

**А.О. Азарова, к.т.н., доц.; Д.М. Бершов, асп.**

## **РОЗРОБКА МЕТОДУ ФОРМАЛІЗАЦІЇ СППР ЩОДО ІНВЕСТУВАННЯ НА БАЗІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ХОПФІЛДА**

*Розроблено структурну та математичну модель СППР для визначення ризикованості інвестиційного проекту. Обґрунтовано ефективність та використано апарат нейронної мережі Хопфілда для формалізації побудов аної СППР.*

В останнє десятиліття спостерігається бурхливий розвиток нейромережових технологій в різних галузях людської діяльності.

На сучасному етапі застосування багатьох математичних апаратів для вирішення фінансових задач є доволі ефективним, зокрема теорії нечітких множин, порогових елементів, генетичних алгоритмів тощо. Однак застосування кожного з вищезазначених апаратів не позбавлено своїх вад. Наприклад, нечіткі множини потребують на визначення і обґрунтування виду і форми функцій належності; порогові елементи – на обробку потужних масивів експертної інформації; генетичні алгоритми вимагають складного настроювання.

Інтелектуальні економічні системи на основі штучних нейронних мереж дозволяють з успіхом вирішувати проблеми класифікації економічних об'єктів, виконання прогнозів, оптимізації, асоціативної пам'яті і керування господарськими суб'єктами. Традиційні підходи до вирішення цих проблем не завжди володіють необхідною гнучкістю. При цьому широкий спектр економічних задач виграє від використання нейромереж, оскільки їх специфічність полягає у необхідності врахування неповної або спотвореної інформації. При цьому задача класифікації економічних суб'єктів значно ускладнюється.

Нейронні мережі, зокрема мережа Хопфілда, дозволяють просто і ефективно розв'язувати задачу класифікації та відтворення образів за

неповною і спотвореною інформацією. Невисока ємність мереж (кількість образів, що запам'ятовується) пояснюється тим, що мережі не просто запам'ятовують образи, а дозволяють проводити їхнє узагальнення за критерієм максимальної правдоподібності. Легкість побудови програмних і апаратних моделей роблять ці мережі привабливими для багатьох практичних застосувань, зокрема у фінансовому менеджменті.

Найбільш вагомими здобутки в галузі нейрофізіології належать: Уоррену Маккалоху (Warren McCulloch) та Уолтеру Піттсу (Walter Pitts) – роботи про штучні нейрони і моделі нейронних мереж на електричних схемах; Дональду Хеббу (Donald Hebb) – проблематика налаштування синаптичних зв'язків; Натаніелу Рочестеру (Nathaniel Rochester) – програмні моделі штучних нейромереж; Джону фон Нейману (John von Neumann), який запропонував імітацію простих функцій нейронів із використанням вакуумних трубок; Джон Хопфілд (John Hopfield) – роботи щодо відновлення по спотвореному образу найближчого до нього еталонного з використанням нейромереж.

Дані роботи надають початкове розуміння механізму природного мислення, де збереження інформації відбувається у вигляді образів [1].

Для багатьох економічних задач, оскільки не обґрунтовано інших домінуючих підходів, вибір оптимального методу прийняття рішення повинен здійснюватись згідно із суттю задачі. Необхідно намагатися зрозуміти можливості, передумови й галузь застосування різноманітних підходів і максимально використовувати їх додаткові переваги для подальшого розвитку інтелектуальних систем.

Отже, метою наукового дослідження є оцінка ефективності застосування нейронних мереж для прийняття рішення щодо доцільності інвестування з урахуванням ризику.

Багато задач класифікації економічних об'єктів можуть бути розв'язані як задачі нейронних мереж, в яких не використовуються парадигми навчання з “учителем” або без нього. У таких мережах вагові коефіцієнти синопсисів розраховуються одноразово перед початком

функціонування мережі на основі інформації про еталони. Все навчання мережі зводиться саме до цього розрахунку. З одного боку, подання апріорної інформації можна розцінювати як допомогу “учителя”, а з іншого боку, мережа, фактично, запам’ятовує зразки еталонів до того, як на її вхід надходить інформація щодо реального об’єкту, і не може змінювати свою поведінку. Отже, не можна стверджувати наявність зворотного зв’язку з “учителем”. Найбільш відомою мережею з подібною логікою є мережа Хопфілда, що використовується для організації асоціативної пам’яті.

