УДК 003.03+65.012.8

В. І. Воробйов,
генеральний директор,
ВАТ "Український науково-дослідний інститут спеціальних видів друку"
І. В. Піх,
кандидат технічних наук, доцент кафедри електронних видань,
Українська академія друкарства
А. М. Штангрет,
кандидат економічних наук, доцент кафедри обліку і аудиту,
видавничо-поліграфічний комплекс Української академії друкарства
О. В. Мельников,
кандидат технічних наук, директор, видавництво Української академії друкарства

ОПТИМІЗАЦІЯ МОДЕЛІ КЛЮЧОВИХ ЗАГРОЗ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВІТЧИЗНЯНИХ ПОЛІГРАФІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ МЕТОДОМ ПОПАРНИХ ПОРІВНЯНЬ

Проаналізовано фактори, за якими доцільно прогнозувати економічну безпеку вітчизняних поліграфічних підприємств. За компонентами нормалізованого вектора пріоритетів синтезовано оптимізовану модель впливу факторів на досліджуване явище.

Factors which should predict the economic security of local printing companies. For the normalized vector components synthesized priorities optimized model of factors on the researched phenomenon.

Ключові слова: загроза, фактор, безпека, модель.
Key words: threat, factor, security, model.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Економічна безпека являє собою універсальну категорію, що відбиває захищеність суб'єктів соціально-економічних відносин на всіх рівнях, починаючи з держави і закінчуючи кожним його громадянином. Економічна безпека поліграфічного підприємства — це захищеність його діяльності від негативних впливів внутрішнього і зовнішнього середовища, а також здатність швидко усувати та запобігати різним варіантам загроз чи пристосуватися до існуючих умов, що не позначаться негативно на його діяльності. Економічна безпека підприємства у кінцевому рахунку забезпечує конкурентоспроможність і економічну стабільність підприємства, а також підвищення добробуту його працівників. Тобто економічна безпека поліграфічного підприємства — це найбільш ефективне використання наявних ресурсів для запобігання загрозам і забезпечення стабільного функціонування підприємства в даний час і в майбутньому. Визначення рівня економічної безпеки через призму можливих загроз — ключове завдання для його існування.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Теоретичній розробці питань, пов'язаних з підтримкою достатнього рівня економічної безпеки підприємства, багато уваги приділяли О. Ареф'єва, Г. Андрощук, М. Єрмошенко, Т. Клебанова, Г. Козаченко, А. Крисін, Т. Кузенко, В. Мунтіян, Є. Олєйніков, В. Пономаренко, В. Тамбовцев, О. Черняк, М. Швець.

Віддаючи належне науковій та практичній значущості праць названих вчених, необхідно зазначити, що у вітчизняній і зарубіжній літературі та практиці господарювання підприємств дотепер не знайшли належного відбиття деякі важливі аспекти діяльності підприємства щодо економічної безпеки. Насамперед, це стосується застосування математичного моделювання для визначення пріоритетного впливу окремих факторів на поточний рівень безпеки з метою розроблення та прийняття адекватних управлінських рішень у системі економічної безпеки.

МЕТА СТАТТІ

Мета статті — на основі дослідження ключових факторів, які мають найбільш вагомий вплив на рівень економічної безпеки вітчизняних поліграфічних підприємств здійснити оптимізацію моделі ключових загроз методом попарних порівнянь.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Дослідження, пов'язані з вербальними оцінками слабоформалізованих процесів, до яких можна віднести проблему економічної безпеки вітчизняних поліграфічних підприємств, не набули широкого розповсюдження у науковій літературі. Встановлення і дослідження факторів впливу на процеси, пов'язані з даною тематикою, системний аналіз множини обраних факторів і синтез моделей автоматизованого прогнозування цих процесів є необхідною умовою вирішення проблем, пов'язаних з економічною безпекою вітчизняних поліграфічних підприємств.

Компонентами вектора факторів, прийнятими для експертного оцінювання, стали лінгвістичні змінні, які визначали:

Математичне позначення	Назва	Мнемонічна назва
Z_1	рівень виробничого менеджменту	МЕН
Z_2	маркетингова стратегія	МАР
Z_3	тиск з боку закордонних виробників	ЗАК
Z_4	недобросовісна конкуренція	НК
Z_5	вплив органів державної влади	ДЕР
Z_6	тінізація економіки	ТЕ
Z_7	коливання валютний курс	ВК
Z_8	платоспроможність населення	ПН
Z_9	новітні технології	НТ
Z_{10}	надзвичайні ситуації (форс-мажор)	НС

На підставі визначення та систематизації факторів [1—8] розроблено орієнтовні графічні моделі та матриці досяжності, що відповідають їм, які відображають зв'язки між факторами і служать основою для ієрархічного впорядкування.

