат, а не причину.

Дана робота має на меті:

- розробити алгоритм розрахунку імпульсної характеристики динамічної системи на базі інтегрального рівняння Вінера—Хопфа з використанням пакету MatLab 6.5;

- перевірити адекватність отриманого апарату моделювання через ідентифікацію функціональної залежності з заданими характеристиками;

- для обраного часового ряду обмінного курсу визначити імпульсну характеристику та зробити висновки щодо можливості використання обраної методики для ідентифікації залежності курсу валюти від обсягу продажу.

Залежність між вхідним сигналом $x(t)$, характеристиками процесу та вихідним сигналом $y(t)$ у часі для лінійної динамічної системи являє собою інтеграл згортки [10]:

$$y(t) = \int_0^t x(\tau)h(t - \tau)d\tau, \quad (1)$$

де $h(\tau)$ — імпульсна характеристика, яка є реакцією системи на вхідну послідовність типу дельта-функції:

$$\delta[t] = \begin{cases} \infty, & t = 0 \\ 0, & t \neq 0 \end{cases}. \quad (2)$$

Імпульсна характеристика є основною характеристикою лінійної системи і повністю визначає її поведінку.

Аналогом інтеграла згортки у дискретних системах є дискретна часова згортка. Її отримують шляхом заміни $t \rightarrow nT, \tau \rightarrow mT, d\tau \rightarrow 1, \int \rightarrow \sum$:

$$y(n) = \sum_0^n h(m)x(n - m). \quad (3)$$

Якщо довжина вхідної послідовності N , довжина імпульсної характеристики — M , тоді при підстановці цих даних у рівняння згортки ми отримаємо вихідну реакцію системи довжиною $L = N + M - 1$.

Доведено, що задача визначення імпульсної характеристики системи, оптимальної за критерієм найменших квадратів, зводиться до вирішення інтегрального рівняння Вінера—Хопфа:

$$R_{xy}(t) = \int_0^{\infty} h(\tau) R_x(t - \tau) d\tau, \quad (4)$$

де $R_x(t - \tau)$ — автокореляційна функція вхідного ряду $x(t)$, $R_{xy}(t)$ — взаємно кореляційна функція вихідного $y(t)$ та вхідного ряду $x(t)$. Тобто лінійна система, яка дає найкращу апроксимацію залежності вихідного $y(t)$ та вхідного ряду $x(t)$ повністю визначається її взаємно та автокореляційними функціями.

Для розв'язку інтегрального рівняння Вінера—Хопфа застосовують чисельні методи і переходять до системи лінійних рівнянь, яка записується у матричному вигляді:

$$R_{xy} = H \cdot R_{xx}, \quad (5)$$

де R_{xx} — автокореляційна квадратна матриця порядку $N+1$ вхідних відліків ряду; для стаціонарного процесу кореляційна матриця має вигляд матриці Тепліца, тобто на її діагоналях стоять однакові величини. R_{xy} — вектор взаємно кореляційної функції розміром $N \times 1$. H — вектор коефіцієнтів імпульсної функції, що забезпечує мінімум виразу:

$$E[e^2(n)] = E[y(n) - H^T X(n)]^2. \quad (6)$$

Отже, рівняння Вінера—Хопфа дає оптимальне (за критерієм МНК) рішення інтегрального рівняння згортки з кінцевою імпульсною характеристикою [11].

Визначивши автокореляційну матрицю та вектор взаємної кореляції можна знайти імпульсну характеристику системи:

$$H = R_{xy} R_{xx}^{-1}. \quad (7)$$

За допомогою матричної лабораторії MatLab 6.5 було розроблене програмне забезпечення для визначення імпульсної характеристики системи, що вивчається. Для регуляризації отриманих результатів використаний алгоритм сплайнової апроксимації [12]. Перевірка роботи отриманого фільтра проводилась за допомогою наступного прикладу.

З ряду «білий шум» формується вхідний сигнал $x(t)$ із заданою автокореляційною функцією:

$$R(t) = A \exp(-bt), \quad (8)$$

де $A > 0$ і $b > 0$ деякі коефіцієнти. Вихідний сигнал $y(t)$ отримуємо шляхом фільтрації $x(t)$ за відомою імпульсною характеристикою:

$$H(t) = K / T \exp(-t / T), \quad (9)$$

де K і T деякі параметри. Тоді теоретична взаємно кореляційна функція для $x(t)$ та $y(t)$ має бути:

$$P(t) = 2 \frac{AK}{bT} \exp(-t / T) - \frac{KA}{bT - 1} \exp(-bT). \quad (10)$$

Задаючи конкретні значення параметрів, отримуємо ряд $x(t)$, $y(t)$ (рис. 1, 2).

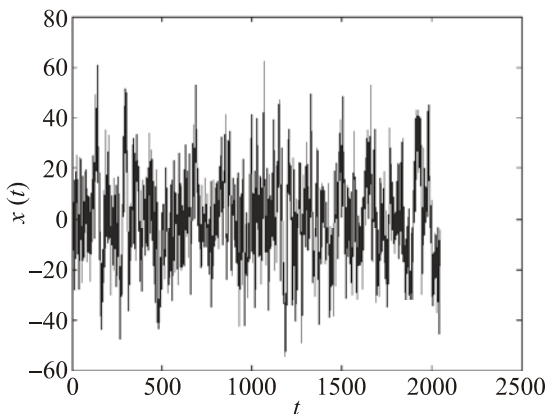


Рис. 1. Ряд вхідних даних $x(t)$ із заданою автокореляційною функцією

За допомогою розробленого алгоритму розраховуємо взаємно кореляційну функцію та порівнюємо її із теоретичною (рис. 3). Отримані результати підтверджують можливість використання програмної реалізації рівняння Вінера—Хопфа для ідентифікації реальних даних.

За допомогою розробленого алгоритму розраховуємо взаємно кореляційну функцію та порівнюємо її із теоретичною (рис. 3). Отримані результати підтверджують можливість використання програмної реалізації рівняння Вінера—Хопфа для ідентифікації реальних даних.

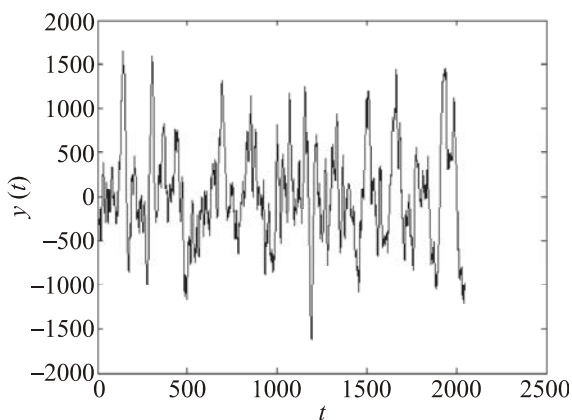


Рис. 2. Ряд вихідних даних $y(t)$
із заданою імпульсною характеристикою

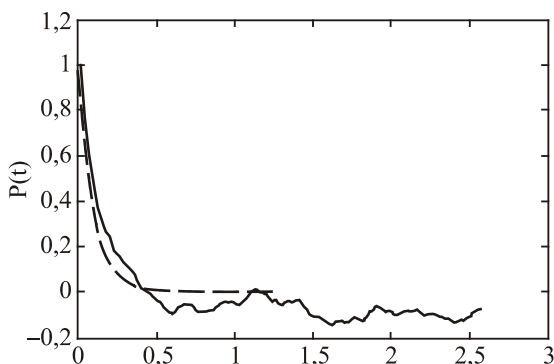


Рис. 3. Теоретична (пунктирна лінія) та емпірична (неперервна лінія)
взаємно кореляційна функція для $x(t)$ та $y(t)$

Звернемось до ринку валюти. Маємо динамічну систему, внутрішні характеристики якої є невідомими. Відповідно до положень економічної теорії валютний ринок Forex є динамічною моделлю з ідеальною конкуренцією:

- ринок не регулюється адміністративно;
- ціни визначаються виключно попитом та пропозицією;
- система Forex є цілодобовою та всесвітньою;
- кількість учасників та укладених угод є необмеженою та найбільшою у світі.

За цих умов курс валюти визначається виключно попитом та пропозицією на гроші. Узагальнююча дія цих важелів відбива-

ється в обсязі продажу за одиницю часу, котрий розраховується в лотах. На Forex один лот дорівнює 100 000 і специфікується в грошових одиницях валюти країни, що знаходиться у знаменнику (базової валюти). Відповідно до викладених міркувань, інтегральне рівняння згортки для моделювання динаміки валютного ринку набуває наступного змісту:

$$y(t) = \int_0^t x(\tau)h(t-\tau)d\tau, \quad (11)$$

де $y(t)$ — обмінний курс, $x(t-\tau)$ — об'єм продажу в моменти часу включно із значенням в точці $t=\tau$. Імпульсна перехідна функція $h(\tau)$ відбиває реакцію системи на одиничну зміну грошової пропозиції на вході. Рівняння (11) дозволяє врахувати пам'ять ринку за τ періодів минулого.

Маємо динамічну економічну систему «об'єм продажу-валютний курс». Для моделювання динаміки цієї системи визначаємо імпульсну характеристику відповідно до розробленого алгоритму.

В якості вихідної інформації використаємо ряд згрупованих по днях щохвилинних прямих котирувань євро/долар США та відповідних обсягів продажу (рис. 4).

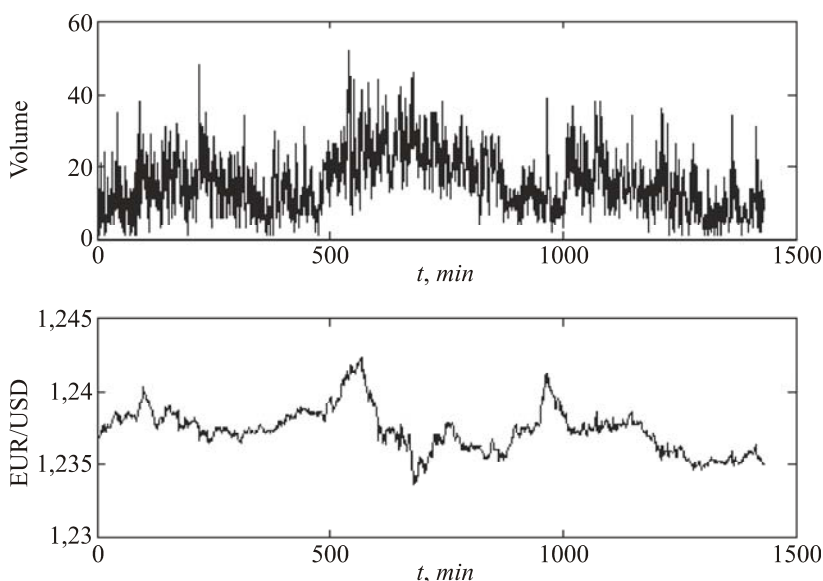


Рис. 4. Обсяг продажу та відповідний курс євро/долар США за один день тижня

За допомогою описаного алгоритму визначаємо взаємно та автокореляційні функції системи, її імпульсну характеристику (рис. 5), (рис. 6). Використовуючи алгоритм згортки, відновлюємо вихідний сигнал — обмінний курс євро/долар США та порівнюємо з фактичними даними (рис. 7).

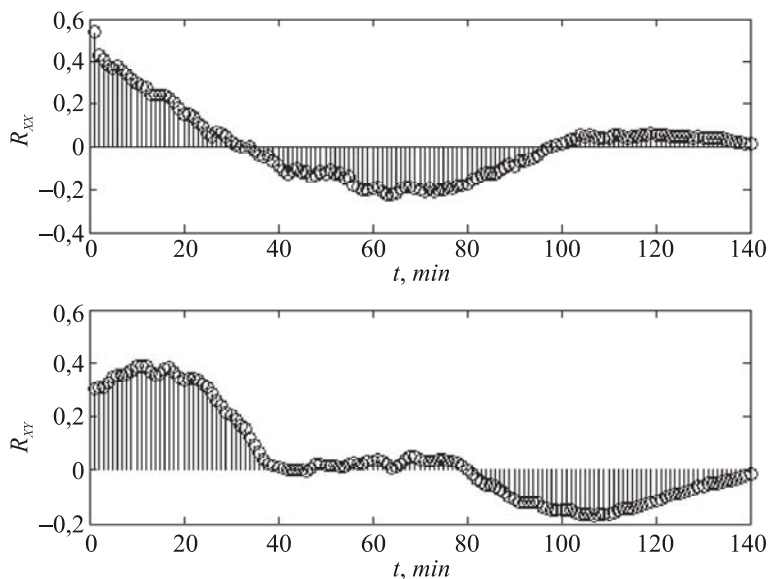


Рис. 5. Автокореляційна ($R_{XX}(t)$) та взаємно кореляційна ($R_{XY}(t)$) функції системи «обсяг продажу — курс євро/долар США»

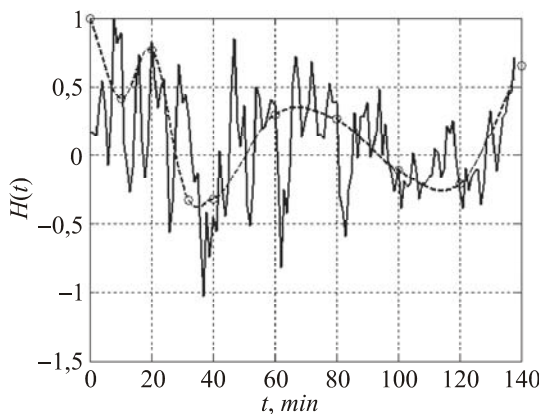


Рис. 6. Імпульсна характеристика системи ($H(t)$)

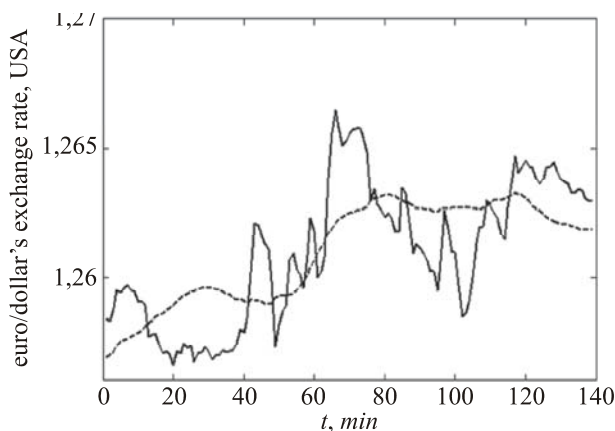


Рис. 7. Відновлений ряд обмінного курсу євро/долар США (пунктирна лінія) та фактичні дані (неперервна лінія)

На основі отриманих результатів робимо висновок, що залежність обмінного курсу євро/долар США від обсягу продажу визначається імпульсною характеристикою. Для її адекватної оцінки доцільним є використання інтегрального рівняння Вінера—Хопфа. Описаний алгоритм справедливий для систем, які задовольняють таким умовам:

— стаціонарність, тобто форма її реакції на довільну вхідну послідовність не залежить від вибору початку відліку часу;

— лінійність (вихідна реакція на лінійну комбінацію вхідних послідовностей співпадає з лінійною комбінацією вихідних реакцій на кожну окрему вхідну послідовність);

— причинну обумовленість (значення вихідного ряду у довільний момент часу залежить від значень вхідного ряду у більш ранні моменти часу до поточного моменту включно).

Обчислення імпульсної характеристики дозволяє визначати реакцію валютного ринку на відповідний вплив у вигляді зростання або зменшення пропозиції грошей, а, отже, формувати стратегію управління валютними позиціями.

Література

1. Вахненко Т. Визначальні фактори формування обмінних курсів // Вісник НБУ — 2004 — № 8. — С. 31—37.
2. Мерфи Дж. Технический анализ фьючерсных рынков: теория и практика. — М.: Диаграмма, 2000. — 592 с.