Таким чином, у статті пропонується класифікацію інвестиційних об’єктів за різними критеріями поділу здійснювати за допомогою нейронної мережі Хопфілда. Для цього автори побудували відповідну систему підтримки прийняття рішення [2], структура якої розглядається як нейронна мережа з виходами, що являють собою різні інвестиційні стратегії –  $R_j$  ( $j = \overline{1, 3}$ ) та вхідними нейронами –  $x_i$  ( $i = \overline{1, 10}$ ), які є параметрами, що оцінюють процес інвестування.

В розробленій СППР щодо оцінювання інвестиційного проекту (див.рис.1) було використано такі оцінювальні параметри об’єкта інвестування: коефіцієнт Бівера ( $x_1$ ), моделі Альтмана ( $x_2$ ), Ліса ( $x_3$ ), Таффлера ( $x_4$ ), що використовуються з метою прогнозування ймовірності банкрутства підприємства, а також якісні показники: рівень професіоналізму ( $x_5$ ) та порядність суб’єкта інвестування ( $x_6$ ), значення яких оцінюються з використанням експертним шляхом.

Одночасно з оцінкою об’єкта інвестування проводиться й оцінка самого інвестиційного проекту за допомогою показників: чистої приведеної вартості (NPV) ( $x_7$ ), внутрішньої ставки доходності (IRR) ( $x_8$ ), індексу прибутковості (PI) ( $x_9$ ), та періоду окупності (PP) ( $x_{10}$ ) даного інвестиційного проекту. Таким чином, дана СППР використовує 10 оцінювальних параметрів, що різноманітні за своєю природою (кількісні та якісні показники). Проте, нейронні мережі працюють лише з кількісними показниками, що

зумовлює необхідність перетворення якісних у кількісні, як це запропоновано в роботі [3].