У результаті проведення ітераційних процедур з використанням матриці досяжності встановлено рівні ієрархії факторів, які визначають економічну безпеку вітчизняних поліграфічних підприємств [9]. Розташувавши фактори за визначеними рівнями, синтезували модель [9] — рис. 1. Дана ієрархічна модель об'єктивно відображає важливість впливу органів державної влади, коливань валютного курсу, платоспроможності населення та надзвичайних ситуацій (форс-мажор) на досліджуваний процес.

Адекватність синтезованої моделі оцінюється на рівні загальних логічних суджень та оцінках експертів, тому вона не може вважатися остаточним рішенням. У зв'язку з цим важливою задачею є числове вираження міри впливу фактора нижчого рівня на зв'язаний з ним елемент вищого рівня або встановлення ступеня переваги фактора. Така узгодженість називаються числовою або кардинальною, вираженою за рівнем пріоритетності [10]. За цим способом можна дослідити не тільки наявність чи відсутність узгодженості при парних порівняннях значущості факторів, але й одержати числову оцінку міри адекватності зв'язків між факторами у вихідному графі та оптимізувати вагові характеристики факторів.

Для розв'язання цієї задачі фактори $z_1,\ldots, z_n$, упорядковані за рівнями ієрархії, ідентифікуємо числовими ваговими значеннями $g_1,\ldots, g_n$, їх ймовірного впливу на економічну безпеку вітчизняних поліграфічних підприємств. Нехай a_{ij} — число, яке визначає перевагу фактора z_i по відношенню до фактора z_j. Оскільки фактори мають певне функціональне навантаження, можна стверджувати, що міра значущості фактора є функцією його ваги, тобто $M(z_i)=F(z_i(g_i))$.

Помістимо сукупність вагових значень факторів у матрицю А, тобто $A=(a_{ij})$. Ця матриця обернено-симетрична, що тотожно відношенню $a_{ij}=1/a_{ji}$. Якщо остання рівність справедлива для всіх порівнянь, то матрицю А називають узгодженою. У задачах, де ваги можна виміряти точно, для узгодженої матриці очевидним є наступне співвідношення:

$$a_{ij} = \frac{g_i}{g_j};\ i, j = 1,2,\ldots,n \qquad (1).$$

Відомо, що матричне рівняння Ax=y є аналогом системи рівнянь:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_i = y_i;\ i = 1,2,\ldots,n\ ,$$

яка з урахуванням відношення (1) може бути приведена до виразу:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}g_j = ng_i;\ i = 1,2,\ldots,n\ ,$$

що відповідає скороченому векторному запису:

$$Ag=ng \qquad (2).$$

У виразі (2) g — власний вектор матриці А з власним значенням n.

Для досліджуваної задачі впливи між факторами визначаються суб'єктивно на основі експертних оцінок, тому величину аij не завжди можна обчислити точно, використовуючи рівняння (1). Виходом із ситуації може стати використання наступних тверджень теорії матриць [10].

Якщо числа $\lambda_1,\ldots,\lambda_n$ задовольняють рівняння $Ax = \lambda x$, тобто є власними значеннями матриці А, причому $a_{ij=1}$ для всіх *i*, то:

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = n \qquad (3).$$

Рівність (3) з додатковим врахуванням (2) означає, що тільки одне значення власного вектора матриці А рівне n, всі решта — нулі; тобто у випадку узгодженості експертних оцінок максимальне власне значення матриці А дорівнюватиме n. Частка від ділення суми компонент власного вектора на кількість

