

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНІКА

УДК 519.83:681.518.25

В. М. Дубовой, д-р техн. наук, проф.;

Г. Ю. Дерман, асп.

ІГРОВИЙ ПІДХІД ДО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Розроблено ігровий підхід до прийняття рішення щодо розвитку інформаційних систем (ІС). Представлено модель задачі прийняття рішень з урахуванням прогнозування методом багатофакторної регресії. Наведено приклад бази знань для прогнозування впливу розвитку ІС на стан середовища. Для оцінки рівня виконання функцій ІС використано мультипликативний критерій, для оцінки рівня розвитку — адитивний. Наведено діаграму діяльності для розрахунку елементів платіжної матриці, що використовується для розв'язання гри методом динамічного програмування.

Вступ

Потужним інструментом для підвищення ефективності роботи підприємств є інформаційні системи (ІС), що постійно розвиваються, створюючи нові можливості і високу конкурентоспроможність. Розвиток ІС вимагає витрат ресурсів та не завжди дає позитивні результати, тому проблема збалансованого і безпечного розвитку інформаційних систем є актуальною.

Мета статті полягає у підвищенні якості прийняття рішень щодо розвитку ІС шляхом розробки ігрового підходу.

Питання моделювання і оптимізації розвитку технічних систем досліджуються в [1—4]. Зокрема зазначається, що початкові дані для прийняття рішення щодо розвитку ІС, по суті, є прогнозними значеннями [5]. Розглядаються переважно статистичні і експертні (в тому числі нечіткі) методи прогнозування [6, 7]. Особливості умов прогнозування в задачах розвитку свідчать про перспективність застосування ігрових методів для їх розв'язання [5]. Теорія ігор дозволяє формалізувати важливі аспекти прийняття рішень в різних галузях [8—10] в умовах невизначеності. Перспективним також є підхід з позицій теорії ігор до проблем управління, планування і прогнозування [11, 12].

Задачі: розробити модель розвитку ІС в умовах невизначеності і запропонувати ігровий підхід до прийняття рішень щодо розвитку ІС.

Результати досліджень

Розглянемо систему, зображену на рис. 1, що складається з організаційно-технічної підсистеми (ОТП), якій надаються послуги ІС, власне ІС і керувальної підсистеми (КП), яка і приймає рішення щодо подальшого розвитку ІС. ІС знаходиться під впливом зовнішнього середовища, яким для ІС є ОТП. Стан системи визначається двома факторами: вибраним керувальним впливом з боку керувальної системи і станом середовища.

Модель цієї системи є основою розв'язання задачі прийняття рішень (ЗПР) в умовах невизначеності. Нехай X — множина керувальних впливів (альтернатив) керувальної системи, Y — множина станів середовища. Для ЗПР щодо розвитку ІС множина X відповідно до структури ІС включає:

- функціональні компоненти: кількість функцій ІС (QF);
- компоненти системи опрацювання даних:

- 1) інформаційне забезпечення: обсяг даних (D);
- 2) програмне забезпечення: обсяг спеціалізованого програмного забезпечення S ;
- 3) технічне забезпечення: кількість робочих станцій W ; пропускна спроможність каналів зв'язку C ; продуктивність робочих станцій A_W ; обсяг довготривалої пам'яті M ; продуктивність серверів A_S ;

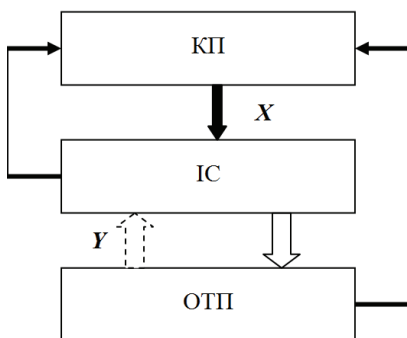


Рис. 1. Узагальнена схема взаємодії інформаційної і ОТ підсистем

— організаційні компоненти: кількість персоналу (QP) ІТ-відділу та їх кваліфікаційний рівень (L).
Для ЗПР щодо розвитку ІС під параметрами стану середовища є умови, від яких залежать впливи керувальної системи, зокрема:

- кількість користувачів системи U_S ;
- кількість та складність запитів R ;
- технічний T рівень ОТП;
- програмний P рівень ОТП.