3. Якимкин В. Н. Финансовый дилинг. Книга 1. — М.: ИКФ Омега-Л, 2001. — 496 с.
4. Швагер Дж. Технический анализ: Полный курс. — М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. — 806 с.
5. Пермяков А. Фундаментальная сторона рынка // Валютный спекулянт. — 2000. — № 4. — С. 62—65.
6. Смирнов А., Гизатулин А. Новый метод сглаживания ценовых графиков // Валютный спекулянт. — 2002. — № 12. — С. 38—40.
7. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. — М.: Мир, 2000. — 333 с.
8. Кравчук В. Новый адаптивный метод следования за тенденцией и рыночными циклами // Валютный спекулянт. — 2002. — № 12. — С. 48—53.
9. Доровской В. А., Шелевицкий И. В. Оперативный сплайн прогноз валютных курсов // Придніпровський науковий вісник. — Дніпропетровськ, 1998. — № 129. — С. 72—83.
10. Гроп Д. Методы идентификации систем. — М.: Мир, 1979. — 302 с.
11. Солонина А. И., Уласович Д. А., Арбузов С. М., Соловьева Е. Б. Основы цифровой обработки сигналов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 768 с.
12. Шелевицький І. В. Методи та засоби сплайн-технології обробки сигналів складної форми: Наукове видання. — Кривий Ріг: Європейський університет, 2002. — 304 с.

Стаття надійшла до редакції 22.02.2008

УДК 519.86

В. П. Городнов, д-р війс. наук,
професор Академії внутрішніх військ
Міністерства внутрішніх справ України,
І. М. Ткач, ад'юнкт,
Національної академії оборони України

МІКРОЕКОНОМІЧНА МОДЕЛЬ $ML / M / N / M$ ВИМОГ З ОЧІКУВАННЯМ

АНОТАЦІЯ. Знайдено аналітичний опис фінальних імовірностей станів багатоканальної системи масового обслуговування з m місць для чекання з неординарним вхідним потоком вимог. Коректність аналітичних виразів перевірена шляхом їхнього виродження у відомі формули для аналогічної системи з найпростішим вхідним потоком.

Ключові слова: обслуговування, потоки, математичне очікування, система.

ANNOTATION. The analytic description of states final probabilities for multi-channel queue system model with m places for waiting and unordinary entry aspirations stream is deduced. An analytic formula correctness is verified by the way of their transition into known formulas for similar system in the case of unordinary entrance stream degenerates into simple stream.

Keywords: services, streams, expected value, system.

1. Загальна постановка проблеми. Робота багатьох мікро-економічних систем (підприємств, систем зв'язку, банківських і інших установ) пов'язана з наперед невідомими моментами надходження замовлень, покупців, клієнтів і т. п., кожний з яких для конкретної системи є вимогою на обслуговування. Якщо у момент надходження вимоги всі «прилади» обслуговування (менеджери по роботі з клієнтами на підприємстві або в банківській установі, лінії зв'язку на АТС і ін.) зайняті, то вимога може стати в чергу і почекати початки свого обслуговування. Інтервали часу Δt між вимогами і тривалість обслуговування T_p випадкові, мають математичне очікування $M[\Delta t] = I^{-1}$, $M[T_p] = \mu^{-1}$ відповідно і задовольняють умовам теореми А. Я. Хинчина [1] про формування найпростішого потоку подій. Математичне очікування числа подій потоку в одиницю часу називається [1] інтенсивністю (I).

У ряді випадків вхідний потік може включати групи вимог із наперед невідомим складом. Так, на автозаправну станцію можуть поступати групи автомобілів з автоколон, у ресторан на автовокзалі відвідувачі можуть приходити групами в моменти прибуття автотранспорту і т. п. Такий потік називається неординарним. Оцінка вірогідності станів систем масового обслуговування неординарного вхідного потоку вимог вважається можливою лише чисельними методами для конкретної структури потоку. Аналітичний опис фінальної вірогідності системи з неординарним вхідним потоком отриманий тільки для систем обслуговування з відмовами [2], що робить проблему аналітичного опису фінальної вірогідності для систем $M_L/M/n/m$ актуальною.

2. Аналіз останніх досягнень і публікацій. Справжня робота спирається на систему наступних відомих [1, 4] тверджень про властивості неординарного потоку. Загальним стаціонарним потоком без післядії називається стаціонарний потік моментів часу надходження груп подій, який також є найпростішим. Неординарний потік включає групи по i подій ($i = 1, 2, \dots$) в групі i може бути визначений шляхом завдання закону розподілу вірогідності (a_i) надходження груп у складі рівно i подій у черговій групі. Тоді параметр потоку (частота появи груп подій), позначимо цю величину символом λ , виявиться менше інтенсивності потоку

($\lambda < I$). Для випадкових інтервалів часу між групами подій у такому потоці зберігається справедливність граничної теореми А. Я. Хинчина [1] і форма показового розподілу інтервалів часу [3], але вже з параметром λ :

$$f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}, \quad t > 0.$$

Для неординарних стаціонарних потоків без післядії інтенсивність потоку завжди більше його параметра ($I > \lambda$).

3. Невирішені проблеми і мета роботи. Кожному значенню вектора вірогідності (a_i) надходження груп вимог відповідає своя чисельна модель обслуговування неординарного потоку. Така модель вимагає значного часу для досліджень і не дозволяє вирішувати задачі прогнозу і управління роботою мікроекономічних систем у реальному масштабі часу. Тому невирішена проблема аналітичного опису фінальної вірогідності моделі багатоканальної системи масового обслуговування груп вимог з очікуванням ($ML/M/n/m$) виявляється актуальною.

Метою роботи є отримання аналітичного опису фінальної вірогідності для загального випадку моделі багатоканальної системи масового обслуговування груп вимог з очікуванням $ML/M/n/m$ з довільною структурою вектора вірогідності (a_i) надходження груп вимог.

4. Основний матеріал.

4.1. Багатоканальна система $M/M/n/m$ обслуговування найпростішого потоку. При отриманні нового для теорії масового обслуговування наукового результату виникає необхідність перевірки його коректності. З цією метою в новому описі покладемо $a_1 = 1$, тобто подамо на вхід системи ординарний потік вимог. Якщо отриманий новий опис автоматично перетвориться у відоме, то новий результат можна буде вважати більш загальним і, можливо, коректним. Для забезпечення такої перевірки відзначимо, що фінальна вірогідність P_k станів S_k , відповідних наявності в системі рівно до вимог, для n -канальної системи обслуговування $M/M/n/m$ найпростішого (ординарного) вхідного потоку має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} P_k &= \frac{\rho^k}{k!} P_0, \quad 0 < k \leq n; \quad P_{n+\gamma} = \frac{\rho^n}{n!} \left(\frac{\rho}{n} \right)^\gamma P_0, \quad 1 \leq \gamma \leq m; \quad \rho = \frac{I}{\mu}; \\ P_0 &= \left(\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^n}{n!} \sum_{\gamma=1}^m \left(\frac{\rho}{n} \right)^\gamma \right)^{-1} = \left[\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{\frac{\rho}{n} - \left(\frac{\rho}{n} \right)^{m+1}}{1 - \frac{\rho}{n}} \right]^{-1}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

4.2. Модель n -канальної системи масового обслуговування потоку груп вимог з очікуванням ($ML/M/n/m$). Робота такої системи у складі n каналів (приладів) обслуговування і m місць для очікування пов'язана з надходженням груп вимог із наперед невідомим складом у випадкові моменти часу. Кожна група може містити рівно i вимог, потребуючих в індивідуальному обслуговуванні, тобто в наданні вимозі індивідуального каналу обслуговування, який (канал) буде зайнятий обслуговуванням цієї вимоги, в середньому $(1/\mu)$ часі.

Заявкою на обслуговування назвемо групу у складі i вимог, що поступили в систему обслуговування в один і той же момент часу (одночасно). Як правило, завжди існує розумна оцінка максимального можливого числа (L) вимог в одній заявці ($i \leq L$). Якщо у момент надходження заявки для деяких вимог не знайшлося вільних каналів обслуговування, то ці вимоги стають у чергу і чекають початку свого обслуговування одним з каналів, що звільнилися. Якщо вимога у момент надходження знайшла зайнятимі всі n каналів обслуговування і всі m місць для очікування, то ця вимога дістає відмову і покидає систему без обслуговування.

Взаємозв'язки між відзначеними характеристиками неординарного вхідного потоку заявок (груп вимог) і математичним очікуванням ($M_{mp.з}$) числа вимог у складі однієї заявки мають наступний вигляд:

$$M_{mp.з} = \sum_{i=1}^L i \times a_i; \quad \lambda = \frac{I}{M_{mp.з}}; \quad \lambda_i = \lambda \times a_i; \quad i = 1, 2, \dots, L.$$

Дана система має n приладів, обслуговує потік груп вимог (заявок) з параметром потоку груп λ . У системі є m місць для очікування. Загальний потік включає L парціальних потоків заявок з параметрами ($\lambda_1 = \lambda a_1, \lambda_2 = \lambda a_2, \dots, \lambda_L = \lambda a_L$). Заявки в одному парціальному потоці містять рівно i вимог ($i = 1, L$) у кожній заявці. Для загального випадку моделі вважатимемо, що $L \geq m$. При цьому для реального потоку з іншим складом достатньо покласти рівними нулю вірогідності ($a_i = 0$) появи заявок у складі рівно i вимог, якщо такі заявки в потоці відсутні.

Позначимо символом Sk ($0 \leq k \leq n+m$) стан, у якому в системі знаходиться рівно k вимог і побудуємо граф моделі процесу в такій системі обслуговування (рис. 1). На графі моделі у разі надходження одиночної вимоги слідує перехід у сусідній стан справа (див. на рис. 1 стрілки з позначенням частоти переходів λ_1). У разі надходження заявки з великим числом ($i > 1$) вимог слідує перескок управо через $(i-1)$ станів (див. на мал. 1 стрілки з по-

значенням частоти $\sum \lambda_i$), якщо в системі є достатня кількість вільних місць для очікування.

У разі недовіку вільних місць слідує перехід в останній стан S_{n+m} , при цьому частина вимог у заявці, для яких не виявиться вільних місць у черзі, отримають відмову і покинуть систему не обслуженими.

Інтенсивність потоку обслуговування (число обслуговуваних вимог в одиницю часу) для кожного стану визначається продуктивністю μ зайнятих каналів обслуговування. Якщо зайнято n каналів, то їх сумарна продуктивність рівна $n\mu$.

На графі моделі (рис. 1) можливий покроковий перехід з одного стану в будь-який інший стан за кінцеве число кроків. Тому при постійних інтенсивностях переходів у системі обслуговування можливий стаціонарний режим.

Задача полягає у визначенні аналітичних виразів для фінальної вірогідності P_k ($0 \leq k \leq n+m$) станів S_k , які (вірогідність) є вичерпною характеристикою процесу обслуговування і дозволяють отримати оцінки всіх показників ефективності процесу [3].

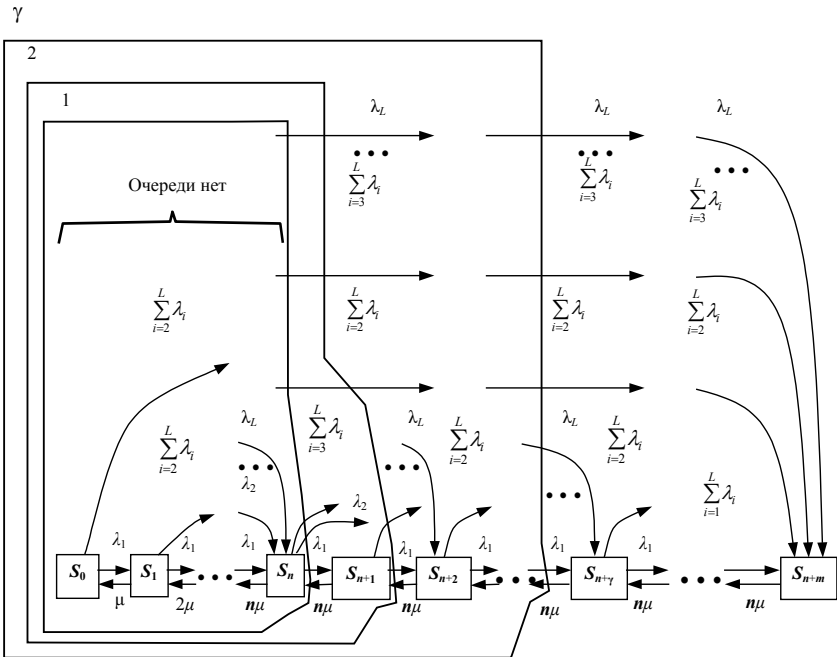


Рис. 1. Граф моделі процесу обслуговування неординарного вхідного потоку вимог в системі $ML/M/n/m$ з очікуванням

Рішення. Для фінальної вірогідності P_k станів S_k ($0 \leq k \leq n$) аналітичні вирази знайдені в [2] і мають вигляд:

$$P_k = \frac{\rho_0^k}{k!} P_0 f_k, \quad 0 \leq k \leq n, \quad (2)$$

де коефіцієнти (ρ_i , $0 \leq i < L$) завантаження системи частиною вхідного потоку заявок і функції неординарності f_k мають вигляд:

$$\rho_i = \begin{cases} \frac{1}{\mu} \sum_{j=1+i}^L \lambda_j, & \text{при } 0 \leq i < L; \\ 0, & \text{при } i \geq L. \end{cases} \quad (3)$$

$$f_0 = f_1 = 1; \quad f_k = f_{k-1} + \sum_{i=2}^k \left[f_{k-i} \frac{\rho_{i-1}}{\rho_0} \prod_{j=1}^{i-1} (k-j) \right], \quad k = 2, \dots, n. \quad (4)$$

Вирази фінальної вірогідності P_k , для $k > n$ шукатимемо у формі, близькій до формул (1), а саме у вигляді:

$$P_{n+\gamma} = \frac{\rho_0^n}{n!} \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma \cdot P_0 \cdot f_{n+\gamma}, \quad \gamma = \overline{1, m}. \quad (5)$$

Для висновку формул фінальної вірогідності P_k використаємо правило балансу потоків переходів [2] і складемо рівняння балансу для контурів на графі моделі (див. рис. 1), отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} \mu P_{n+1} &= \left(\sum_{i=1}^L \lambda_i \right) P_n + \left(\sum_{i=2}^L \lambda_i \right) P_{n-1} + \left(\sum_{i=3}^L \lambda_i \right) P_{n-2} + \dots + \left(\sum_{i=n+1}^L \lambda_i \right) P_0; \\ \mu P_{n+2} &= \left(\sum_{i=1}^L \lambda_i \right) P_{n+1} + \left(\sum_{i=2}^L \lambda_i \right) P_n + \left(\sum_{i=3}^L \lambda_i \right) P_{n-1} + \dots + \left(\sum_{i=n+2}^L \lambda_i \right) P_0; \\ &\dots \\ \mu P_{n+\gamma} &= \left(\sum_{i=1}^L \lambda_i \right) P_{n+\gamma-1} + \left(\sum_{i=2}^L \lambda_i \right) P_{n+\gamma-2} + \left(\sum_{i=3}^L \lambda_i \right) P_{n+\gamma-3} + \dots + \left(\sum_{i=n+2}^L \lambda_i \right) P_0. \end{aligned} \right\}$$

Далі оперуватимемо рівнянням для загального випадку контуру з номером γ на графі моделі (див. останнє рівняння для вірогідності $P_{n+\gamma}$). Розділимо ліву і праву частини останнього рівняння на величину μ продуктивності одного каналу, отримаємо:

$$nP_{n+\gamma} = \frac{1}{\mu} \left(\sum_{i=1}^L \lambda_i \right) P_{n+\gamma-1} + \frac{1}{\mu} \left(\sum_{i=2}^L \lambda_i \right) P_{n+\gamma-2} + \dots + \frac{1}{\mu} \left(\sum_{i=n+2}^L \lambda_i \right) P_0.$$

Потім скористаємося коефіцієнтами завантаження системи частиною вхідного потоку заявок (ρ_i , $0 \leq i < L$) і знайдемо рівняння для загального випадку:

$$nP_{n+\gamma} = \sum_{j=0}^{\gamma-2} \rho_j P_{(n+\gamma)-1-j} + \sum_{k=0}^n \rho_{(\gamma-1)+k} P_{n-k}, \quad 0 < \gamma \leq m. \quad (6)$$

Підставивши формули (5) для фінальної вірогідності P_k у рівняння (6), отримаємо:

$$\begin{aligned} n \frac{\rho_0^n}{n!} \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma P_0 f_{n+\gamma} &= \sum_{j=0}^{\gamma-2} \rho_j \frac{\rho_0^n}{n!} \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^{\gamma-1-j} P_0 f_{(n+\gamma)-1-j} + \\ &+ \sum_{k=0}^n \rho_{(\gamma-1)+k} \frac{\rho_0^{n-k}}{(n-k)!} P_0 f_{n-k}; \quad 0 < \gamma \leq m. \end{aligned}$$