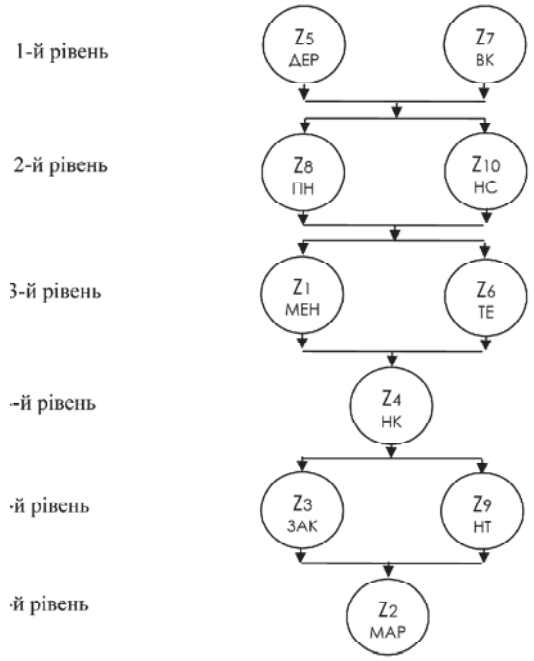

Рис. 1. Модель ієрархії факторів впливу на економічну безпеку вітчизняних поліграфічних підприємств

компонент (середнє арифметичне) визначить наближення до числа λ_{max}, яке називається максимальним або головним власним значенням. Ця величина стає основною характеристикою, яка використовується для встановлення міри узгодженості експертних оцінок стосовно попарних порівнянь факторів у задачах з лінгвістично невизначеними факторами, для розв'язання яких використовують теорію нечітких множин [11].

Стверджується також, що при незначній зміні елементів a_{ij} обернено-симетричної матриці А власне значення її вектора також зміниться несуттє-во, тобто власне значення λ_{max} буде близьким до n, а інші власні значення — незначно відрізнятимуться від нуля. Звідси випливає, що величина відхилення λ_{max} від n може служити мірою узгодженості, або адекватності експертних оцінок стосовно ваг факторів у залежності від рівня їх розміщення в ієрархічній моделі. Відхилення від узгодженості називається індексом узгодженості і виражається величиною

$$IU = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \qquad (4).$$

Незважаючи на висловлені вище застереження стосовно відсутності точних мір значущості заданих факторів, запропонуємо наступний спосіб вирішення проблеми [12; 13]. З врахуванням моделі ієрархії факторів встановимо відносні числові значення їх ваг, починаючи з найнижчого рівня, якому надамо вагу 10 умовних одиниць. Припустимо також, що кожний наступний рівень на 20 одиниць більший від попереднього. При наявності на одному рівні декількох факторів їх ваги встановлюються, виходячи з кількості приєднаних впливів, що тотожно функціональній повноті фактора. Якщо вершини таких факторів позначені як абсолютно залежні, тоді їх ваги обернено пропорційні до кількості фіксованих впливів. Наявність в одній вершині одночасно приєднаних та залежних впливів вимагає додаткової експертної оцінки при встановленні ваги фактора.

У результаті одержимо наступний числовий ряд ваг факторів: g_2(МАР)=10; g_9(НТ)=20; g_3(ЗАК)=40; g_4(НК)=50; g_1(МЕН)=70; g_6(ТЕ)=80; g_8(ПН)=90; g_{10}(НС)=100; g_7(ВК)=110; g_5(ДЕР)=120.

Для визначення шкали пріоритетів будуємо квадратну обернено-симетричну матрицю парних порівнянь [10], порядок якої визначається числом аналізованих факторів. Елементи матриці знаходимо із виразу (1), використовуючи вагові значення, отримані вище

	g_1 (70)	g_2 (10)	g_3 (40)	g_4 (50)	g_5 (120)	g_6 (80)	g_7 (110)	g_8 (90)	g_9 (30)	g_{10} (100)
g_1 (70)	1	7	7/4	7/5	7/12	7/8	7/11	7/9	7/3	7/10
g_2 (10)	1/7	1	1/4	1/5	1/12	1/8	1/11	1/9	1/3	1/10
g_3 (40)	4/7	4	1	4/5	1/3	1/2	4/11	4/9	4/3	2/5
g_4 (50)	5/7	5	5/4	1	5/12	5/8	5/11	5/9	5/3	1/2
g_5 (120)	12/7	12	3	12/5	1	3/2	12/11	4/3	4	6/5
g_6 (80)	8/7	8	2	8/5	2/3	1	8/11	8/9	8/3	4/5
g_7 (110)	11/7	11	11/4	11/5	11/12	11/8	1	11/9	11/3	11/10
g_8 (90)	9/7	9	9/4	9/5	3/4	9/8	9/11	1	3	9/10
g_9 (30)	3/7	3	3/4	3/5	1/4	3/8	3/11	1/3	1	3/10
g_{10} (100)	10/7	10	5/2	2	5/6	5/4	10/11	10/9	10/3	1