Стан системи однозначно визначається парою векторів (x, y) , де $x \in X$ — рішення і $y \in Y$ — стан середовища. Керувальна система оцінює кожен стан ІС показником «корисності» цього стану $F: X \times Y \rightarrow R$.

Прийняття рішень відбувається в умовах неповної інформації про стан середовища. Сукупність правил, що визначають вибір впливів керуючої підсистеми в залежності від неповної інформації про стан середовища будемо називати — стратегіями, а функція $F(x, y)$ — функція виграшу/втрат системи.

Застосовуючи теоретико-ігрову термінологію, ЗПР в умовах невизначеності формулюється так. Нехай X — множина багатокрокових стратегій системи, $X = \{1, \dots, n\}$; Y — множина станів середовища, $Y = \{1, \dots, m\}$; $F(x, y)$ — функція виграшу системи. Потрібно знайти оптимальну стратегію, яка максимізує виграш (мінімізує втрати).

В умовах невизначеності стан середовища опишемо матрицею $B = [\beta_{ij}(\tau)]$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, $\beta_{ij} = \beta(x_i, y_j, \tau)$ — функція невизначеності прогнозованого стану y_j на інтервал часу τ за умови прийняття рішення x_i у момент часу $t = 0$. Очевидно, розглядувана гра відноситься до класу позиційних диференціальних ігор, оскільки на стан середовища впливає розвиток ІС. Крім того, інтервали часу τ між рішеннями щодо розвитку ІС можуть бути скільки завгодно малими.

Параметри системи охарактеризуємо такими значеннями: обсяг довготривалої пам'яті M , Гб; обсяг спеціалізованого програмного забезпечення S , Гб; кількість робочих станцій W ; пропускна спроможність каналів зв'язку C , Мбіт/с; продуктивність серверів A_S , с⁻¹ — кількість запитів, що обробляються, за одиницю часу; продуктивність робочих станцій A_W , оп./с — кількість операцій за одиницю часу; обсяг даних D , Гб; кількість персоналу ІТ-відділу QP ; кваліфікаційний рівень персоналу L (категорії); кількість виконуваних функцій системою QF ; кількість користувачів системи U_S ; кількість та складність запитів R визначатимемо як добуток складності запиту на кількість мінімальних операцій для його виконання; технічний рівень ОТП T та програмний рівень P задамо за допомогою порядкової шкали. Поточний рівень і технічний, і програмний позначимо за одиницю «1». Поточний рівень стану внутрішніх бізнес-умов візьмемо за «10».

Відповідно, модель задачі прийняття рішень з урахуванням прогнозування за методом багатофакторної регресії

$$\beta(y, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi D_y(t_0, t)}} e^{-\frac{[y - m_y(t_0, t)]^2}{2D_y(t_0, t)}}; \quad (1)$$

$$\tau = t - t_0; \quad (2)$$

$$m_{\Theta}(t_0, t) = m_{\Theta}(t_0) + k_{m_{\Theta}}\tau; \quad (3)$$

$$\Theta = \{M, P, W, C, A_S, A_W, D, S, L, QF, QP, I_C, U_S, R, T, P\}; \quad (4)$$

$$D_{\Theta}(t_0, t) = D_{\Theta}(t_0) e^{k_{D_{\Theta}}\tau};$$

$$(m, D)_{U_S} = N_1(M, P, W, C, A_S, A_W, D, S, L, QF, QP, I_C, E_C, y_0, \tau);$$

$$(m, D)_R = N_2(M, P, W, C, A_S, A_W, D, S, L, QF, QP, I_C, E_C, y_0, \tau); \quad (5)$$

$$(m, D)_L = N_3(M, P, W, C, A_S, A_W, D, S, L, QF, QP, I_C, E_C, y_0, \tau);$$

$$(m, D)_{I_C} = N_4(U_S, R, T, P, y_0, \tau); \quad (6)$$

$$x : \min \left[\int_0^\tau \int_Y F(x, y) \beta(y, t) dy dt \right], \quad (7)$$

де I_C — внутрішні бізнес-умови; E_C — зовнішні бізнес-умови; m — середнє значення; D — дисперсія.