Звідки остаточно знаходимо:

$$\begin{aligned} f_{n+\gamma} &= f_{(n+\gamma)-1} + \sum_{j=1}^{\gamma-2} \left[f_{(n+\gamma)-1-j} \cdot \frac{\rho_j}{\rho_0^{j+1}} \cdot n^j \right] + \\ &+ \frac{n^{\gamma-1} \cdot n!}{\rho_0^\gamma} \cdot \sum_{k=0}^n \left[f_{n-k} \cdot \frac{\rho_{(\gamma-1)+k}}{\rho_0^k \cdot (n-k)!} \right], \quad 0 < \gamma \leq m. \end{aligned} \quad (7)$$

Вираз (7) є рекурентним, зручним для швидких чисельних розрахунків. Так, явні аналітичні вирази функцій неординарності з формул (4) і (7) в окремому випадку системи $M3/M/n/5$ знаходимо:

$$\left. \begin{aligned} f_0 &= f_1 = 1; \quad f_k = f_{k-1} + f_{k-2} \frac{\rho_1}{\rho_0^2} (k-1) + f_{k-3} \frac{\rho_2}{\rho_0^3} (k-1) \cdot (k-2), \quad 1 < k \leq n; \\ f_{n+1} &= f_n + f_{n-1} \frac{\rho_1}{\rho_0^2} \cdot n + f_{n-2} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_0^3} \cdot n \cdot (n-1); \\ f_{n+\gamma} &= f_{n+\gamma-1} + f_{n+\gamma-2} \frac{\rho_1}{\rho_0^2} \cdot n + f_{n+\gamma-3} \cdot \frac{\rho_2}{\rho_0^3} \cdot n^2, \quad \gamma > 1. \end{aligned} \right\}$$

Вираз для вірогідності нульового стану знайдемо з умови нормування вірогідності, в яку підставимо формули (2) і (5), отримаємо:

$$\sum_{k=0}^{n+m} P_k = 1; \rightarrow \sum_{k=0}^n \frac{\rho_0^k}{k!} \cdot P_0 \cdot f_k + \sum_{\gamma=1}^m \frac{\rho_0^n}{n!} \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma \cdot P_0 \cdot f_{n+\gamma} = 1.$$

Винесемо загальний множник P_0 за дужки і знайдемо його значення:

$$P_0 = \left(\sum_{k=0}^n \frac{\rho_0^k}{k!} f_k + \frac{\rho_0^n}{n!} \cdot \sum_{\gamma=1}^m \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma f_{n+\gamma} \right)^{-1}.$$

Відзначимо, що в даному випадку «відмовними» є останні (L — 1) станів системи масового обслуговування, оскільки поява заявки у складі L вимог для цих станів приведе до обов'язкової відмови в обслуговуванні якоїсь частини вимог у цій заявці. Тому вірогідність обслуговування слід шукати із застосуванням виразу для математичного очікування числа зайнятих каналів обслуговування ($M_{зк}$) і абсолютної пропускнуєї спроможності (A) системи:

$$M_{зк} = n - \sum_{k=0}^{n-1} (n-k) P_k; \quad A = \mu M_{зк}; \quad P_{обс} = \frac{A}{I}; \quad P_{отк} = 1 - P_{обс}.$$

4.3. Перевірка коректності аналітичного опису моделі. Для перевірки коректності отриманого рішення знайдемо функції неординарності (f_k) при звироднілості неординарного вхідного потоку вимог у найпростіший. У цьому випадку параметри парціальних потоків заявок на обслуговування відразу двох і більш вимог виявляються рівними нулю ($\lambda_i = 0, i > 1$). Тоді з формул (1), (5) і (3) слідує ($\lambda_1 = I; \rho_0 = \rho; \rho_i = 0, i > 0$). Підставляючи значення ($\rho_i = 0, I > 0$) у формулу (4), з урахуванням рівності ($f_0 = 1$), знаходимо, що в правій частині залишається не рівним нулю тільки перший доданок:

$$f_k = f_{k-1} = 1; \quad k = 1, \dots, n.$$

Одночасно, у формулі (7) у першій сумі залишається не рівним нулю тільки перший доданок. У другій сумі всі доданки звертаються в нуль і формула (7) приймає вигляд:

$$f_{n+\gamma} = f_{n+\gamma-1} = 1; \quad \gamma = 1, \dots, m.$$

У результаті, вираз (5) для фінальної вірогідності P_k перетворюється в добре відомі формули (1), що свідчить на користь

коректності отриманих виразів (5) фінальної вірогідності і виразів (4) і (7) функцій неординарності для загального випадку обслуговування неординарного вхідного потоку вимог.

Задача вирішена.

4.4. Приклад. На автозаправній станції з $n=2$ приладами заправки оператори працюють 16 годин 30 днів у місяць і витрачають у середньому 4 хвилини ($T_{обс}$) на заправку автомобіля. Коefіцієнт рентабельності, що склався в цій сфері бізнесу, складає 10 % ($K_{рнт}$). Через місяць територія АЗС потрапляє в зону будівництва супермаркету і АЗС буде ліквідований. У цей місяць інтенсивність потоку водіїв, охочих заправити свій автомобіль, очікується в кількості 22 авт./год (I) з середньою вартістю (C_I) однієї заправки 60 грн. По досвіду, автомобілі, як правило, під'їжджають парами ($L=2$; $a_1=0$; $a_2=1$). До початку будівництва менеджер АЗС може обладнати місяця очікування автомобілів на заправку за ціною 5 тис. грн ($C_{1м}$) за місце з оплатою в кінці місяця з отриманого прибутку.

Необхідно знайти таку кількість обладнаних місць (m) для очікування автомобілів на заправку, яке забезпечило б максимальний місячний прибуток ($\Pi_{рб}$) для заданих умов неординарного вхідного потоку. Порівняти результати для випадку найпростішого вхідного потоку автомобілів.

Рішення. Початковими даними є перераховані величини: I , $T_{обс}$, C_I , $K_{рнт}$, $C_{1м}$, а також $Tr_{/мес} = 16 \times 30 = 480$ — кількість робочого годинника АЗС у місяць. Позначимо через $Dx_{1ч}$ і $\Pi p_{1ч}$ середній дохід і прибуток АЗС в годину і складемо формульну схему розрахунків:

$$1) \mu = \frac{60}{T_{обс}} = 15; \quad 2) a_1 = 0; a_2 = 1; \quad 3) M_{мр.з} = \sum_{i=1}^2 i \cdot a_i = 2;$$

$$5) \lambda_1 = a_1 \lambda = 0; \lambda_2 = a_2 \lambda = 11;$$

$$6) \rho_0 = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\mu} = 0,733; \quad \rho_1 = \frac{\lambda_2}{\mu} = 0,733; \quad \rho_3 = 0;$$

$$7) f_0 = f_1 = 1; \quad f_2 = f_1 + f_0 \frac{\rho_1}{\rho_0^2}; \quad f_{n+\gamma} = f_{n+\gamma-1} + f_{n+\gamma-2} \frac{\rho_1}{\rho_0^2} n, \quad \gamma > 0;$$

$$8) P_0 = \left(\sum_{k=0}^n \frac{\rho_0^k}{k!} f_k + \frac{\rho_0^n}{n!} \cdot \sum_{\gamma=1}^m \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma f_{n+\gamma} \right)^{-1}; \quad 9) P_k = \frac{\rho_0^k}{k!} P_0 f_k, \quad 0 \leq k \leq n;$$

$$10) P_{n+\gamma} = \frac{\rho_0^n}{n!} \left(\frac{\rho_0}{n} \right)^\gamma P_0 f_{n+\gamma}, \quad \gamma = \overline{1, m}; \quad 11) M_{зк} = n - \sum_{k=0}^n (n-k) P_k;$$

$$12) A = M_{зк} \cdot \mu; \quad 13) P_{обс} = \frac{A}{I}; \quad 14) N_{обс} = A \cdot T_{p/мес};$$

$$15) Dx_m = N_{обс} \cdot C_1;$$

$$16) Прб_m = Dx_m \cdot K_{пит} - m \cdot C_{1м}.$$

Результати розрахунків зведемо в табл. 1 і представимо на графіку рис. 2. Звідки витікає, що оптимальною для даних умов є організація двох місць для очікування.

Таблиця 1

**РЕЗУЛЬТАТИ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА МІСЦЬ
ДЛЯ ОЧІКУВАННЯ НА АЗС (МОДЕЛЬ М2/М2/М)
ЗА ІНФОРМАЦІЄЮ ДОХОДУ (ДХ) І ПРИБУТКУ (ПР), ГРН**

			$m =$	0	1	2	3	4
ρ_0	ρ_0^k	f_k	$\rho_0^k \cdot f_k / k!$	P_k	P_k	P_k	P_k	P_k
0	1	1	1	0,4221	0,3483	0,3041	0,2759	0,2563
1	0,733	1,000	0,733	0,3096	0,2554	0,2230	0,2023	0,1880
2	0,538	2,364	0,636	0,2683	0,2214	0,1933	0,1753	0,1629
3	0,394	5,091	0,502		0,1748	0,1527	0,1385	0,1287
4	0,289	11,537	0,417			0,1269	0,1151	0,1069
5	0,212	25,421	0,337				0,0930	0,0864
6	0,156	56,887	0,276					0,0709
Найпростіший потік			$M_{зк} =$	0,846	1,048		1,246	1,299
m	$M_{зк}$	Прибуток	$A =$	12,69	15,72	17,53	18,69	19,49
0	1,021	52 394	$DxIч =$	761,54	943,10	1051,80	1121,35	1169,45
1	1,200	56 537	$ПрIчас =$	76,15	94,31	105,18	112,14	116,94
2	1,294	56 375	$Пр/міс =$	43 407	53 756	59 952	63 917	66 658
3	1,350	54 256	Ви- трата =	0	5000	10 000	15 000	20 000
4	1,386	51 093	При- буток =	43 407	48 756	49 952	48 917	46 658

При цьому для найпростішого вхідного потоку автомобілів прибуток більше і оптимальна кількість обладнаних місць для очікування рівно одному.

Відзначимо, що в складніших випадках зниження ефективності роботи системи з неординарним вхідним потоком, щодо такої ж системи, але з найпростішим вхідним потоком може складати десятки відсотків при однаковій інтенсивності вхідного потоку.

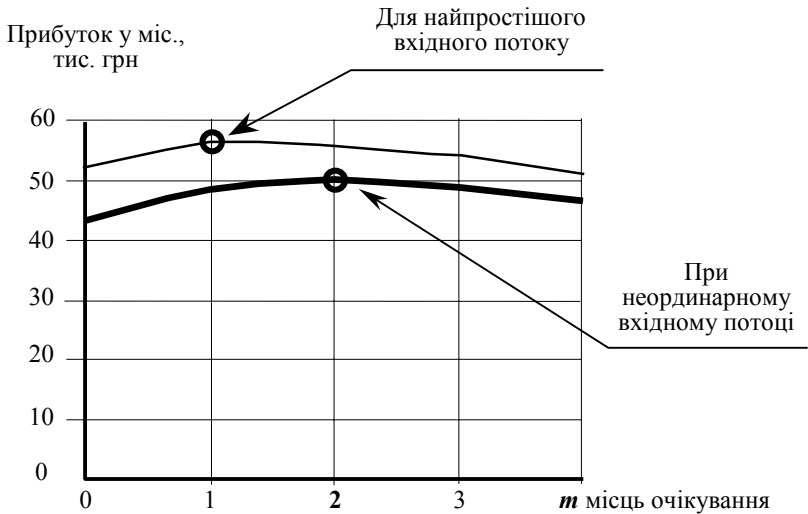


Рис. 2. Залежність прибутку АЗС у місяць з урахуванням витрат на організацію m місць для очікування

5. Висновки по результатах і напрями подальших досліджень. Отриманий аналітичний опис фінальної вірогідності мікроекономічної моделі багатоканальної системи масового обслуговування потоку груп вимог з очікуванням ($M_L/M/n/m$) є розширенням відомої моделі на випадок векторної структури вхідного потоку. На користь коректності знайденого опису свідчить його збіжність до відомого більш простого випадку обслуговування найпростішого потоку вимог. Наведений приклад наочно показує тенденцію зниження ефективності роботи системи обслуговування при появі груп вимог у вхідному потоці.

Надалі представляє інтерес оцінка асимптотичної зміни ефективності системи масового обслуговування при необмеженому збільшенні числа місць m для очікування.

Література

1. Хинчин А. Я. Работы по математической теории массового обслуживания / Под ред. Б. В. Гнеденко. — М.: Физматгиз, 1963. — 236 с.
2. Городнов В. П. Модель системы массового обслуживания с отказами и с неординарным входным потоком. — Вісник Харківського національного університету — № 733. — Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». Вип. 6. — 2006. — С. 92—105.
3. Городнов В. П. Вища математика (популярно, із прикладами): Підручник для студ. екон. спец. вищ. навч. закл. Нар. укр. акад. [Каф. математики та мат. моделювання] — Х.: НУА, 2005. — 384 с.
4. Вентцель Е. С. Исследование операций. — М.: Советское радио, 1972. — 552 с.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2007

УДК 519.83

П. І. Верченко, канд. фіз.-мат. наук, доц.,
М. Г. Ніколаєв, здобувач,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

АДАПТИВНА МОДЕЛЬ БІЗНЕС-ПЛАНУВАННЯ З УРАХУВАННЯМ РИЗИКУ

АНОТАЦІЯ. Розглянуто сучасні методики розробки бізнес-планів, описано їх основні недоліки. Запропоновано методологічний підхід до процесу бізнес-планування, що орієнтований на концепцію побудови та використання багатоцільової багатокритеріальної моделі та враховує суттєві недоліки існуючих підходів. Зокрема, дозволяє зменшити зовнішні та внутрішні ризики проекту на всіх етапах планування та в більшій мірі реалізувати існуючий потенціал бізнесу.

ANNOTATION. This article describes modern business-planning techniques and their main disadvantages. It is offered methodological approach to business planning process oriented to concept of creating and using multi-goaled and multi-criterion model which takes into consideration significant lacks in existing models. This approach allows decreasing external and internal project risks on all planning stages and improving the potential of existing business.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Бізнес-планування, стратегічні і оперативні плани, методика UNIDO, моделювання бізнесу, багатоцільовість і багатокритеріальність прийняття рішень, критерії оцінки внутрішніх та зовнішніх ризиків, адаптивна модель бізнес-планування.

Сучасна економічна ситуація в Україні диктує підприємствам необхідність застосовувати нові підходи до процесу бізнес-планування. З однієї сторони, на внутрішньому ринку значно посилюється конкуренція, змінюється філософія функціонування бізнесу, значно зростають виробничі витрати. До того ж, країна вже кілька років перебуває у стані політичної нестабільності, що вносить суттєві ризики в підприємницьку діяльність. З іншої сторони, завдяки вступу України до WTO (Світової організації торгівлі) та подальшої євроінтеграції, на внутрішній ринок потраплять висококонкурентні товари та послуги, зросте роль високотехнологічних виробництв, зміняться пріоритети споживачів. А тому для успішної підприємницької діяльності в подібних умовах від кожного підприємця, бізнесмена, менеджера ситуація вимагає постійного вдосконалення процесу бізнес-планування. Вони змушені шукати такі методи і моделі планування, які б забезпечили і максимальну ефективність, і допустимі ризики управлінських рішень.

На сьогодні розроблена низка рекомендацій щодо розробки бізнес-планів, зокрема методики ЄБРР, Goldman, Sachs & Co, Ernst & Young та ін. В Україні, як і в світі, єдиної нормативної методики розробки бізнес-планів не затверджено, проте найбільш відомою та застосовуваною є методика UNIDO оцінки інвестиційних проєктів (UNIDO — англ. United Nations Industrial Development Organization, міжнародна організація, яка займається розробкою стратегій економічного розвитку країн з перехідною економікою).

Методика UNIDO сформульована в публікаціях [1, 2, 3], де визначається такі розділи бізнес-плану:

1. Резюме;
2. Опис підприємства і галузі;
3. Характеристика продукції та послуг;
4. Маркетинг і збут продукції;
5. Виробничий план;
6. Організаційний план;
7. Фінансовий план;
8. Ризики та гарантії;
9. Додатки.