Для встановлення міри узгодженості числових значень попарних порівнянь факторів, заданих наведеною вище матрицею, служить вектор пріоритетів матриці, для знаходження якого обчислимо спочатку головний власний вектор, після чого нормалізуємо його. Отже, знаходимо добуток елементів кожного рядка і вираховуємо корінь 10-го степеня. Одержимо вектор:

E=(0,824; 0,174; 0,695; 0,869; 2,085; 1,390; 1,911; 1,564; 0,521; 1,737)

Нормалізуємо вектор E, для чого поділимо його компоненти на суму значень усіх компонент, що приведе до такого вектора:

E_n=(0,070; 0,015; 0,059; 0,074; 0,177; 0,118; 0,162; 0,133; 0,044; 0,148)

Нормалізований вектор En визначає уточнені числові пріоритети впливу на економічну безпеку

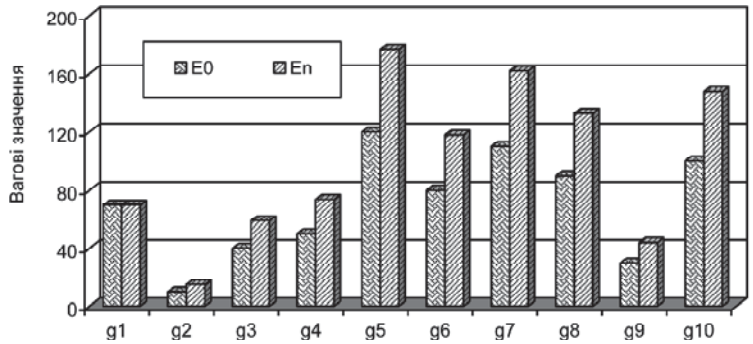

Рис. 2. Гістограма вагових значень компонент вихідного та нормалізованого векторів

Таблиця 1. Значення векторів

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5	g_6	g_7	g_8	g_9	g_{10}
E_0	70	10	40	50	120	80	110	90	30	100
E_n	0,070	0,015	0,059	0,074	0,177	0,118	0,162	0,133	0,044	0,148
$E_n \times k$	70	15	59	74	177	118	162	133	44	148
K_n	1	0,67	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68

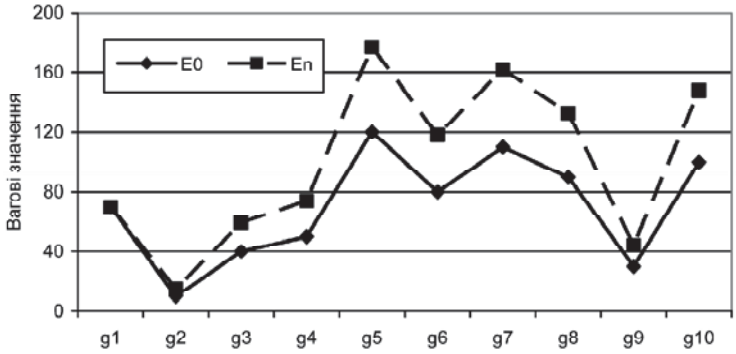

Рис. 3. Порівняльний графік вагових значень компонент вихідного та нормалізованого векторів

вітчизняних поліграфічних підприємств і встановлює попередній формальний результат розв'язання поставленої задачі. Для порівняння наведемо гістограму вагових значень вихідного та нормалізованого (компоненти якого помножимо на деякий коефіцієнт k) векторів. Для даної задачі прийнято k=1000, що забезпечує порівняльність компонент вказаних векторів. Як видно з гістограми (рис. 2), пропорції між числовими величинами ваг факторів в основному зберігаються.

Для оцінювання змін у відносних значеннях ваг нормалізованого вектора поділимо ваги факторів вихідного вектора на відповідні ваги компонент нормалізованого вектора (помножені на k=1000). Одержимо вектор Kn, компоненти якого назвемо коефіцієнтами нормалізації.