Оскільки значна частина параметрів моделі може бути визначена переважно на основі експертних оцінок, то параметри регресійної моделі прогнозування впливу розвитку ІС на стан середовища визначимо з використанням нечітких методів за допомогою бази знань (БЗ). У табл. 1 і 2 наведені результати ідентифікації залежностей N_1 — N_4 для підприємства «Технопром-продукт». Підприємство виробляє засоби та системи автоматизації контролю в різних галузях.

Таблиця 1

БЗ щодо впливу розвитку ІС на стан середовища

№ правила	X											I_C	E_C	Y											
	L	S	QF	QP	M	P	W	C	A_S	A_W	D			U_S			Q			T			P		
														k_m	k_D	D_0	k_m	k_D	D_0	k_m	k_D	D_0	k_m	k_D	D_0
1	>	=	=	>	>	=	=	=	=	=	=	+	-	0,1	3,5	8,75	0,1	1	0	1	1	0,04	1	1	0,04
2	>	=	=	=	=	>	=	=	=	=	=	-	-	0,1	3,8	6,0	1	1	0	1	1	0,04	1	1	0,04
3	=	>	=	=	=	>	=	=	=	=	=	-	+	0,2	4,2	16,6	0,3	1	0,04	1	0,87	0,05	1	0,88	0,05
4	=	=	>	=	=	=	=	>	=	=	=	+	+	0,2	4,2	16,6	1	1	0	1	0,87	0,05	2	0,17	0,38
5	>	=	=	=	=	=	=	=	=	>	=	+	+	0,02	0,6	6,0	1	1	0	1	0,88	0,05	1	0,88	0,05
6	=	>	=	>	=	=	=	=	=	>	=	+	+	0,12	3,8	9,0	0,7	1	0,16	1	0,2	0,09	2	0,17	0,38
7	=	>	=	>	>	=	=	=	=	=	=	=	-	0,13	4	9,15	0,7	1	0,16	1	1	0,04	1	1	0,04
8	>	=	=	=	>	>	=	=	=	=	=	-	-	0,06	3,1	4,7	0,7	1	0,16	1	1	0,04	1	1	0,04
9	>	>	>	=	=	=	=	>	>	>	=	+	+	0,16	4	13	1	1	0	1	0,2	0,09	2	0,17	0,38
10	=	=	=	=	=	=	=	=	>	>	=	-	+	0,05	2,7	4,1	1	1	0	1	1	0,04	1	0,88	0,05
11	>	=	>	=	=	>	>	>	>	>	=	-	-	0,04	0,18	37,3	0,3	1	0,04	1	1	0,04	1	1	0,04
12	=	=	=	>	>	>	=	>	=	=	=	+	-	0,02	0,17	9,4	1	1	0	1	1	0,04	1	1	0,04
13	=	>	>	>	=	>	=	>	=	>	=	-	+	0,08	3,2	7,6	0,3	1	0,04	1	1	0,04	1	0,88	0,05
14	=	=	>	=	>	>	>	>	>	>	=	+	+	0,2	4,2	17,4	0,3	0,9	0,16	3	1	0,37	2	0,3	0,33
15	=	=	>	=	>	=	=	>	=	>	=	+	=	0,02	1,4	2,8	0,3	1	0,04	3	1	0,37	2	0,17	0,38

Примітки. > — збільшення параметра; + — сприятливий стан бізнес-умов; - — несприятливий стан бізнес-умов; = — стабільний стан бізнес-умов.