Фінансове планування за методикою UNIDO базується на даних маркетингових досліджень та застосовує метод дисконтування грошових потоків (DCF). Основними критеріями затвердження інвестиційних проєктів виступають показники NPV (чиста теперішня вартість), IRR (внутрішня норма дохідності), ROI (рен-

табельність інвестицій), РР (період окупності) та інші [4]. Оцінка ступеня ризиків проекту проводиться в основному методом аналізу чутливості основних показників до зміни зовнішніх та внутрішніх параметрів функціонування бізнесу.

На основі методики UNIDO створена серія програмних продуктів, зокрема пакети COMFAR, «Альт-Інвест», Business Plan PL для підготовки та реалізації процедур проведення техніко-економічних досліджень. Проте лідерство серед прикладних програм даного напрямку в Україні займає ППП «Project Expert», що дає змогу не лише аналізувати інвестиційні проекти, але й здійснювати бізнес-моделювання.

В. Н. Сліньков [5] визначає таку послідовність робіт для розробки бізнес-планів з використанням програми Project Expert (табл. 1).

Таблиця 1

Послідовність виконання робіт	Розділ бізнес-плану (згідно UNIDO)
1. Збір та аналіз інформації про продукцію та послуги	Розділ 3. Характеристика продукції та послуг
2. Збір та аналіз інформації про ринок збуту	Розділ 4. Маркетинг і збут продукції
3. Аналіз стану конкуренції на ринку збуту	Розділ 4. Маркетинг і збут продукції
4. Аналіз стану і можливостей підприємства та перспективності галузі	Розділ 2. Опис підприємства і галузі
5. Розробка стратегій маркетингу, товарної, цінової, збутової та комунікативної політики	Розділ 4. Маркетинг і збут продукції
6. Виявлення потреби і шляхів забезпечення площами, обладнанням, кадрами та іншими ресурсами	Розділ 5. Виробничий план
7. Розрахунок потреби у капіталі, виявлення затрат, аналіз та планування основних фінансових показників	Розділ 7. Фінансовий план
8. Виявлення джерел фінансування, направленості та масштабності проекту, розрахунок ефективності	Розділ 7. Фінансовий план
9. Розрахунок організаційної структури, правового забезпечення і графіку реалізації проекту.	Розділ 6. Організаційний план
10. Вирішення питання ризиків та гарантій	Розділ 8. Ризики та гарантії

До недоліків описаної процедури розробки бізнес-планів можна віднести її строго послідовну структуру, яка не дає змогу вирішити два ключові питання: пошуку раціональної стратегії розвитку бізнесу та ступеня допустимих ризиків на стадії розробки проекту.

Пошук інформації про продукти та послуги, аналіз ринку збуту, галузі і наявної конкуренції включаються у маркетингові дослідження, на основі яких формується загальна стратегія діяльності підприємства. Вона визначається в маркетинговій, товарній, комунікативній політиці та політиці збуту.

В той же час математичне моделювання в маркетингових дослідженнях вельми ускладнене. Це обумовлено насамперед:

- складністю об'єкту дослідження, нелінійністю маркетингових процесів, наявністю порогових ефектів, (наприклад, мінімального рівня стимулювання продажів), часових лагів (наприклад, реакція споживачів на рекламу часто не виникає одразу);

- ефектом взаємодії маркетингових змінних, які в більшій своїй частині взаємозалежні та взаємозв'язані, наприклад ціна, асортимент, якість, обсяг випуску;

- складністю вимірювання маркетингових змінних. Відносно важко виміряти реакцію споживачів на певні стимули, наприклад рекламу. Тому часто застосовуються непрямі методи (латентні показники), наприклад реєстрація випадків повернення товару для визначення правдивості реклами;

- нестійкістю маркетингових взаємозв'язків, обумовлених змінами смаків, звичок, оцінок тощо.

На практиці подібні чинники сприяють поширенню неформальних методів замість математичного моделювання, що вносить значну невизначеність та зумовлений нею ризик у затвердження стратегічних планів, який не враховується у вищезазначеній послідовній процедурі.

Формування планів щодо виробництва, персоналу, матеріально-технічного забезпечення, матеріальних запасів, ліквідності, рекламі та екології базується з одного боку на маркетингових стратегіях, а з іншого — на проведеному внутрішньому аудиті. Це, в свою чергу, може породжувати конфліктність, зокрема, між цілями акціонерів (власників) та менеджерів, особливо в кризових ситуаціях.

План інвестиційної діяльності базується на основі наявних фінансових ресурсів та часто не враховує потенційних джерел фінансування (зокрема, доходів від реалізації інвестиційних програм, від зростання вартості компанії, виникнення додаткових

об'єктів застави). В той же час, необгрунтованне залучення коштів може призвести до зниження рентабельності капіталу та зростання фінансової залежності компанії. Це часто трапляється, коли в процесі бізнес-планування не використаний існуючий потенціал підприємства.



Рис. 1. Процес бізнес-планування на підприємстві

Останній етап бізнес-планування — це аналіз ризиків проекту. Хоча на сьогодні розроблено достатньо методик оцінки ризикованості інвестицій (в основному банківськими та фінансовими установами, що займаються проектним фінансуванням), головна ціль даних методик — виявити ризики. У разі відхилення проекту, розробник бізнес-плану змушений проводити трудомісткий аналіз чинників ризику та пошук способів їх уникнення чи зниження, оскільки не в повній мірі використовуються інструменти управління ризиками проекту на стадії його розробки.

Врахування зазначених вище проблем досягається в запропонованому нами методологічному підході, що розглядає процес

бізнес-планування як багатоцільову багатокритеріальну (БЦ БК) задачу [7]. БЦ БК-підхід є універсальним, що дозволяє застосовувати його до будь-якої із методик щодо розробки бізнес-планів, зокрема і для методики UNIDO.

Реалізація цього підходу передбачає побудову адаптивного алгоритму та базується на чотирьох основних процедурах:

О проведення маркетингових досліджень та формування стратегічного плану функціонування підприємства з урахуванням існуючих потужностей;

О проведення аудиту підприємства та формування оперативного плану функціонування підприємства з урахуванням існуючих потужностей;

О аналіз ринків капіталів та майбутнього фінансово-економічного стану підприємства, прогнозування залучень фінансових ресурсів у короткостроковій перспективі;

О формування інвестиційного плану підприємства та плану введення нових виробничих потужностей у довгостроковій перспективі.

Для зручності відображення стратегічних і оперативних цілей, критеріїв оцінки підприємницьких ризиків та вибору узгоджених стратегій, доцільно скористатися інтерпретацією БЦ БК підходу до процесу бізнес-планування (рис. 2).

Для формулювання загальної постановки задачі бізнес-планування ведемо ідентифікатори основних елементів:

Θ_1 — множина станів економічного середовища для першого квадранту (зовнішнього середовища функціонування бізнесу);

S_1 — множина альтернативних рішень для першого квадранту (маркетингової політики підприємства);

Θ_2 — множина станів внутрішньофірмового середовища для другого квадранту (внутрішнє середовища функціонування бізнесу);

S_2 — множина альтернативних рішень для другого квадранту (виробничої політики підприємства);

Θ_3 — множина станів економічного середовища для третього квадранту (ринків капіталу);

S_3 — множина альтернативних рішень для третього квадранту (варіантів залучення додаткових фінансових ресурсів);

Θ_4 — множина станів внутрішньопроєктного середовища для четвертого квадранту (внутрішнє середовища реалізації інвестиційних проєктів);

S_4 — множина альтернативних рішень для четвертого квадранту (інвестиційної політики підприємства);

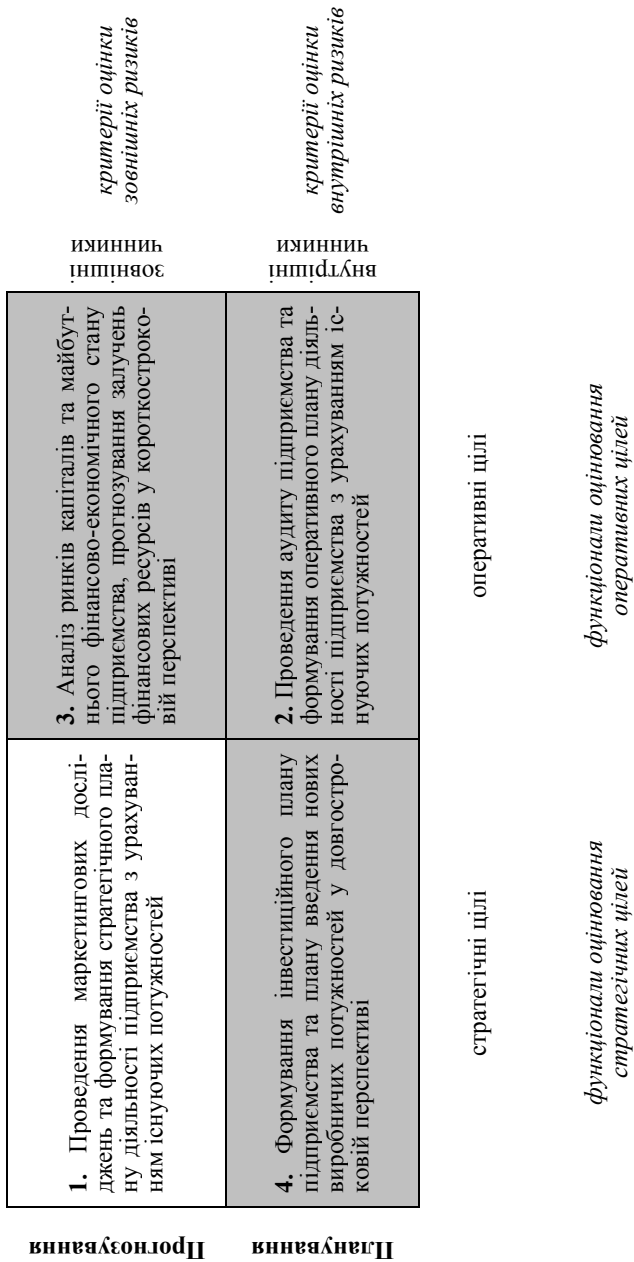


Рис. 2. Адаптивна процедура бізнес-планування

Загальна стратегія діяльності складається з чотирьох компонентів $\bar{s} = (s_1; s_2; s_3; s_4)$, де s_1 — маркетингова компонента, s_2 — виробнича компонента, s_3 — фінансова компонента, s_4 — інвестиційна компонента;

$f_q^{l_q}(s^q; \theta^q)$ — цільова функція для q -го квадранту (з позиції l_q -ї цілі $l_q = 1, \dots, L_q$ — загальна кількість цілей для q -го квадранту, $s^q \in S^q$, $\theta^q \in \Theta^q$;

$e^q = (e_{1q}^q, \dots, e_{Nq}^q)$ — множина локальних критеріїв оцінки ризиків для q -го квадранту.

Тоді кожній стратегії $s_k^q \in S_q$ ставить у відповідність вектор оцінювання $E_{l_q}^q(s_k^q) = (e_1^q(s_k^q), \dots, e_{Nq}^q(s_k^q))$, де $e_n^q(s_k^q) = e_n^q(f_q^{l_q}(s_k^q; \theta_j^q))$.

Введемо також до розгляду множину Λ , складові якої — вектори пріоритету об'єктів (інформаційних ситуацій, критеріїв якості стратегій цілей), що фігурують у процесі виокремлення компромісних багатоцільових багатокритеріальних стратегій.

Якщо через $(\mathcal{R}(s_k^q); \Lambda)$ позначити сукупну інформацію, що характеризує різні аспекти якості стратегії s_k^q та визначає важливість тієї чи іншої інформації для прийняття стратегії, то оптимальна (серед компромісних) стратегій має задовольняти умову:

$$\begin{aligned} & opt_{s_{k+1}^q} : E^q(opt_{s_{k+1}^q}, opt_{s_k^{q+1}}, opt_{s_k^{q+2}}, opt_{s_k^{q+3}}) = \\ & = opt_{s^q \in S^q} \{E^q(\mathcal{R}(\bar{s}_k^q); s_k^q, opt_{s_k^{q+1}}, opt_{s_k^{q+2}}, opt_{s_k^{q+3}}; F^q; \Lambda)\} \end{aligned}$$

де символом opt позначено відповідний оператор оптимізації з урахуванням стратегій, визначених на попередніх етапах.

Реалізація процедури бізнес-планування та пошуку оптимальних стратегій відбувається таким чином:

1. На першому етапі розробляються стратегічні плани на базі існуючих виробничих потужностей. Формально задача зводиться до БЦ БК-задачі з множиною Θ_1 та S_1 , де S_1 трактується як множина можливих *стратегій виживання*, цілями виступають стратегічні цілі підприємства, а критеріями — критерії оцінки зовнішніх ризиків. Зокрема, кожен стан економічного середовища визначається шістьма основними групами факторів [5]: економічними, політичними, соціально-демографічними, технологічними, конкурентними і географічними. У свою чергу, *стратегія виживання* включає в себе організаційний, ринковий, фінансовий, ви-

робничий, кадровий компоненти. Стратегічні цілі визначаються в таких ключових просторах:

- О вартість компанії;
- О положення на ринку;
- О виробничі потужності підприємства;
- О інновації, виявлення нових способів ведення бізнесу:
 - виробництво нових товарів;
 - вихід на нові ринки;
 - використання нових технологій;
 - використання нових способів організації виробництва;
- О соціальна відповідальність.

Невизначеність щодо стану економічного середовища є головним чинником зовнішніх (економічних) ризиків. До таких ризиків можна віднести ризики країни ризики, валютні та інфляційні ризики, ризики конкуренції, ризик невідповідності умовам державного регулювання та ін.

2. На другому етапі розробляються оперативні виробничі плани компанії на базі існуючих виробничих потужностей. Формалізовано задача зводиться до БЦ БК задачі з множиною Θ_2 та S_2 , де S_2 — множина можливих *стратегій виробництва*, цілями виступають оперативні цілі підприємства, критеріями — критерії оцінки внутрішніх ризиків. Внутрішньофірмовий стан підприємства визначається шістьма основними групами факторів [5]: кадровими, управлінськими, виробничими, фінансовими, маркетинговими і факторами організаційної культури. В свою чергу, *стратегія виробництва* включає в себе технологічний, матеріально-технічний, ресурсний, кадровий, бюджетний та обліковий компоненти. Оперативні цілі визначаються в таких ключових просторах:

- О дохідність (прибутковість);
- О продуктивність;
- О ресурси;
- О персонал (людські ресурси);
- О управлінські аспекти.

Конфліктність між факторами внутрішнього середовища, а відповідно і невизначеність його стану є головним чинником внутрішніх (виробничих) ризиків. До таких ризиків можна віднести операційний, технологічний, управлінський, транспортний та інші ризики.

3. На третьому етапі розробляється план залучення фінансових ресурсів у короткостроковій перспективі. Формалізовано задача зводиться до БЦ БК-задачі з множиною Θ_3 та S_3 , де S_3 — множина можливих *стратегій фінансування*, цілями виступають оперативні цілі підприємства, критеріями — критерії оцінки зов-

нішніх ризиків. Стан ринку капіталів складається з основних груп факторів, які доцільно розділяти за джерелами фінансування: кредитні та залучені ресурси. Зокрема, до перших відносяться фактори ринку банківських позик, до других — фактори фінансових ринків. *Стратегія фінансування* включає в себе організаційний, фінансовий, бюджетний та обліковий компоненти. Додатковою ціллю, окрім визначених в другому квадранті, виступає забезпечення заданої структури капіталу. Зовнішній ризик для третього квадранту виникає у сфері відносин підприємств з банками та іншими фінансовими інститутами.

4. На четвертому етапі розробляються стратегічна інвестиційна політика підприємства. Формалізовано задача зводиться до БЦ БК-задачі з множиною Θ_4 та S_4 , де S_4 — множина можливих *стратегій інвестування*, цілями виступають стратегічні цілі підприємства, а критеріями — критерії оцінки внутрішніх (інвестиційних) ризиків. У свою чергу, внутрішнє середовище інвестиційного проекту визначається взаємодією між наступними учасниками та зацікавленими сторонами проекту: власником, користувачем, головною організацією, командою з управління проектом, постачальниками. *Стратегія інвестування* включає в себе організаційний, технологічний, ресурсний, кадровий, інвестиційний, фінансовий та обліковий компоненти.