В ідеальному випадку коефіцієнти нормалізації повинні бути рівними між собою, у кращому разі — незначно відрізнятися. Такий результат може свідчити не тільки про належний рівень експертого оцінювання ситуації, але й про теоретичну і практичну узгодженість класу досліджуваної задачі й методів, використаних для її розв'язання. Маємо, крім того, додаткове свідчення вірогідності та достовірності отриманих результатів.

Як видно з табл. 1, відхилення значень складових вектора Kn практично відсутнє, що підтверджує адекватність моделі пріоритетів факторів, що зображена на рис. 2. Важливим для прийняття рішення є той факт, що компоненти вихідного та нормалізованого векторів знаходяться у допустимій області значень. Порівняльний графік вагових значень компонент вихідного та нормалізованого (помноженого на коефіцієнт масштабування) векторів зображено на рис. 3.

Обчислимо оцінку узгодженості вагових значень факторів [3]. Помножимо матрицю парних порівнянь справа на вектор E. Одержимо вектор

E_{n1}=(0,516; 0,145; 0,580; 0,716; 1,740; 1,160; 1,560; 1,270; 0,400; 1,450).

Знайдемо компоненти власного вектора λ. Ділимо компоненти вектора E_{n1} на відповідні компоненти вектора E_n. Дістанемо

E_{n2}=(7,370; 9,670; 9,830; 9,680; 9,830; 9,830; 9,630; 9,550; 9,090; 9,790).

Наближене значення для λ_{max}= 9,430, де λ_{max} — це середнє арифметичне компонент вектора E_{n2}.

Оцінка одержаного рішення визначається індексом узгодженості, який вираховується за формулою (4). У нашому випадку IU=0,06.

Значення індексу узгодженості зазвичай порівнюють з еталонними значеннями показника узгодженості [10], так званим випадковим індексом WI, який залежить від кількості об'єктів, що порівнюються. Випадковим індексом називають індекс узгодженості, одержаний для відгенерованої випадковим способом за шкалою від одого до дев'яти оберненo-симетричної матриці з відповідними оберненими величинами. При цьому результати вважаються задовільними, якщо пораховане значення індексу не перевищує 10% еталонного значення для відповідної кількості аналізованих об'єктів.

Таблиця 2. Еталонне значення індексу для об'єктів

К-ть об'єктів	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Еталонне значення індексу	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

Таблиця величин випадкового індексу для матриць різного порядку

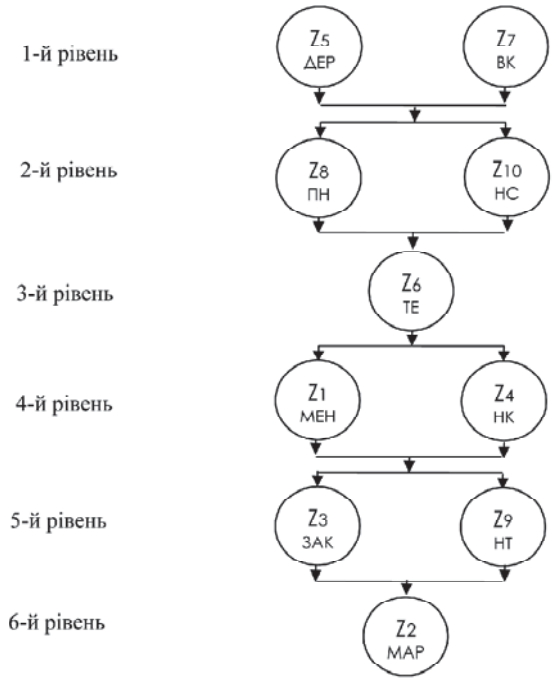

Рис. 4. Оптимізована модель ієрархії факторів впливу на економічну безпеку вітчизняних поліграфічних підприємств

(що рівнозначно різній кількості об'єктів) наведена нижче.

Для нашого випадку WI=1,49. Додатково результати оцінюють відношенням узгодженості, величину якої отримують із виразу: WU=IU/WI. Оскільки IU=0,06, то відповідно WU=0,04. Результати парних порівнянь можна вважати задовільними, якщо WU≤0,1. Отже, маємо до-статній рівень збіжності процесу та належну узгодженість експертних суджень стосовно вагових значень факторів, відображених у матриці парних порівнянь.