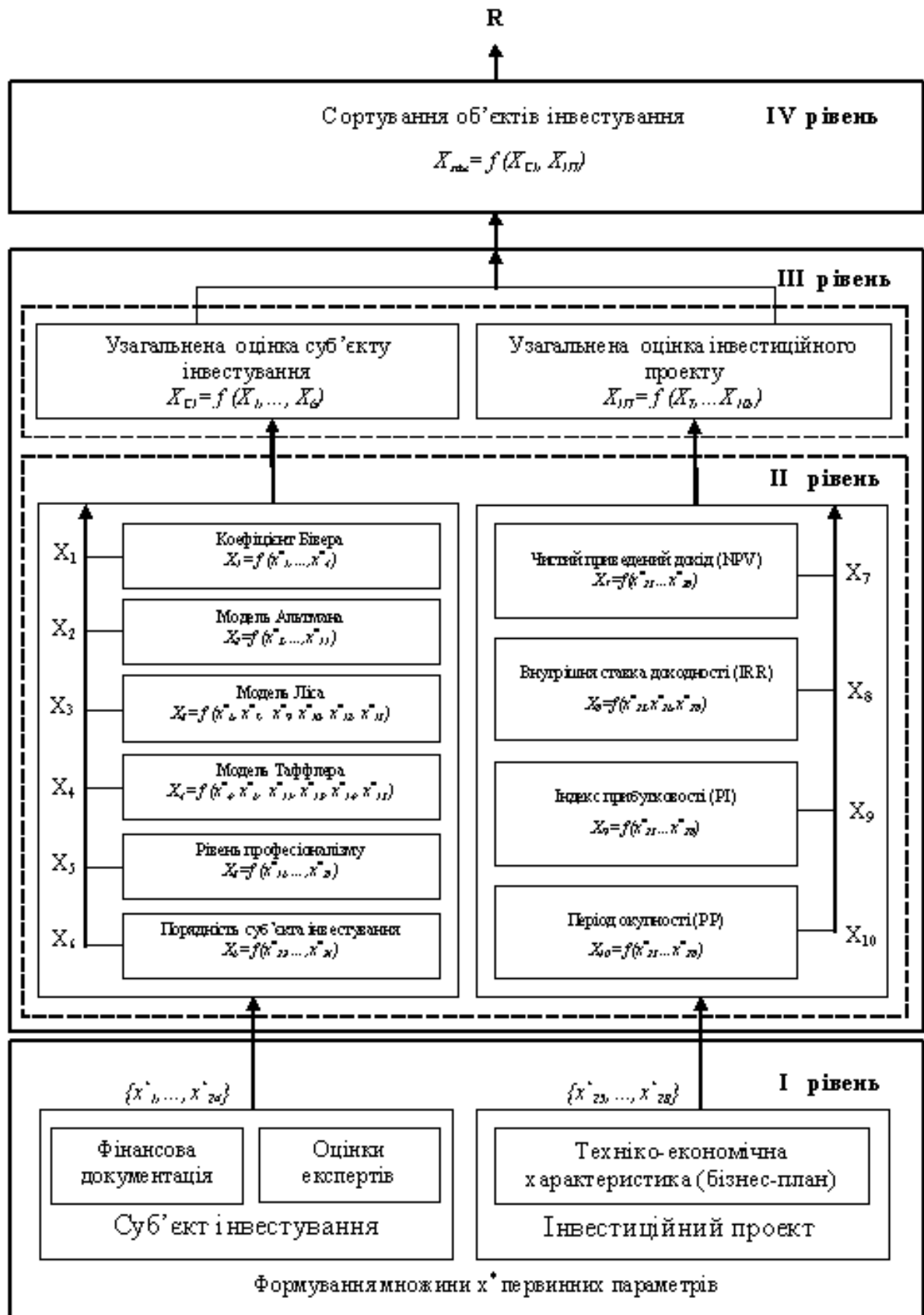


Рис.1. Структурна ієрархічна модель СППР щодо оцінки інвестиційного проекту

З метою формалізації даної системи авторами використано нейронну мережу Хопфілда, яка дозволить виконати співставлення образу вхідного вектора  $\mathbf{X}=(x_i)$ , ( $i = \overline{1, 10}$ ), що описує інвестиційний проект, з найближчим еталонним вектором, що описує конкретну інвестиційну стратегію  $R_j$  ( $j = \overline{1, 3}$ ).

На першому етапі визначаються  $j$  діапазонів значень змінення оцінювальних параметрів  $x_i$ , кількість яких  $j=3$  співпадає з кількістю інвестиційних стратегій на виході. Це зумовлює достатній з економічної точки зору рівень точності прийняття рішення. Запропонована СППР дозволяє класифікувати ІП за трьома інвестиційними стратегіями, яким відповідають такі значення ризиків  $R_j$ :  $R_1$  – мінімальний рівень ризику: інвестування доцільне;  $R_2$  – середній рівень ризику: інвестування можливе в разі застосування методів зниження ризику;  $R_3$  – високий рівень ризику: інвестування недоцільне. За допомогою експертних методів (методу парних порівнянь Сааті), шляхом проведення анкетного опитування працівників відділів кредитного аналізу банківських установ м.Вінниці було обґрунтовано граничні значення оцінювальних показників, згідно з якими можна розбити інтервал значень кожного з 10 оцінювальних параметрів на три діапазони: Н – низький, С – середній та В – високий характеристичний рівень показника (табл. 1).

Таблиця 1

Діапазони зміни оцінювальних параметрів  $x_i$

Параметр	Назва параметру	Діапазон	Характеристичний рівень показника
$x_1$	Коефіцієнт Бівера	до 0,2 0,21-0,4 0,41 і більше	Високий Середній Низький

$x_2$	Модель Альтмана	до 1,8 1,8-2,99 3,0 і більше	Високий Середній Низький
$x_3$	Модель Ліса	до 0,037 0,038-0,057 0,058 і більше	Високий Середній Низький
$x_4$	Модель Таффлера	до 0,2 0,21-2,99 3,0 і більше	Високий Середній Низький
$x_5$	Рівень професіоналізму	9-12 5-8 0-4	Високий Середній Низький
$x_6$	Порядність об'єкта інвестування	9-12 5-8 0-4	Високий Середній Низький
$x_7$	Чистий приведений дохід (NPV)	9-12 5-8 0-4	Високий Середній Низький
$x_8$	Внутрішня ставка доходності (IRR)	9-12 5-8 0-4	Високий Середній Низький
$x_9$	Індекс прибутковості (IP)	9-12 5-8 0-4	Високий Середній Низький
$x_{10}$	Період окупності (PP)	9-12 5-8 0-4	В – короткотривалий С – середня тривалість Н – довготривалий

За допомогою експертних даних та спектрального методу обробки експертної інформації [4] було обґрунтовано 18 еталонних образів для нейронної мережі, які відображають специфіку трьох інвестиційних стратегій  $R_j$  ( $j = \overline{1, 3}$ ) (табл. 2).