5. На п'ятому і наступних етапах процедура повторюється з врахуванням нововведених потужностей. Цикл завершується або у випадку, коли всі цілі підприємства досягнуті, або коли всі фінансові ресурси вичерпані.

Описаний БЦ БК-підхід до бізнес-планування дозволяє реалізувати такі ключові задачі. По-перше, для досягнення поставлених цілей спочатку використовується існуючий потенціал бізнесу, а лише після цього залучаються додаткові кошти. Це дозволяє звузити пошук оптимальних чи раціональних стратегій для кожного з квадрантів за рахунок багатокрокового процесу прийняття рішень та отримати загальний компромісний розв'язок. По-друге, на кожному етапі компромісні стратегії аналізуються з урахуванням ризиків, що на відміну від існуючих на даний час схем, дозволяє на ранніх стадіях розробки управляти ризиком проекту. По-третє, даний підхід дозволяє узгоджувати цілі проекту на різних рівнях ієрархії, зокрема, стратегічні цілі акціонерів та оперативні цілі менеджерів.

У цілому запропонований підхід є універсальним, оскільки його можна розглядати як розвиток та узагальнення існуючих процедур бізнес-планування. Водночас, для моделювання бізнес-

процесів за даним підходом необхідна його програмна реалізація, що б дозволила більш раціонально планувати інвестиційні проекти на короткострокову та довгострокову перспективу.

Література

1. Guidelines for Project Evaluation. — UNIDO (1993), <http://www.unido.org/doc/3411>.
2. Manual for Small Industrial Businesses: Project Design and Appraisal — UNIDO (1994), <http://www.unido.org/doc/3422> — 275 с.
3. Manual for the Preparation of Industrial Feasibility Studies. — UNIDO (1995), <http://www.unido.org/doc/3423> — 386 р.
4. *Шахназаров А. Г.* Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: 2-я ред. / Официальное издание Минфина РФ. — М.: ЭКОНОМИКА, 2000. — 421 с.
5. *В. Н. Сальников.* Бізнес-планування та організація фінансово-господарської діяльності підприємства: Навчальний посібник. — 3-е вид. доп. і випр. — К.: Альтера, 2006. — 520 с.
6. *Голубков Е. П.* Маркетинговые исследования: теория, методология и практика — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Финпресс, 2000. — 464 с.
7. *Верченко П. І.* Багатокритеріальність і динаміка економічного ризику (моделі та методи): Монографія. — К.: КНЕУ, 2006. — 272 с.

Стаття надійшла до редакції 12.05.2008

УДК:004.231:004.42:004.896

Г.Ф. Іванченко, канд. техн. наук, доц.,
С.Д. Потапенко, канд. екон. наук, доц.,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ МОВНИХ ІНТЕРФЕЙСІВ У СИСТЕМАХ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

АНОТАЦІЯ. Створення мовних інтерфейсів інформаційних комп'ютерних систем є сучасним напрямком наукових розробок у галузі систем штучного інтелекту. У статті розглядаються особливості реалізації комунікативних елементів у побудові мовних інтерфейсів зокрема елементів обробки текстової семантичної інформації.

Розробка прикладних систем ШІ потребує представлення текстових знань у вигляді складних об'єктів. Для ефективнішої реалізації відношення об'єктів пропонується використовувати бінарні дерева. Один із способів створення дерева представлений за допомогою структури, яка складається з факторів і аргументів створених шляхом обчислення.

Бінарне пошукове дерево будується за допомогою Visual Prolog. У статті наведено програму створення та зберігання текстового файлу на основі бінарного дерева.

ANNOTATION. Creation of linguistic interfaces of the informative computer systems is modern direction of scientific developments in industry of the intelligence systems. In the article the features of realization of communicative elements are examined in the construction of linguistic interfaces in particular elements of treatment of text semantic information.

Treatment at the AI natural language is a task the decision of which includes realization of the following basic functions: conduct of dialog, understanding and text processing, generation of initial reports.

Development of the application systems AI needs text knowledge representation as difficult objects (for example great numbers). For more effective realization of relation of objects it is suggested to use binary trees.

One of methods of creation of tree is represented by a structure which is folded with functions and arguments of created by the calculation..

A binary searching tree is built by Visual Prolog. Resulted program of creation of text file on the basis of binary tree and his storage.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. Природна мова, двійкові, бінарні дерева, системи штучного інтелекту, СШІ, предикат, збалансовані дерева, Visual Prolog (VP), алгоритм, стандартні предикати, файлова система сортування списків, множини, деревовидні структури, рекурсія.

Тенденції до мініатюризації обчислювальних систем призводять до пошуку інноваційних методів побудови інтерфейсів для управління ними. В останній час спостерігаємо розвиток таких підходів як активні дисплеї, бездротовий зв'язок та різноманітні комунікативні засоби. Найцікавішим, на нашу думку, є розвиток використання комунікативних елементів у побудові мовних інтерфейсів інформаційних комп'ютерних систем. Такі інтерфейси можуть бути націлені на використання природної мови, а отже використання подібних систем буде доступним широкому колу користувачів, що мають різний ступінь фахової підготовки та різний власний досвід із використання комп'ютерних технологій. Оскільки природна мова важко підлягає формалізації, то створення мовних інтерфейсів обов'язково повинно спиратись на інтелектуальну обробку семантичної інформації.

Речення природною мовою слід розглядати як твердження, що вимагає виконання певної дії або пошуку коректної відповіді системою на нього. Таким чином у системах штучного інтелекту речення це предикат, форму якого слід досліджувати та розвивати. Чим більше предикативних форм речень є у базі знань обчислювальної системи, тим точнішим та природно зручним буде спілкування користувача з нею. Як наслідок, керування обчислювальною системою може здійснюватись у вигляді спілкування природною мовою. В економічній галузі знань є актуальним створення подібних систем штучного інтелекту придатних до розв'язання складних економічних завдань або придатних до використання у вигляді інтерактивного помічника або консуль-

танта. Наприклад визначення типу та виконання бухгалтерського проведення спираючись лише на семантичний опис даного завдання.

У літературі, що присвячена дослідженню семантики природної мови спілкування, прийнято вважати, що будь яке речення містить у собі повідомлення, яке може бути віднесене до однієї з наступних трьох категорій [5]:

1) позаконтекстна інформація, що спирається винятково на значення слів, які використовуються в реченні;

2) контекстна інформація, що утворюється в результаті обчислення предиката в контексті реченні;

3) інформація що відображає мету і намір, визначає відношення до висловленого.

Обробка першого та третього типів повідомлень може бути застосована для реалізації самонавчання системи штучного інтелекту. Обробка другого типу — реалізація мовного інтерфейсу для управління системою під час вирішення фахових задач.

Як зазначається у [6], речення природної мови, що має визначену предикативну форму, цілком придатне до аналізу за допомогою семантичного словника мови і семантико-синтаксичної моделі речення.

Семантико-синтаксична модель речення дає змогу надати йому форму дерева зв'язків між відповідними лексемами. У семантичному словнику кожній з лексем дано тлумачення, що цілком визначає правило його використання. Оскільки використання дерев як структури даних у семантико-синтаксичній моделі речення є основним, то розглянемо детальніше питання побудови дерев, придатних для збереження семантичної текстової інформації та з'ясуємо особливості їх застосування.

Для ефективного реалізації відношення об'єктів використовують різні деревовидні структури. Частіше використовують двійкові, бінарні дерева. Елементи, розташовані у вершинах бінарного дерева, впорядковані відповідно до деякої ознаки. При цьому будь-який елемент лівого піддерева завжди менше кореневого елемента, а будь-який елемент правого піддерева завжди більше коріння. Коріння може бути даними любого типу, а піддерева повинні бути двійковими деревами.

Оброблення у СШП природної мови — це задача, вирішення якої включає реалізацію наступних основних функцій [3]: ведення діалогу, розуміння та обробка тексту, генерація вихідних повідомлень.

Успіх спілкування на природній мові, який може протікати або в текстовій, або мовній формі, значною мірою визначається наявністю необхідних знань у СШ. Спілкування не зводиться до простої передачі безлічі слів. Воно вимагає встановлення контексту діалогу, розуміння тексту, виявлення цілей користувача, генерації висловів тощо.

При реалізації функції розуміння висловів передбачають два етапи: аналіз і інтерпретацію [3]. На етапі аналізу виділяють поняття прикладної області, відображені у вхідному вислові, їх властивості і відносини. Інтерпретація полягає в зіставленні формалізованого вислову і знань, якими володіє система. Знання системи складається з баз: предметної, мовної, діалогової, користувачької та області знань системи про саму себе. Різні області визначають можливі інтерпретації вхідних висловів. Кінцева задача інтерпретації полягає у встановленні мети користувача.

Для визначення задач природної мови у просторі станів використовуємо граф, вершини якого відповідають ситуаціям (текстам), що зустрічаються в задачі, а вирішення задачі зводиться до пошуку шляху відповідного тексту в цьому графі.

Існує декілька способів представлення двійкових дерев у логічному програмуванні. Одним з прикладних рішень є визначення коріння головним функтором відповідного терма, а піддерева — його аргументами. Таке уявлення має низку недоліків. Тому що для кожної вершини дерева потрібен свій функтор. Це може привести до складностей, якщо вершини самі є структурними об'єктами.

Основна ідея представлення складних об'єктів класифікатора полягає в тому, щоб підтримувати збалансованість або наближену збалансованість дерева, з тим щоб уникнути згорнення його в список. Механізм балансування дерев гарантує відносно швидкий доступ до елементів довідкових даних, що є в дереві, та відповідає логарифмічному порядку часу доступу [2].

Двійкове дерево може бути добре збалансованим, якщо обидва його піддерева мають приблизно однакову глибину (або розмір) і самі збалансовані. Глибина збалансованого дерева приблизно рівна $\log_2(n)$, де n — число вершин дерева. Час, необхідний для пошуку, у створюваних відносинах пропорційний глибині дерева. Таким чином, у разі створення у системі двійкових текстових довідників час пошуку має порядок $\log_2(n)$. Логарифмічне зростання складності алгоритму, перевіряючого приналежність елементу множині — це певне досягнення порівняно зі списковим уявленням довідників у базах знань, оскільки в останньому

випадку ми маємо лінійне зростання складності із зростанням розміру множини [2].

Форма довідника прикладної СШІ залежить від тієї послідовності, в якій у нього записуються елементи даних. У кращому випадку ми одержуємо добре збалансовану та продуктивну структуру порядку $\log_2(n)$, у гіршому — продуктивність буде порядку n . Аналіз показує, що в середньому складність алгоритмів всередині зберігає порядок $\log_2(n)$ згідно припущення, що всі можливі вхідні послідовності рівноймовірні.

Важливо відзначити, що ефективність пошуку в бінарному дереві залежить від збалансованості дерева. Бінарне дерево вважається приблизно збалансованим, якщо для кожної вершини дерева два її піддерева містять приблизно однакове число елементів. Так, якщо збалансоване бінарне дерево містить $n = 2048$ чисел, то Visual Prolog (VP) виконає не більш $\log_2(n) + 1$ порівнянь, тобто 12. При пошуку в лінійному списку максимальне число порівнянь буде 2048. Тому важливо не допускати виродження бінарного дерева в список.

Частіше середня продуктивність виявляється ближче до кращого результату ніж до гіршого. Існують досить прості механізми, які підтримують хорошу збалансованість дерева, незалежно від вхідної послідовності, що формує дерево. Ці механізми гарантують продуктивність алгоритмів всередині. Один з цих механізмів двійково-трійкові дерева, а інший — AVL-довідники [2].

У двійково-трійковому (2—3) довіднику всі елементи даних зберігаються в листі і впорядковані зліва направо. Внутрішні вершини містять мітки, рівні мінімальним елементам тих або інших своїх піддерев, відповідно до наступних правил:

- якщо внутрішня вершина має два піддерева, то вона містить мінімальний елемент другого з них;
- якщо внутрішня вершина має три піддерева, то вона містить мінімальні елементи другого і третього піддерев.

Пошук елемента X у 2—3 довіднику починається з коріння й у напрямі самого нижнього рівня, керуючись при цьому мітками внутрішніх вершин дерева.

У пошукових деревах є можливість зберігати текстові дані таким чином, щоб їх можна швидко відшукати. З погляду користувача, сама структура дерева не несе інформації, дерево — це альтернатива індексованому списку або масиву. При проходженні звичайного дерева розглядається поточний вузол, а потім обидва його піддерева. Щоб знайти певне значення, розглядається кожний вузол всього дерева.

Використання бінарних дерев істотно підвищує ефективність пошуку елементів даних СШ в порівнянні із лінійними списками.

Відношення **належить**(X, D), дозволяє встановити, чи входить елемент X у бінарне дерево D засновано на наступних правилах:

- якщо X співпадає з корінням дерева D , то X входить у дерево;
- якщо X менше, ніж коріння дерева D , то виконати пошук X у лівому піддереві;
- якщо X більше, ніж коріння дерева D , то виконати пошук X у правому піддереві.

Предикат **більше**(X, Y) забезпечує порівняння елементів, що запам'ятовуються у вузлах дерева, і визначається при вирішенні задачі пошуку в конкретному дереві у вигляді $X > Y$.

Задача створення бінарного дерева $D1$ шляхом додавання елементу X до іншого бінарного дерева D може бути вирішена за допомогою предиката **дати** ($D, X, D1$). Правила додавання елементів у дерево наступні:

- додавання X до nil дає **дерево** (nil, X, nil);
- додавання X в дерево D з корінням X дає $D1 = D$;
- якщо коріння дерева більше X , то X додається в ліве піддерево, якщо X більше коріння, то X додається в праве піддерево.

Розглянуте відношення гарантує побудову збалансованого дерева. При його використанні необхідно стежити за тим, щоб список був неврегульованим, інакше побудоване дерево може виявитися виродженим. Відносини, що забезпечують побудову приблизно збалансованих дерев, розглядаються в [2].

Іншими словами, видалення листа X з дерева $D1$ рівносильне пошуку такого дерева D , додавання до якого елементу X дає дерево $D1$.

Якщо ж вимагається виконати видалення елементу на рівні коріння дерева, то задача ускладнюється. Основна проблема полягає в тому, що видалення кореневої вершини приводить до утворення «діри». В цьому випадку ліве і праве піддерева, що знаходяться нижче видаленого елементу, можуть бути втрачені. Щоб уникнути цього, діру, що утворилася, необхідно заповнити, зберігши впорядкованість дерева. Діру заповнюють найлівішим елементом з правого піддерева, або найправішим елементом з лівого піддерева.

У загальному випадку один із способів створення дерева — це вкладена структура з функторів і аргументів створена шляхом обчислення. На кожному кроці порожнє піддерево замінюється не порожнім у процесі уніфікації (зіставлення по аргументах).

Бінарне пошукове дерево будується на VP так, що дивлячись на будь-який вузол, можна передбачити, в якому з його вузлів знаходиться задане значення, це робить завдання відношення порядку між значеннями, таким як алфавітний або пронумерований порядок. Значення в лівому піддереві передують значенню в поточному вузлі, а в правому — слідує після значення в поточному вузлі.

Щоб побудувати дерево, потрібно почати з порожнього дерева і додавати до нього значення одне за одним. Процедура додавання значення така ж, як при пошуку: необхідно просто знайти місце, де це значення повинно знаходитися, і вставити його туди. Цей алгоритм полягає в наступному:

- якщо поточний вузол є порожнє дерево, то вставити в нього значення;
- інакше, порівняти значення, яке необхідно вставити, із значенням у поточному вузлі;
- вставити значення в ліве або праве піддерево, залежно від результату порівняння.

Створення дерева з одного вузла шляхом привласнення звичних даних тривіальне: **create_tree(N , tree(N , empty, empty))**.

Тут розуміємо: «Якщо N — дане, то tree(N , empty, empty) — це дерево з одного вузла, що містить його».

Наступна процедура будує структуру дерева. Вона вставляє перше дерево як ліве піддерево в друге дерево, і результат цього привласнює третьому дереву:

insert_left(X , tree(A , _, B), tree(A , X , B)).

У цій пропозиції немає тіла, тобто немає чітких кроків при його виконанні. VP з'єднує аргументи один з одним у відповідному порядку.

Після того, як дерево побудовано, можна легко переставити всі його елементи в алфавітному порядку.

Сортування наступних один за одним значень можна виконати, вставляючи їх у дерево, а потім переставляючи їх по порядку.