У результаті виконаного дослідження отримано нормалізовані вагові значення факторів (табл. 1), які впливають на на економічну безпеку вітчизняних поліграфічних підприємств. Ваги факторів оптимізовані за критерієм максимального значення власного вектора матриці парних порівнянь та адекватно відображають реальну ситуацію, відтворену у вихідній графічній моделі. При незадовільних значеннях індексу узгодженості та відношення узгодженості треба переглянути вихідний граф зв'язків між параметрами, уточнити значення встановлених ваг їх значущості та відповідних їм величин парних порівнянь, тобто розв'язати у деякому наближенні обернену задачу.

За компонентами нормалізованого вектора синтезовано оптимізовану модель ієрархії факторів порівняння графічних впливу на економічну безпеку вітчизняних поліграфічних підприємств (рис. 4).

Порівняння графічних моделей на рис. 1 і 4 додатково підтверджує узгодженість результатів задачі прогнозування впливу обраних факторів, що визначають економічну безпеку підприємств.

ВИСНОВКИ

У нашому дослідженні йдеться лише про спробу зрозуміти та оцінити сукупну дію факторів, дотичних до вказаної проблематики, через формалізацію зв'язків між ними (які насправді існують) та використання найбільш придатних засобів моделювання. Одержані при цьому ієрархічна та оптимізована моделі пріоритетності впливу факторів на економічну безпеку поліграфічних підприємств є об'єктивним результатом застосування відомих методів ієрархій та попарних порівнянь до вихідних даних, одержаних експертним способом та на основі аналізу літератури.

Література:

1. Воробйов В.І. Дослідження розвитку (фази) кризи на мікрорівні / Воробйов В. І. / XII Міжнар. наук.-практ. конф. з проблем вид.-полігр. галузі: тези доп. — К., 2009. — С. 6—8.

2. Воробйов В. І. Методичні основи побудови комплексної системи економічної безпеки підприємства / В. І. Воробйов// Наук. зап. (Укр. акад. друкарства). — 2011. — №1. — С. 38—44.

3. Воробйов В. І. Послідовність виникнення та розвитку кризи на підприємстві / Воробйов В. І. // Наук.-техн. конф. проф.-викл. складу, наук. спів роб. і асп. [Укр. акад. друкарства]: [тези доп. у 2-х ч.] [Ч. 1]. — Львів, 2010. — С. 26.

4. Штангрет А.М. Антикризове управління підприємством: навч. посіб. / Штангрет А.М., Копилюк О.І. — К.: Знання, 2007. — 335 с.

5. Штангрет А.М. Антикризове управління підприємством: підруч. / Штангрет А.М. — Львів: Укр. акад. друкарства, 2008. — 396 с.

6. Штангрет А.М. Криза підприємства: позитивні та негативні аспекти / Штангрет А.М., Воробйов В. І. // Наук. зап. (Укр. акад. друкарства). — 2009. — Вип. 2 (16). — С. 119—125.

7. Штангрет А.М. Стан та загрози кадровій безпеці на підприємствах поліграфії / Штангрет А.М., Воробйов В.І. // Економіка: проблеми теорії та практики: зб. наук. пр. — 2009. — Вип. 252: в 6 т. Т. І. — С. 229—238.

8. Штангрет А.М. Суть і ключові параметри кризи та антикризового управління на вітчизняних підприємствах / Штангрет А. М., Воробйов В. І. // Наук. зап. (Укр. акад. друкарства). — 2009. — Вип. 1 (15). — С. 109—117.

9. Воробйов В.І. Побудова моделі ключових загроз економічної безпеки вітчизняних поліграфічних підприємств / В.І. Воробйов, І.В. Піх, О.В. Мельников, А.М. Штангрет // Полігр. та вид. справа. — 2010. — Вип. 2 (52). — С. 18—30.

10. Саати Т. Принятие решений (Метод анализа иерархий): пер. с англ. / Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.

11. Сявавко М.С. Інформаційна система "Нечіткий експерт" / М. С. Сявавко. — Вид. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. — 320 с.

12. Сеньківський В. М. Автоматизоване проектування книжкових видань: моногр. / В. М. Сеньківський, Р.О. Козак. — Львів: Українська академія друкарства, 2008. — 200 с.

13. Сеньківський В.М. Модель ієрархії параметрів якості книжкових видань // Наук. зап. (Укр. акад. друкарства). — 2007. — Вип. 11. — С. 73—80.

Стаття надійшла до редакції 16.12.2010 р.