Як відомо [1], мережі Хопфілда працюють з числовими значеннями «1» та «-1», тому після отримання рівнів показників (високий, середній, низький), автори для застосування алгоритму Хопфілда при формалізації СППР пропонують здійснити кодування значень показників звичайним двійковим кодом. Формат коду повинен складатися з двох цифр, що дозволяє

закодувати 4 ( $2^2 = 4$ ) можливих значення оцінювального параметру. При цьому зазначимо, що інвестиційний проект характеризується лише трьома стратегіями  $R_j$  ( $j = \overline{1, 3}$ ) на виході СППР, тобто є потреба у кодуванні лише

Таблиця 2

Еталонні зразки для інвестиційних стратегій  $R_j$  ( $j = \overline{1, 3}$ )

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$R$
-1 -1	-1 -1	-1 -1	-1 -1	-1 -1	-1 -1	-1 -1	-1 -1	-1 -1	-1 -1	$R_3$
-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 -1	
-1 -1	-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 -1	-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 1	-1 -1	
-1 -1	-1 -1	-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 -1	-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 -1	
-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 -1	-1 1	-1 1	-1 -1	-1 -1	-1 1	-1 -1	
-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 1	-1 -1	-1 -1	
-1 1	-1 -1	-1 -1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	1 1	$R_2$
-1 1	-1 -1	-1 1	1 1	-1 1	-1 1	-1 1	1 1	-1 1	1 1	
-1 1	-1 -1	-1 1	-1 1	1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	
-1 1	-1 1	-1 1	1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	1 1	
-1 1	-1 -1	-1 1	-1 1	1 1	-1 1	-1 1	1 1	-1 1	-1 1	
-1 1	-1 1	-1 1	1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	-1 1	1 1	
-1 1	1 1	-1 1	1 1	-1 1	1 1	-1 1	1 1	-1 1	1 1	$R_1$
-1 1	-1 1	1 1	1 1	-1 1	-1 1	1 1	1 1	1 1	-1 1	
1 1	1 1	-1 1	-1 1	1 1	1 1	-1 1	-1 1	-1 1	1 1	
1 1	-1 1	1 1	-1 1	1 1	-1 1	1 1	-1 1	1 1	-1 1	
1 1	-1 1	1 1	1 1	1 1	-1 1	1 1	1 1	-1 1	1 1	
1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	

трьох рівнів показників, як запропоновано у табл. 3.

Таблиця 3

Кодування діапазону зміни оцінювальних параметрів СППР

Діапазон значень	Код для мережі
------------------	----------------

	Хопфілда
Низький показник	-1-1
Середній показник	-1 1
Високий показник	1 1

На останньому етапі роботи нейронної мережі Хопфілда відбувається процес співставлення вхідного вектора  $X$ , що характеризує реальний інвестиційний проект, з 18 еталонними зразками, по 6 наборів з яких описують кожну з трьох інвестиційних стратегій  $R_j$ . Це дозволяє визначити найбільш типовий еталонний образ, що дозволяє прийняти рішення щодо належності цього інвестиційного проекту до певної інвестиційної стратегії, а отже і подальшої доцільності інвестування.

Таким чином, алгоритм роботи СППР щодо інвестування є таким:

1. На вхід СППР подаються значення  $x_k^*$  ( $k = \overline{1, 28}$ ) первинних показників, які використовуються для розрахунку  $x_i$  ( $i = \overline{1, 10}$ ) оцінювальних параметрів.
2. Значення оцінювальних параметрів  $x_i$  співставляються з діапазонами значень, представленими у табл. 1, та описуються конкретним характеристичним рівнем.
3. Характеристичному рівню оцінювального параметру присвоюється відповідний двійковий код, запропонований у табл.3, тобто формується образ (вхідний вектор), який складається з 20 цифр «1» та «-1».
4. Нейронна мережа виділяє найбільш близький даному вектору еталон – ідеальний образ, який і видається на виході СППР.
5. Ідентифікується стратегія, що відповідає цьому образу згідно з табл.2, та відповідно приймається рішення щодо доцільності інвестування.