Вставка і перестановка для n значень займають час, пропорційний $\log_2(n)$, причому це повинно бути виконане n раз. Це найшвидший алгоритм сортування, відомий на сьогодні для використання в базах знань.

Програма застосовує описаний спосіб для розстановки символічних значень за абеткою. В ній використовуються деякі стандартні предикати з файлової системи VP. При передачі файлу з входу

або на вихід потрібно системі надати інформацію про файл та застосувати `writedevise`, та `readdevise` предикати.

```
domains
treetype = tree(string, treetype, treetype); empty
file = infile; outfile
predicates
main
read_input(treetype)
read_input_aux(treetype, treetype)
insert(string, treetype, treetype)
write_output(treetype)
clauses
main : - write(«Visual Prolog »),nl, write(«File to
read: «), readln(In),nl,
openread(infile, In), write(«File to write: «), readln
(Out), nl, openwrite(outfile,Out),
readdevise(infile), read_input(Tree), writ-
edevise(outfile), write_output(Tree),
closefile(infile), closefile(outfile). read_input
(Tree):-read_input_aux(empty, Tree).
read_input_aux(Tree, NewTree):- readln(S), !, insert
(S, Tree, Treel),
read_input_aux(Treel, NewTree). read_input_aux(Tree,
Tree).
insert(Newltem, empty, tree(Newltem,empty,empty)):-!.
insert(Newltem,tree(Element,Left,Right),
tree(Element,NewLeft, Right)):-
Newltem < Element,!, insert(Newltem, Left, NewLeft).
insert(Newltem,tree(Element,Left,Right),
tree(Element,Left,NewRight)):- insert(Newltem, Right,
NewRight).
write_output(empty).
write_output(tree(Item,Left,Right)):-
write_output(Left), write(Item), nl,
write_output(Right).
goal
main,nl.
```

Приклад створення бінарного текстового дерева наведено в табл. 1.

Програма використовує рекурсивну структуру даних для гіпертексту, в якому кожний окремий запис складається з кількох рядків тексту і покажчиків на інші записи. Кожний окремий запис може з'єднуватися з будь-яким іншим записом.

Для простоти використано записи, що складаються з одного рядка, і які мають покажчики тільки на єдиний інший запис.

ПРИКЛАД СТВОРЕННЯ БІНАРНОГО ТЕКСТОВОГО ДЕРЕВА

Оригінал тексту	Результат зберігання в бінарному пошуковому дереві
Наливаймо, браття, Та й повнії чаші, Щоб кулі минали, Щоб шаблі не брали Головоньки наші. Наливаймо, браття, Доки є ще сили, Доки до схід сонця, Сурма не сурмила. Бо козацька слава Кровію полита, Мічена кулями, Січена шаблями, Ще й сльозою вмита.	Бо козацька слава Головоньки наші. Доки є ще сили, Доки до схід сонця, Кровію полита, Мічена кулями, Наливаймо, браття, Наливаймо, браття, Січена шаблями, Сурма не сурмила. Та й повнії чаші, Ще й сльозою вмита. Щоб кулі минали, Щоб шаблі не брали

Висновок

- Погана збалансованість дерева призводить до деградації продуктивності алгоритмів, що працюють з довідником знань. У крайньому випадку, двійковий довідник вироджується в список.

- Процес вирішення задачі включає пошук у графі простору станів, при цьому, як правило, виникає проблема, як обробляти альтернативні шляхи пошуку.

- Логічні програми на VR реалізують деякі операції над графами, зокрема, сортування списків, роботу з множинами як деревовидними структурами, запис елементів даних у дерево, пошук даних у дереві, знаходження шляху в графі і т.п.

- У VR є два способи повторення виконання однієї і тієї ж пропозиції: через пошук з поверненням і через рекурсію. У разі невдачі програма повертається для пошуку нової порції даних і повторює пропозицію до тих пір, поки не закінчатся альтернативи пошуку.

- Сучасні програмні засоби, зокрема мови декларативного програмування, дозволяють ефективно реалізовувати семантичні словники та семантико-синтаксичні моделі речень природною мови людини, що дозволяє будувати мовні інтерфейси інформаційних комп'ютерних систем на відповідному та зручному для користувачів рівні.

Література

1. *Іванченко Г. Ф.* Інформаційна система підтримки прийняття рішень «SUPER FINANCE 2» // Науковий збірник «Моделювання та інформаційні системи в економіці», № 75. — К.: КНЕУ, 2007.
2. *Братко И.* Программирование на языке Пролог для систем искусственного интеллекта. — М.: Мир, 1990. — 560 с.
3. *Люгер Дж. Ф.* Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. — М.: Изд. дом «Вильямс», 2003. — 864 с.
4. *Адаменко А., Кучуков А.* Логическое программирование и Visual Prolog. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 992 с.
5. *Арутюнова Н. Д.* Предложение и его смысл. Логико-семантические проблемы. — М.: УРСС, 2007. — 384 с.
6. *Тузов В. А.* Компьютерная семантика русского языка. — СПб.: С.-Петербург. ун-т, 2004. — 397 с.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

УДК 303.094.7

В. К. Галіцин, д-р екон. наук,
завідувач кафедри,
С. Ф. Лазарева, канд. екон. наук, проф.,
кафедра інформаційного менеджменту,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

МОНІТОРИГ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМІ ІТ-МЕНЕДЖМЕНТУ

АНОТАЦІЯ. У статті розглянуто моніторинг інформаційних технологій як один із ключових процесів, без здійснення якого ефективне управління ІТ-активами неможливе.

ANNOTATION. In this article monitoring of information technologies is reviewed as one of the key processes and without performing it effective management of IT assets is impossible.

КЛЮЧОВІ СЛОВА. ІТ-менеджмент, інформаційні процеси, моніторинг ІТ, управління моніторингом ІТ.

У глобальній економіці ХХІ ст. істотно значущою конкурентною перевагою стають не просто інформаційні технології, а їх уміле й раціональне використання в управлінській та виробничій діяльності.

Інформаційні технології (ІТ) стали головним рушієм економічного розвитку і украй важливим фактором успішної роботи, відкриваючи нові можливості одержання конкурентних переваг і підвищення продуктивності діяльності.

Разом із кількісним зростанням ІТ-систем зростає їх складність, підвищується рівень їх інтелектуалізації, збільшуються вимоги до надійності й доступності. Тому нині пильна увага ІТ-фахівців прикута до проблеми ефективного управління ІТ-інфраструктурою. За прогнозом Gartner, якщо з 1 січня 2005 року взагалі не буде приділятися увага управлінню ІТ-інфраструктурою, то до 1 січня 2009 року близько 50 % усього населення США має працювати системними адміністраторами, тому що саме такою буде потреба в ресурсах по адмініструванню ІТ-систем.

Результатом усвідомлення цього факту є інтенсивний розвиток ІТ-менеджменту як наукового напрямку, що акумулює у собі усі аспекти управління інформаційними, а точніше, інформаційно-комунікаційними технологіями.

В Україні також більшість ІТ-служб підприємств відчують нестачу ресурсів не тільки на впровадження нових ІТ-рішень, а й на підтримку та експлуатацію вже існуючих систем. Про це свідчить проблематика, обговорювана на з'їздах інформаційних менеджерів СІО (Chief Information Officer) України.

Оптимально побудована інформаційна інфраструктура дозволяє спростити процеси управління нею та знизити витрати, пов'язані із забезпеченням безперебійного її функціонування. Це, в свою чергу, дозволяє бізнесу піднятися до рівня, що відповідає провідним позиціям у галузі. При цьому інформаційна інфраструктура повинна не лише задовольняти поточні потреби і задачі, а й мати здатність легкої та безпроблемної адаптації до майбутніх потреб бізнесу за умови забезпечення безперебійного, передбачуваного функціонування всіх її складових.

В умовах стрімко зростаючої ролі ІТ-складової професійний підхід до управління та систематичне обстеження інформаційних технологій за міжнародними стандартами дозволяє компенсувати істотні недоліки в організації виробничих процесів.

Для створення ефективної системи управління і контролю за інформаційними технологіями дуже важливим є розробка ефективних методик з різних аспектів управління ІТ. В сучасних умовах вже розроблено різноманітні стандарти для ІТ-індустрії, наприклад, ISO, ITIL, COBIT і інші, які широко застосовуються у світовій, а в останні роки набувають поширення й у вітчизняній практиці, більше того, інтерес до них незмінно зростає. Всі вони

мають певні переваги і недоліки, перш за усе через функціональну спрямованість і специфічну область застосування, оскільки не розглядають проблему комплексно. Разом із тим саме комплексний підхід до вирішення такого об'ємного і багатогранного питання, як управління і контроль ІТ є найпривабливішим для будь-якого користувача. Зазначимо, що лише недавно в Україні почали з'являтися перші публікації з проблематики управління інформаційною інфраструктурою.

Як свідчить передовий світовий досвід, при проектуванні системи управління ІТ-інфраструктурою доцільно використовувати сервісний підхід, процесну модель ITIL і ті функціональні можливості, які пропонують виробники спеціального програмного забезпечення для автоматизації управління ІТ.

У цифровому світі управління й використання інформації, інформаційних систем і комунікацій мають вирішальне значення для успіху організації. Причини:

- зростаюча залежність від інформації, а також систем і комунікацій, які неї надають;
- масштаб і вартість справжніх і майбутніх інвестицій в інформацію;
- потенціал технологій, які радикально перетворюють організації й практику бізнесу, створюючи нові можливості й знижуючи витрати.

Безперечною є наявність потенційних вигод від використання технологій, але такі вигоди супроводжуються певним ризиком. Щоб досягти успіху, треба знати й контролювати ризики, пов'язані із впровадженням нових технологій. Отже, щоб забезпечити ефективні управління й адекватний контроль, необхідно уявляти собі вигоди, ризики й обмеження ІТ, а це можливе лише за наявності ефективної системи ІТ-менеджменту в організації.

Не зважаючи на те, що нині проблематика ІТ-менеджменту знаходиться на піку популярності, він залишається однією з найменш визначених сфер комп'ютерної галузі.

У даній статті ми не будемо зупинятися на аналізі різних точок зору на поняття ІТ-менеджменту. Наше бачення сутності та змісту ІТ-менеджменту викладено в роботах [11—16]. Розглянемо одну із ключових проблем ІТ-менеджменту — управління і моніторинг інформаційних технологій. Почнемо зі спроби визначити об'єкт управління.

За логікою, об'єктом управління ІТ-менеджменту є інформаційні технології. Разом із тим, відомо, що термін «інформаційні технології» не є однозначним. Залежно від того, про який аспект

йдеться (операції, організація, складові тощо), у визначенні акцентують саме на ньому.

Часто з ІТ-менеджментом пов'язують проблему управління усією інформаційною інфраструктурою (або ІТ-інфраструктурою). Поняття ІТ-інфраструктури, як і багато інших понять зі сфери інформаційних технологій, також не є однозначним. Усе залежить від точки зору, з якої воно розглядається. Зокрема, у професійному середовищі ІТ-фахівців до ІТ-інфраструктури відносять базові засоби ІТ, у першу чергу — комунікаційні і на додаток до них засоби зберігання й обробки даних, спільні для різних функціональних областей. Наприклад, центри зберігання й обробки даних, системи забезпечення інформаційної безпеки, системи забезпечення роботи локальних і глобальних мереж, засоби резервування й відновлення програмно-технічних комплексів. У такому трактуванні ІТ-інфраструктура розглядається у вузькому значенні як інфраструктура щодо інших ІТ-ресурсів — прикладних систем і підсистем.

З погляду бізнесу ІТ-інфраструктура — це частина організації, що забезпечує її функціонування за допомогою надання інформаційно-комунікаційних ресурсів різних видів, доступних у різних точках (бізнес-процесах). У цьому значенні ІТ-інфраструктура розглядається як інфраструктура щодо інших частин бізнесу організації: її людей, виробничих центрів, виробничих технологій, клієнтів, партнерів.

З погляду ефективного управління ІТ-інфраструктурою корисніше розглядати друге трактування. Разом із тим слід враховувати, що нині посилюються тенденції «вростання» ІТ у бізнес:

1) ІТ безпосередньо входять у сучасні базові технології виробництва так, що виділити їх практично неможливо (характерний приклад, телекомунікаційна компанія, або АСУ ТП багатьох виробництв),

2) в основних процесах традиційного ланцюжка створення доданої вартості відбувається те ж саме (ІТ — невід'ємна частина автоматизованого складу),

3) у допоміжних процесах, перш за все, у процесах управління на різних рівнях, ІТ стають невід'ємною частиною бізнесу.

Очевидно, що згодом таке трактування також стане неповним й згодом усе більше хибним, якщо не враховувати різний і зростаючий ступінь інтеграції інформаційних технологій з основною діяльністю сучасної організації.

Часто в спеціальній літературі, розглядаючи об'єкт управління в ІТ-менеджменті, говорять про ефективне управління ІТ-ресурс-

сами. Але звичайно не про операційне управління, що здійснюють технічні адміністратори («системні», «мережні», АБД), а про управління ІТ-ресурсами, що відоме під назвою ІТ Governance.

В узагальненому значенні до ІТ-ресурсів належать: персонал, програмні компоненти різних типів, апаратура, бази даних, інструкції й регламенти роботи із застосуванням ІТ, мережі, ІТ-архітектура як частина комплексної Архітектури підприємства.

Задачею ІТ-менеджменту є управління, з одного боку, розвитком і застосуванням ІТ-ресурсів кожного із зазначених типів, з іншого, — управління всіма ними у єдиному взаємозалежному комплексі.

До сфери комплексного управління ІТ-ресурсами відносять:

- управління темпом розвитку ІТ для надання бізнесу ІТ-послуг (нових і існуючих) вчасно, з належною якістю й за адекватних витрат,

- управління інвестиціями в ІТ (включаючи програмно-цільове управління, «управління за результатами»),

- поєднання проектного управління (що вимагає концентрації на результатах у сполученні зі строками й іншими ресурсами, потрібними для їхнього одержання) і процесного управління ІТ (наприклад, поточний супровід),

- управління вибором, створенням і застосуванням типових ІТ-рішень у великих холдингах,

- розвиток ІТ-кадрів, включаючи розвиток структури фахівців з розробки й по супроводу систем в адекватному обсязі й у сучасному напрямку,

- управління сорсингом (включаючи ко-сорсинг), і багато чого іншого, включаючи управління всіма цими й іншими аспектами в комплексі.

Слід зазначити, що ресурсний підхід до управління розвиває концепція Архітектури підприємства (Enterprise Architecture), зокрема, у її складі — ІТ-архітектури, згідно з якою кожна організація індивідуально визначає те, до яких цілей в архітектурі ІТ у цілому варто прагнути і якими кроками планувати розвиток архітектури.

Для ефективного управління ІТ-ресурсами ІТ-директор повинен використовувати кілька підходів до управління, вибираючи той, котрий найбільш адекватний сучасному моменту і особливостям бізнес-задачі. У ці підходи, зокрема, входять:

- різне за характером управління ІТ-ресурсами й на різних стадіях життєвого циклу підприємства: стратегічне планування

бізнесу, тактичне планування бізнесу, плановий супровід бізнес-процесів, екстремальне реагування,

- управління на основі стратегічних і тактичних планів розвитку ІТ із застосуванням моделей ефективності й результативності ІТ,

- управління ІТ-ресурсами на основі природних циклів інвестування в ІТ за правилами управління в умовах дефіциту ресурсів (управління на основі реагування на зростання збитків через дефіцит ІТ-ресурсів),

- управління залежно від ступеня входження ІТ у базові технології виробництва (є базовою технологією, є її важливою частиною, знижує загальні транзакційні витрати, служить «засобами комфорту»). Більш докладно в доповіді розглядаються: управління балансом централізації/децентралізації управління ІТ за рахунок створення й застосування типових ІТ-рішень у розподілених бізнес-структурах (задачі й проблеми), перспективна мережно-центрична ІТ-архітектура й рух до неї на основі поступової зміни сприйняття ІТ бізнесом і характеру організації всього бізнесу.

Отже, нині ІТ-менеджмент ще не має належної усталеної теоретичної бази. Разом із тим вже накопичено достатній практичний досвід, що знайшов відображення в бібліотеках «кращих практик»¹.