Кроки 4 і 5 запропонованого авторами алгоритму були реалізовані за допомогою математичного пакету MathLab 7.0, фрагмент лістингу програми якого наведено нижче.

$$T=[-1 -1]$$



```

-1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 -1
-1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1
-1 1 -1 -1 -1 -1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 1
-1 1 -1 -1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1
-1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1
-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 1
-1 1 -1 -1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1
-1 1 -1 1 -1 1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 1
-1 1 1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1
-1 1 -1 1 1 1 1 1 -1 1 -1 1 1 1 1 1 1 -1 1
1 1 1 1 -1 1 -1 1 1 1 1 1 -1 1 -1 1 -1 1 1 1
1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 -1 1 1 1 -1 1
1 1 -1 1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1 1 1 -1 1 1 1
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1]’;
net=newHop (T);
X={[-1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 1]’};
[a,b,c]=(net, {1 100}, {},X);
a{100}
ans = -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1 -1 -1 -1 1

```

На базі даних відділу кредитного аналізу ВАТ “Райффайзен банк Аваль” було проаналізовано 300 інвестиційних проектів. У вищевикладеному лістингу програми проілюстровано результати роботи з одним із цих проектів.

Отже, аналізований проект відповідає стратегії R<sub>3</sub> з високим рівнем ризику, тому інвестування є недоцільним.

Порівнюючи результати роботи банку з 300 інвестиційними проектами із результатами, що отримані за допомогою вищеописаної СППР,

було доведено адекватність запропонованого підходу, оскільки вони є аналогічними. Проте, збиткові на практиці проекти, що банком були визнані як такі, що мають середній ступінь ризику, запропонована СППР визнала як такі, що належать до стратегії  $R_3$ , тобто недоцільними до інвестування, що безсумнівно засвідчує перевагу побудованої СППР в аспектах якості та точності.

Отже:

1. Підтверджено гіпотезу авторів про доцільність застосування нейронної мережі Хопфілда для ідентифікації стратегії інвестування у побудованій СППР.

2. Запропоновано метод визначення інвестиційної стратегії  $R_j$  та відповідний алгоритм прийняття рішення у такій СППР.

3. Запропонована СППР дозволяє з підвищеною точністю та якісно оцінити ймовірність банкрутства суб'єкта інвестування та доцільність інвестування у такий проект.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. – М.: Горячая линия-Телеком, 2002. – 382 с.
2. Азарова А.О. Бершов Д.М. Моделювання системи підтримки прийняття рішень щодо оцінювання ефективності інвестиційних проектів на основі нечіткої логіки // Механізм регулювання економіки. СумДУ. – 2006. – №1. – С.168–177.
3. Розробка математичних моделей для складання оптимального інвестиційного портфеля банку: Звіт з НДР (останній) / Вінницький державний технічний університет. – №47/03; інв.№0199U000015.–В., 1999. – 41с.
4. Тоценко В.Г. Методы и системы поддержки принятия решений. – К.: Наукова думка, 2002. – 381 с.

Дані матеріали рекомендовані до відкритого друку кафедрою інформаційного менеджменту (ІМЕН) Вінницького національного технічного університету.

**Азарова Анжеліка Олексіївна** – доцент, **Бершов Дмитро Миколайович** – аспірант.

Кафедра інформаційного менеджменту, Вінницький національний технічний університет

### Довідка про авторів

<b>Прізвище</b>	Азарова
<b>Ім'я</b>	Анжеліка
<b>По батькові</b>	Олексіївна
<b>Вчена ступінь</b>	Кандидат технічних наук
<b>Вчене звання</b>	Доцент
<b>Місце роботи</b>	Вінницький національний технічний університет
<b>Посада</b>	Заступник директора по науковій роботі Інституту менеджменту ВНТУ
<b>Робоча адреса</b>	21021, м.Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95
<b>Телефон</b>	8-(0432)46-43-21
<b>Факс:</b>	-
<b>E-mail:</b>	<a href="mailto:aza@vstu.vinnica.ua">aza@vstu.vinnica.ua</a>
<b>Прізвище</b>	Бершов
<b>Ім'я</b>	Дмитро
<b>По батькові</b>	Миколайович
<b>Вчена ступінь</b>	-
<b>Вчене звання</b>	Аспірант
<b>Місце роботи</b>	ВАТ «Райффайзен банк Аваль»
<b>Посада</b>	Провідний економіст відділу кредитного аналізу
<b>Робоча адреса</b>	21021 м. Вінниця, вул. Келецька 78А, кв.37
<b>Телефон</b>	-
<b>Факс:</b>	-
<b>E-mail:</b>	<a href="mailto:200ddd@rambler.ru">200ddd@rambler.ru</a>