Збором, систематизацією й оформленням передового досвіду управління ІТ у вигляді методологій, методик і стандартів займалися й продовжують займатися безліч як урядових, так і комерційних організацій. Серед найбільш відомих розробок варто згадати такі розробки, як Strategic Planning for MIS (McLean and Soden, 1977), Business Systems Planning (IBM, 1981), SISP (Lederer and Sethi, 1988). Strategic Alignment Model of the MIT90s Research Program (Henderson et al 1992), Strategic Grid (Cash et al 1998). Такі великі компанії, такі як Microsoft, IBM, WallMart, Siemens, UTC, а також, консалтингові компанії Gartner, Ernst&Yang,

¹ Краща практика — це сукупність методів, або методологія, що сприяє досягненню бажаного результату на підставі попереднього досвіду або досліджень. Ідея використання кращої практики застосовна в медицині, в адміністративному управлінні, при управлінні проектами, розробці й експлуатації програмного й апаратного забезпечення.

Кращі практики успішно поширюються в тих випадках, коли кимсь продемонстрований успіх і відповідний досвід можна запозичити. Разом із тим часто кращий досвід має слабе поширення навіть в окремо взятій організації. На думку представників організації American Productivity & Quality Center, усе пояснюється трьома причинами — нестачею знань про наявні кращі практики, не остатньою мотивацією для впровадження чужого досвіду, нестачею знань і вміння, щоб зробити це.

KPMG, PWC, Forrester Research і багато інших мають свої внутрішні стандарти, які, звичайно, не доступні для використання сторонніми організаціями.

Розробкою відкритих стандартів управління ІТ нині займаються: US General Accounting Office, IT Governance Institute, UK Office of Government Commerce, The Institute of Internal Auditors й багато інших.

Активну підтримку розвитку цього напрямку в менеджменті робив і продовжує робити уряд США, стурбований усе зростаючими витратами державних організацій на ІТ при не менш вражаючому росту негативних наслідків. У 1996 р. Конгресом США був прийнятий закон про реформу управління ІТ — так званий Акт Клінгера-Коена. Цей акт зобов'язав усі державні агентства фокусуватися на результатах, яких вони досягають, інвестуючи в ІТ. Він вимагав від керівництва кожного агентства побудови процесів, що гарантують максимізацію віддачі й мінімізацію ризиків від використання ІТ. Зокрема, цей Акт зробив посаду CIO (Chief Information Officer) обов'язковою для державних організацій США і визначив сферу відповідальності CIO. Інший Закон 2002 року — Акт Сарбейнса-Окслі (SOX, Sarbanes-Oxley Act) зобов'язує застосовувати рекомендовані методики організації управління й моніторингу процесів і результатів розвитку ІТ у реальному часі. Безліч інших урядових актів також пов'язують управління інформаційними технологіями з успіхом і безпекою підприємств.

Варто зазначити, що в останні роки набув неймовірної популярності й упевнено торує собі шлях підхід до побудови ІТ-менеджменту, в основі якого лежить термін «сервіс». Його застосовують у різних контекстах. Застосовно до інформаційних технологій, то під ІТ-сервісом розуміють сукупність послуг з боку ІТ-підрозділів іншим підрозділам підприємства. Засобами управління цим видом сервісів є IT Service Management (ITSM) і Business Service Management (BSM).

Сервіс-менеджмент інформаційних технологій (ITSM) — підхід до управління корпоративними ІТ-ресурсами, що визначається потребами бізнесу, націлений на кінцеві результати роботи корпорації і який дозволяє оцінити внесок ІТ-відділу в досягнення цих результатів.

Більшість адептів тих або інших приватних підходів до управління ІТ схильні до абсолютизації власних поглядів, але їм бракує системності. Розглянемо, кілька, що на нашу думку, заслуговують на увагу.

Хоча США є світовим лідером у розробці та впровадження інформаційних технологій у всі сфери життєдіяльності людини, найбільші досягнення у сфері ІТ-менеджменту належить європейцям, зокрема першою у справі впорядкування процесів управління ІТ була Великобританія, а продовжили справу голландці, з особливим успіхом — у компаніях Getronics і PinkRoccade [3]. Саме англійським агентством ССТА (Central Computer and Telecommunications Agency) у відповідь на вимоги, викликані необхідністю поставити ІТ у відповідність цілям і задачам бізнесу, була створена бібліотека ITIL (Information Technology Infrastructure Library), що нині набула чи не найбільшої популярності. Бібліотека ITIL організована як набір текстів, у яких визначені сервісні функції ІТ. Після створення ITIL в ССТА у середині 80-х років вона підтримується й розвивається базованою в Голландії неурядовою організацією EXIN (National Exam Institute for Informatics). Крім того, існує підтримка через IT Service Management Forum (itSMF). Нині вже маємо третє видання ITIL.

Крім ITIL є менш відомі споріднені бібліотеки кращих практик, зокрема, Business Information Systems Management Library (BISML), Application Services Library (ASL), Control Objectives for Information and Related Technologies (COBIT) та ін. На основі зазначених бібліотек розробляються міжнародні стандарти, що регламентують процеси ІТ-менеджменту в організації. Як приклад можна навести стандарт ISO 20000.

Багато університетів і приватних компаній розробляють власні методики менеджменту додатків. Серед них:

- Software Maintenance Management (SWM);
- Capability Maturity Model Integration (CMMI);
- Maintenance Assistant Capability for Software (MACS);
- European Platform for Software Maintenance (EPSOM);
- Reverse Engineering into CASE Technology (RECAST);
- Software Life-Cycle Support (ITIL);
- Application Management Environments and Support (AMES).

На особливу увагу заслуговує методологія COBIT. Аббревіатура COBIT (Control Objectives for Information and Related Technologies) розшифровується як Контрольні об'єкти для інформаційних і суміжних технологій.

COBIT являє собою набір документів, у яких викладені принципи управління й аудиту інформаційних технологій. ІТ-процеси в COBIT згруповані у чотири «домени» (розділи): Планування й організація (Plan and Organise); Проектування й впровадження (Acquire and Implement); Експлуатація й супровід (Deliver and

Support); Моніторинг і оцінка (Monitor and Evaluate), які містять 34 об'єкта високого рівня (підгрупи), що у свою чергу, складаються з 302 об'єктів контролю.

COBIT — це звіт правил по керуванню й контролю ІТ, розроблений Інститутом управління ІТ (IT Governance Institute — ITGI) і Фондом аудиту й контролю інформаційних систем (Information Systems Audit and Control Association — ISACA). Розроблений у формі відкритого стандарту, COBIT все частіше приймається в багатьох країнах як модель управління й контролю для впровадження й демонстрації ефективності управління ІТ. Перша, друга й третя редакції COBIT опубліковані відповідно в 1994, 1998 і 2000 роках. Остання по рахунку четверта редакція (COBIT 4) вийшла в 2005 році.

В основі COBIT лежить Capability Maturity Model (Комплексна модель продуктивності процесів і зрілості організації), стандарти ISO 9000, ITIL, і ISO 27001 (основний стандарт по безпеці, раніше ISO-17799). Власне, 13 із 34 високорівневих цілей управління запозичені безпосередньо з розділів ITIL «Служба підтримки користувачів» (Service Support) і «Надання послуг» (Service Delivery).

Завдяки своєму високорівневому широкому охопленню й використанню як основи для великої кількості існуючих практик, COBIT є інтегратором, що зводить розрізнені практичні методики в єдину логічну структуру й допомагає їх зв'язати зі стратегічними цілями бізнесу.

COBIT призначений для використання на найвищому рівні системи управління ІТ. Він пропонує користувачеві загальну структуру управління, засновану на високорівневій уніфікованій моделі виконання процесів, що застосовується для використання в більшості організацій. Процеси й стандарти, що більш детально описують конкретні області, такі як ITIL і ISO 27001, можна прив'язати до нормативної бази COBIT при створенні ієрархічної структури керівних матеріалів.

Організації, що бажають освоїти ITIL, повинні побудувати ефективну систему управління ІТ. Без цього успішна реалізація принципів ITIL неможлива. COBIT пропонує користувачам нормативну базу для управління ІТ, що включає в себе необхідні інструкції з досягнення більшої відповідності вимогам бізнесу. COBIT також надає механізм для виміру потенціалу організації (люди, процеси м технології), що дозволяє їй успішно задовольняти потреби бізнесу, а також механізм для виміру продуктивності.

Хоча стандарт COBIT орієнтований на ІТ-процеси, у нього не включені відповідні процедури й завдання. Він більше сфокусований на тому, що підприємству необхідно зробити, а не на тому, як цього досягти. Процеси COBIT звертаються до потреб бізнесу й містять інструкції з визначення адекватних засобів для їхнього задоволення.

Бібліотека ITIL, навпаки, визначає найкращі з погляду практики процеси для ITSM і показує, як їх здійснити. Вона робить акцент на методи досягнення цілей і видає більш широкий перелік процесів, ніж COBIT, пропонуючи «дорожню карту» по вибудовуванню процесів.

COBIT і ITIL разом утворюють цінну комбінацію ресурсів, що допомагають організації управляти ІТ, виходячи з бізнес-задач, тобто застосовувати в справах стратегію, відому як Управління бізнес-послугами (Business Service Management — BSM). ITIL пропонує інструкції по здійсненню процесів ІТ відповідно до передової практики й у параметрах узгодження ІТ з потребами бізнесу. COBIT допомагає адаптувати процеси ITIL до потреб конкретного бізнесу й цілям організації. Він допомагає організації визначити відправну й кінцеву крапки, тобто зрозуміти, де організація перебуває зараз і де вона хотіла б бути. Знаючи цілі, ІТ-організація може активувати бізнес-цілі.

COBIT пропонує також ефективний механізм для управління й виміру прогресу при впровадженні процесів ITIL, допомагаючи організаціям зрозуміти свої цілі й виміряти прогрес у їхньому досягненні. Крім цього, COBIT пропонує механізм для виміру покращень. Система постійного вдосконалення є ключовим моментом ITIL.

COBIT заснований на багатьох методиках і стандартах — ISO 9000, ITIL, SPICE, TickIT, Common Criteria, COSO. Як і ITIL, він базується на процесах, є відкритим і незалежним від конкретних виробників, платформ і технологій.

COBIT, так само, як ITIL, BISML і ASL, певною мірою є узагальненням передового досвіду в сфері управління й аудиту ІТ. Процесами, описаними засобами цих бібліотек, як і будь-які іншими процесами, можна керувати й контролюватися за стандартом COBIT. За аналогією з BISML стандарт COBIT можна розглядати як один з можливих інструментів взаємодії функціональних менеджерів і менеджерів інформаційних підрозділів. Почасті COBIT можна застосовувати у якості підходу до управління експлуатацією інформаційних систем, але тільки як інструмент загального управління й контролю через обмеженість у засобах.

Моніторинг принципово важливий для управління ІТ. Він допомагає забезпечувати контроль за тим, щоб ухвалені рішення виконувалися, і виконувалися відповідно до вказівок і за правилами, затвердженими радою директорів.

Моніторинг дозволяє гарантувати, що ті, хто працює з ІТ, роблять правильно правильні речі, а якщо ні — відповідають за помилки.

Відповідальний за управління ІТ повинен поставити вимірні цілі, доручити їхнє досягнення виконавцям, а потім регулярно стежити за ходом робіт. Якщо показники відхиляються від запланованих, керівництво зобов'язане вжити коригувальних заходів, дати додаткові вказівки або, можливо, переглянути первісні цілі.

Моніторинг ІТ реалізується через визначення важливих робочих показників, систематичну й своєчасну звітність, оперативну корекцію виявлених відхилень. Він особливо важливий через складність ІТ-процесів і наявності пов'язаних з ними ризиків. Його ціль гарантувати інформаційне забезпечення, що допомагають організації досягти цілей, і виконання робочих задач ІТ.

Об'єкти моніторингу:

- операційні процеси, системи ризику й контролю ІТ;
- ІТ-стратегія, ІТ-стандарти і політики;
- вплив ІТ на бізнес, бізнес-процеси й організаційну структуру;
- інформаційні потреби бізнес-користувачів.

Процеси моніторингу ІТ повинні відповідати таким вимогам:

- *усебічність*. Моніторинг повинен бути всебічним, ґрунтуватися на простих і зведених параметрах, фокусуючись на винятках;
- *відповідність*. Моніторинг повинен відповідати місії, баченню, цілям і стратегії підприємства;
- *прийнятність*. Ефективний метод моніторингу повинен бути прийнятний для його об'єктів. Необхідно поважати їхній особистий простір і не вторгатися в повсякденні обов'язки;
- *своєчасність*. Дані моніторингу повинні бути доступні, дозволяючи виявляти відхилення, про які треба негайно повідомити для прийняття вірних і оперативних рішень;
- *доказовість*. Інформація, отримана в ході моніторингу, повинна піддаватися перевірці іншими засобами, тобто бути точною і, по можливості, заснованою на фактах;
- *динамічність*. Будь-яка форма моніторингу повинна допускати оперативні коригувальні міри;
- *гнучкість/адаптованість*. Система моніторингу (СМ) повинна легко адаптуватися, забезпечуючи точну, значиму й своєчасну інформацію в обставинах, що змінюються.

Системи моніторингу, представляючи функцію ІТ-менеджменту, мають ґрунтуватися на певних критеріях оцінки якості функціонування. Такі критерії відіграють важливу роль при проектуванні, порівняльній оцінці і вбудовуванні СМ у контур управління. Ця роль полягає в тому, що наявність критеріїв ефективності функціонування СМ дає можливість:

- оцінити існуючі СМ і ступінь задоволення покладеної на дану СМ місії;

- порівняти різні варіанти СМ між собою;

- сформулювати ціль проектування СМ;

- удосконалити методи проектування, технологію та апаратну реалізацію СМ з метою оптимізації критерію її оцінки.

Оскільки СМ виконує інформаційні функції, то, природно, критерії оцінки мають характеризувати інформаційні можливості СМ при реалізації нею своїх функцій.

Призначення систем моніторингу ІТ дає змогу визначити часткові критерії оцінки, що характеризують інформаційні аспекти функціонування СМ:

- точність інформації про вимірювану величину;

- дискретність інформації;

- форму подання інформації;

- функції обробки інформації, які виконує СМ;

- вартість реалізації і функціонування;

- чисельність обслуговуючого персоналу.

Перші три критерії обов'язкові для СМ будь-якого масштабу; функції обробки реалізуються складними і розвинутими СМ, для них, звичайно, важливий і останній критерій. Загальний критерій ефективності СМ являє собою згортку зазначених критеріїв. Ці критерії можна вважати основними, але при оцінюванні та порівнянні різноманітних реалізацій СМ ІТ важливі значення ще трьох критеріїв:

- оцінка ризику комплексу «СМ — об'єкт моніторингу»;

- наявність і характеристика функцій обробки інформації у складі СМ;

- вартість побудови і забезпечення функціонування СМ.

В останній показник може включатися оцінка чисельності та кваліфікації персоналу, залученого спеціально для забезпечення функціонування СМ.

Оцінка ризику комплексу «СМ — об'єкт моніторингу» в умовах ринкових відносин набуває в економічних системах винятково важливого значення, оскільки у функціонуванні економічного об'єкта ризик неминуче є присутній. У такому комплексі має міс-

це можливість ризику при функціонуванні об'єкта моніторингу і ризику, обумовленого фактом наявності СМ. Функції обробки інформації покладаються на СМ різною мірою. Основним показником розширення цих функцій є масштабність об'єкта моніторингу і, отже, потужність множини ВВ. Проте цей критерій не можна розглядати у загальному вигляді, він потребує урахування характеристик і потреб конкретного об'єкта моніторингу. Найтиповішою функцією обробки, покладеною на СМ, є прогнозування найважливіших ВВ на основі отримуваної моніторингової інформації.

Найбільш універсальним і поширеним критерієм оцінки є вартість побудови і забезпечення функціонування СМ. Зменшення вартості при всіх заданих рівнях забезпечення інших критеріїв може досягатися як на етапі побудови СМ, так і при розробці технології її роботи та раціоналізації системи комунікацій, що відіграє важливу роль у СМ. Максимальні досягнення в цьому напрямі забезпечує застосування оптимізаційних методів і моделей.

Отже, система моніторингу є важливим інструментом ІТ-менеджменту для якого притаманні цільова спрямованість, конкретність і об'єктивність даних, безперервність моніторингу, мінімізація обсягів інформації і витрат на моніторинг, орієнтація на певну об'єктну область, керованість системи моніторингу, повнота і своєчасність інформації моніторингу, чіткість представлення інформації, мінімізація ризику помилковості даних, максимальне задоволення інформаційних запитів споживача, обслуговування СМ ІТ внутрішнім, посередницьким і зовнішнім середовищами, забезпечення конфіденційності і захисту даних, наявність засобів і алгоритмів обробки інформації за запитом користувача.

ІТ-менеджмент та його складова — система моніторингу забезпечує ефективне функціонування інформаційних та інтелектуальних систем в економіці.

Література

1. <http://www.whaitis.teshtarget.com>
2. http://www.en.wikipedia.org/wiki/Main_Page
3. Черняк Леонід. Библиотеки передового опыта и парадоксы управления ИТ // Открытые системы, 2005, № 1. URL: <http://www.osp.ru/os/2005/01/016.htm>
4. Зиндер Е. 3. Управление ИТ-инфраструктурой как эффективное руководство ИТ-ресурсами предприятия в их развитии / Информацион-

ний бюллетень ВОО «Сообщество ИТ-директоров Украины», 2007. — С. 13—14.

5. Interoperable Delivery of pan-European eGovernment Services to Public Administrations, Businesses and Citizens, IDAbc — <http://europa.eu.int/ISPO/ida/jsps/index.jsp?fuseAction=home>).

6. 6. InfoCitizen, <http://www.eurice.de/infocitizen/index.htm>

7. «A Practical Guide to Federal Enterprise Architecture. Chief Information Officer Council. Version 1.0»

8. Галіцин В. К. Системи моніторингу: Монографія. — К.: КНЕУ, 2000. — 232 с.

9. COBIT — Released by the COBIT Steering Committee and the Information Systems Audit and Control Foundation. 4nd edition, 2005.

10. Галіцин В. К., Лазарева С. Ф. Інформаційний менеджмент: наука про інформаційні процеси та управління ними, перспективи його розвитку. // Моделювання та інформаційні системи в економіці, Збірник наукових праць. Випуск 74. — К.: КНЕУ, 2006. — С. 5—29.

11. Лазарева С. Ф. Інформаційний менеджмент: від теорії до практики // Машинна обробка інформації. Збірник наукових праць. — Вип. 60. — К., 1997.

12. Лазарева С. Ф. Становлення та розвиток інформаційного менеджменту як прикладної наукової дисципліни / Удосконалення змісту та форм організації навчального процесу відповідно до міжнародних стандартів: Зб. матеріалів наук.-метод. конф. 2—4 лютого 2005 р. — К.: КНЕУ, 2005. — Т. 1 — С. 152—155.

13. Лазарева С. Ф. Інформаційна логістика як складова інформаційного менеджменту / Комп'ютерне моделювання та інформаційні технології в науці, економіці та освіті: Збірник наукових праць. — Кривий Ріг: КЕІ КНЕУ, 2005. — С. 114—115.

14. Лазарева С. Ф. Інформаційний менеджмент: проблеми та перспективи становлення професії. Економічна кібернетика: проблеми методології та підготовки фахівців. Матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції (Київ, 7—8 грудня 1999 р.). — К.: КНЕУ, 2000. — С. 237—243.

15. Лазарева С. Ф. Модель професійної компетенції ІТ-менеджера. Науково-методична конференція «Теоретичні та практичні підходи до впровадження нового покоління освітньо-професійних програм і навчальних планів підготовки фахівців: шляхи розвитку». — К.: КНЕУ, 2007.

16. Рынок BPM вырастет в четыре раза. — Джерело: URL: <http://www.osp.ru/news/2007/0810/4301355/>

17. Поляков Константин. SOA: от моды к технологии. Computerworld, 2006, № 29. Джерело: URL: http://www.osp.ru/text/302/2588470/_p1.html

18. Питер Хилл. Комбинация ITIL и COBIT — ваш ответ на вызовы бизнеса.

Стаття надійшла до редакції 26.06.2008

Гарантія відмінних знань

Видавництво КНЕУ, створене 1996 року, є провідним видавцем економічної літератури в Україні.

Видання КНЕУ — це книжки високої якості для студентів та викладачів вищих навчальних закладів, науковців та підприємців.

Видавництво вже випустило у світ понад 1000 найменувань підручників і посібників та регулярно забезпечує своїх читачів новими виданнями.

Якість понад усе

• Літературу видавництва КНЕУ розроблено відповідно до затверджених Міністерством освіти і науки України навчальних програм та вимог Болонської декларації.

• Процес випуску літератури видавництва включає повний цикл підготовки книжок — від розміщення заявки автором до отримання надрукованих примірників. Це гарантує актуальність матеріалів, адекватність їх сучасним умовам ведення бізнесу та перевірку на практиці.

• Видання КНЕУ дають змогу комплексно забезпечити навчальний процес і науковий розвиток студентів, аспірантів та викладачів. Оптимальне поєднання теоретичних матеріалів з практичними прикладами робить видання корисними для працівників підприємств та підприємців.

Видавництво пропонує

- підручники
- навчальні посібники
- навчально-методичні посібники
- курси лекцій
- тренінгові технології
- монографії
- збірники наукових праць
- освітньо-кваліфікаційні характеристики
- освітньо-професійні програми

Основні напрями видань

Міжнародна економіка
Економіка підприємства
Статистика
Менеджмент. Маркетинг
Бухгалтерський облік. Аудит
Фінанси
Банківська справа. Інвестування
Економіка агробізнесу
Право
Точні науки
Суспільні та гуманітарні науки

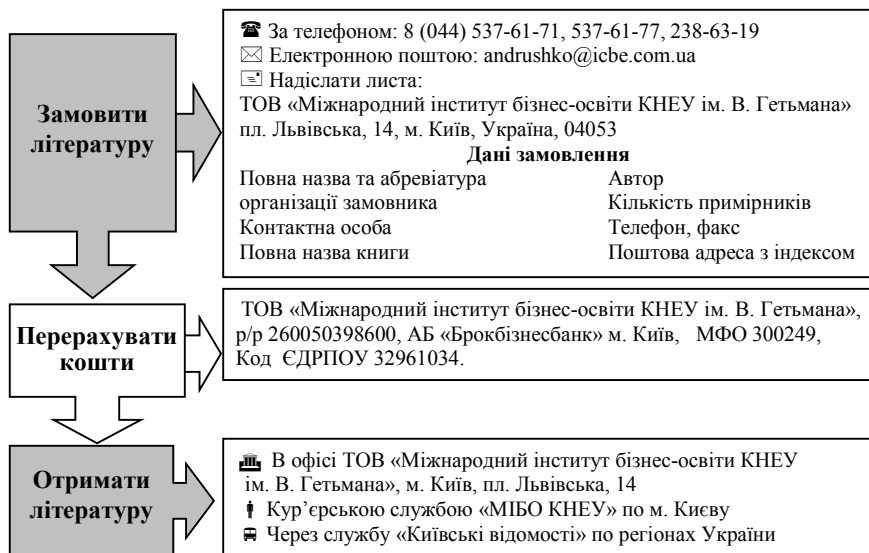
Видавництво КНЕУ імені Вадима Гетьмана
04053, м. Київ, пл. Львівська, 14
тел.: (044) 537-61-44, e-mail: publish@kneu.kiev.ua

Реалізація книжок

ТОВ «Міжнародний інститут бізнес-освіти КНЕУ ім. В. Гетьмана»
Тел./факс: (044) 537-61-71, 537-61-77
e-mail: andrushko@icbe.com.ua
www.icbe.com.ua

ОПТОВИЙ ПРОДАЖ

Як придбати літературу



Пропонуємо гнучку систему знижок та вигідні умови співпраці.

Забезпечуємо щотижневe розсилання прайсів та інформації про нові надходження електронною поштою.

Роздрібний продаж літератури в Києві

- пл. Львівська, 14
- просп. Перемоги, 54/1
- вул. Мельникова, 79/81
- вул. Дегтярівська, 49 Г
- Книжковий магазин «Знання», вул. Хрещатик, 44, тел.: 234-22-91
- Книжковий магазин «Сяйво», вул. Червоноармійська, 6, тел.: 235-43-66
- Книжковий магазин «Урожай», просп. 40-річчя Жовтня, 128, тел.: 258-31-87
- Книжковий магазин «Академкнига», вул. Стрітенська, 17, тел.: 272-35-82

Видавництво КНЕУ імені Вадима Гетьмана
04053, м. Київ, пл. Львівська, 14
тел.: (044) 537-61-44, e-mail: publish@kneu.kiev.ua

Реалізація книжок

ТОВ «Міжнародний інститут бізнес-освіти КНЕУ ім. В. Гетьмана»
Тел./факс: (044) 537-61-71, 537-61-77
e-mail: andrushko@icbe.com.ua
www.icbe.com.ua

АРК

ВАТ «Кримкнига»

м. Сімферополь, вул. Горького, 5

тел.: (0652) 27-54-87

Книжковий магазин «Буква»

м. Сімферополь, вул. Севастопольська, 6

тел.: (0652) 27-31-53

м. Євпаторія, вул. Фрунзе, 42

тел.: (06569) 331-44

м. Ялта, вул. Гоголя, 24

тел.: (0654) 32-37-41

ВІННИЦЬКА ОБЛ.

Магазин «Кобзар»

м. Вінниця, вул. Привокзальна, 2/1

ВОЛИНСЬКА ОБЛ.

ТОВ «Знання»

м. Луцьк, пр. Волі, 41

тел./факс: (03322) 423-98

Книгарня «Дім книги»

м. Луцьк, вул. Конякіна, 37-а

тел./факс: (0332) 73-01-59

ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛ.

Бібколектор обласний

м. Дніпропетровськ, вул. Кірова, 22

тел.: (056) 778-38-39-ф, 778-25-37

Магазин «Ера»

м. Кривий Ріг, вул. Косіора, 42

тел.: (0564) 712367

Книжковий магазин «Дар»

м. Кривий Ріг, вул. Пухачевського, 75

тел.: (0564) 66-41-88

тел./факс: (0564) 66-01-68

ДОНЕЦЬКА ОБЛ.

ПП Ярошенко Н. М.

м. Донецьк, вул. Артема, 84

(приміщення обласної бібліотеки

ім. Н. Крупської)

тел.: (062) 343-88-07

СПД Дротенко

м. Донецьк, вул. Артема, 160

Книжковий ринок, м. Донецьк,

торговий комплекс «Маяк», місце 113

тел./факс: (0622) 22-68-79

ЖИТОМИРСЬКА ОБЛ.

«Світ книги»

м. Житомир, вул. Київська, 17/1

тел.: (0412) 47-27-52

ЗАКАРПАТСЬКА ОБЛ.

Книгарня «Книги»

м. Ужгород, пр. Свободи, 3

тел.: (0312) 61-36-95

Книгарня «Кобзар»

м. Ужгород, пл. Корятовича, 1

тел.: (03122) 3-35-16

ТОВ «Букініст»

м. Ужгород, вул. Л. Толстого, 4

тел.: (03122) 3-72-18

ЗАПОРІЗЬКА ОБЛ.

ТОВ «ЛЕКТОС» ЛТД

м. Запоріжжя, пр. Леніна, 142

тел.: (0612) 13-85-53, (061) 220-09-96

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА ОБЛ.

Книгарня

м. Івано-Франківськ, пл. Ринок, 14

тел.: (03422) 2-47-82

ТОВ «Арка»

м. Івано-Франківськ, Вічевий майдан, 3

тел./факс: (0342) 50-14-02, (03422) 3-04-60

КІРОВОГРАДСЬКА ОБЛ.

«Книжковий світ»

м. Кіровоград, вул. Набережна, 11

ЛУГАНСЬКА ОБЛ.

Глобус-книга

м. Луганськ, вул. Советская, 58

тел./факс: (0642) 53-62-30

ФОП Гречишкін С. І.

м. Луганськ, вул. Леніна, 149-а

тел./факс: (0642) 58-95-28, 59-63-37

ЛЬВІВСЬКА ОБЛ.

Книгарня «Глобус»

м. Львів, пл. Галицька, 12

тел.: (0322) 74-01-77

ДКП «Бібліотечний колектор»

м. Львів, вул. Лисенка, 21

тел./факс: (0322) 75-79-86

ТОВ «Ноти»

м. Львів, пр. Шевченка, 16

тел./факс: (0322) 72-67-96

МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛ. <u>Книгарня «Книги»</u> м. Миколаїв, пр. Жовтневий, 338 тел.: (0512) 25-20-41 ТОВ «Ной-Хау» м. Миколаїв, вул. Фалєєвська, 35А тел.: (0512) 47-47-97 <u>Книгарня «Книголюб»</u> м. Миколаїв, пр. Миру, 3 тел.: (0512) 56-72-65 <u>Книгарня «Світ книги»</u> м. Миколаїв, вул. Б. Морська, 51 тел.: (0512) 67-01-38 АІРП «Миколаїв книга» м. Миколаїв, пр. Леніна, 122 тел.: (0512) 55-20-93 ОДЕСЬКА ОБЛ. <u>ПП Петров О. С.</u> м. Одеса, вул. Гайдара, 66, кв. 99 тел./факс: (0482) 49-23-41; (0482) 66-17-64 <u>Книжковий магазин «Дім книги»</u> вул. Дерibasівська, 27 тел.: (048) 728-40-13 ПОЛТАВСЬКА ОБЛ. <u>«Планета»</u> м. Полтава, вул. Жовтнева, 60А тел./факс: (05322) 72-019 <u>Книжковий магазин «Роксолана»</u> м. Кременчук, вул. Перемоги, 26 тел./факс: (0536) 79-85-95, 3-20-64 РІВНЕНЬСЬКА ОБЛ. <u>ОККП «Рівнекнига»</u> м. Рівне, вул. Островського, 16 тел.: (0362) 22-41-05 СУМСЬКА ОБЛ. ТОВ «Прометей» м. Суми, вул. Інтернаціоналістів, 18 ТЕРНОПІЛЬСЬКА ОБЛ. <u>СМП «Карт-бланш»</u> вул. Дорошенка, 16 тел./факс: (0352) 43-55-44 ХАРКІВСЬКА ОБЛ. <u>АВІОНІКА-Харків</u> м. Харків, вул. Сумська, 51 тел.: (057) 714-26-75	<u>ПП Антаков А. П.</u> Книжковий ринок «Райский уголок» м. Харків, пр. Кравцова, 19, 2 ряд, 22 м. тел.: (067) 390-62-82, 8(050) 594-5840 <u>Книжковий парк «Центральний»</u> м. Харків, пл. Р. Люксембург, 10, тел.: (057) 759-02-99, 754-33-01 ХЕРСОНСЬКА ОБЛ. <u>Магазин «Учбова книга»</u> м. Херсон, вул. Декабристів, 22 тел.: (0552) 26-22-10 вул. Кулика, 135, тел.: (0552) 55-54-01 Книгарня «Книжковий ряд» м. Херсон, вул. Леніна, 14/16 тел.: (0552) 22-14-56 ХМЕЛЬНИЦЬКА ОБЛ. <u>ТОВ «Книжковий світ»</u> м. Хмельницький, вул. Подільська, 25 тел.: (0382) 65-60-73, 26-60-73 <u>ХОП «Школяр»</u> м. Хмельницький, вул. Щербакова, 4 тел.: (03822) 3-03-90 ЧЕРКАСЬКА ОБЛ. <u>«Будинок книги»</u> вул. Хрещатик, 200 тел.: (0472) 45-99-20 <u>ДТП«Світоч»</u> вул. Байди Вишневецького, 38 тел.: (0472) 32-92-78 <u>Магазин «Інтелектуальної книги»</u> м. Черкаси, вул. Леніна, 31\1 тел.: (0472) 32-14-53 ЧЕРНІВЕЦЬКА ОБЛ. <u>«Чернівецький обласний бібліотекоптор»</u> вул. Шептицького, 23 тел.: (0372) 52-62-10 <u>КП «Чернівцікнига»</u> м. Чернівці, вул. Шептицького, 23 тел.: (0372) 52-23-13 <u>КП «Технічна книга»</u> вул. О. Кобилянської, 45 тел.: (03722) 2-74-96, факс: 2-71-64 ЧЕРНІГІВСЬКА ОБЛ. <u>КТП «Будинок книги»</u> м. Чернігів, пр. Миру, 45
--	--

Моделювання та інформ. системи в економіці : зб. наук. пр. /
відп. ред. В. К. Галіцин. 2008. Вип. 78. 1—288.