Таблиця 2

БЗ для прогнозування впливу стану середовища на розвиток внутрішніх процесів

№ правила	Y				I_C		
	U_S	R	T	P	k_m	k_D	D_0
1	>	=	=	=	0,2	0,31	0,33
2	=	>	=	=	0,33	0,88	0,046
3	=	=	>	=	1	0,88	0,046
4	=	=	=	>	1	0,88	0,046
5	>	>	=	>	1	1	0,368
6	=	>	>	=	1	0,22	0,089
7	>	=	>	=	0,2	0,59	0,247
8	=	>	=	>	0,2	0,51	0,267
9	>	>	>	>	1	1	0,368

ринку — Motorola Partner Tech, Wincor Nixdorf, Castless, Firich, Flytech, International Cash Drawer), рівня конкуренції у цьому сегменті ринку і прогнозу загального економічного розвитку.

Прогноз динаміки ВВП України в 2013 році: Закон України про Держбюджет на 2013 рік — 3,4 %; Міжнародне рейтингове агентство Standard & Poor's — 2,5 %, Fitch Ratings — 3,1 %; Міжнародний банк — 2,2 %; Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР) — 1 %; Міжнародний валютний фонд — 3,5 %; компанія Ernst&Young — 2,4 %; Oxford Economics — 4,2 % [14].

Усереднюючи ці показники, прогнозоване значення ВВП України на 2013 рік становить 2,8 %. Використовуючи дані Держкомстату [15] за минулі роки та прогнозоване значення розвитку, на рис. 2 зобразимо динаміку ВВП України. Здійснивши апроксимацію поліномом 3-го степеня та згладжуван-

ня, отримали прогнозоване значення, що рівне 4,2 %. За двома показниками можна зробити висновок, що середнє прогнозоване значення ВВП України на 2013 р. буде дорівнювати 3,5 %.

Для прогнозу курсу акцій компанії звернемося за статистичними даними до джерела [16]. Виконавши регресійний аналіз, отримаємо прогнозоване значення ціни акцій на ринку, що можемо спостерігати на рис. 3 (дані взяті за останні півроку).

Функцію втрат для підприємства «Технопром-продукт» визначимо у відповідності до [13]:

$$B^{III} = B^I + B^{II} = \sum_{f_i \in \left(\frac{F_{k0}}{F_k}\right)} d_i + C(\min(Q - Q_0)) + E_n(\min(Q - Q_0)), \quad (8)$$

де B^I — втрат під час реалізації функції підприємства F_k ; B^{II} — надлишкові витрати на утримання і розвиток ІС; d_i — прибуток, що приносять основні функції підприємства F_k ; Q — вектор оптимальних параметрів ІС; C — внутрішні умови; E_n — зовнішні умови, що не пов'язані з основними характеристиками підприємства.

Статті витрат на утримання і розвиток ІС можна поділити на: прямі матеріальні витрати; витрати на оплату праці; відрахування на соціальні заходи; амортизація основних виробничих засобів та інших необоротних матеріальних активів; витрати щодо орендної плати основних засобів; загальновиробничі витрати; адміністративні витрати.

Для підприємства «Технопром-продукт» виділимо функції ІС:

- автоматизація конструкторських робіт;
- реклама;
- збут продукції;
- постачання комплектуючих та організація виробництва;
- документообіг.

Залежність рівня реалізації функцій F_k від рівня розвитку Q добре апроксимується логістичною кривою [10]. Рівень реалізації функцій буде

вимірювати у відсотках від поставленої задачі. Для оцінки рівня виконання функцій ІС використаємо мультиплікативний критерій. Якщо хоча б одна з функцій ІС не буде реалізована, то вся робота підприємства буде припинена, а критерій буде дорівнювати «0». Оскільки критерії реалізації кожної функції нерівноцінні, тому необхідно враховувати коефіцієнти значимості кожної з них:

$$F_{\text{зар}} = \prod_{i=1}^n F_{k_i}^{g_i},$$

де g — коефіцієнти значимості i -ї функції; n — кількість функцій ІС.

Для оцінки рівня розвитку використаємо адитивний критерій (якщо будь-який з параметрів системи не буде розвиватися, то підприємство буде функціонувати, інше питання «як саме?»).

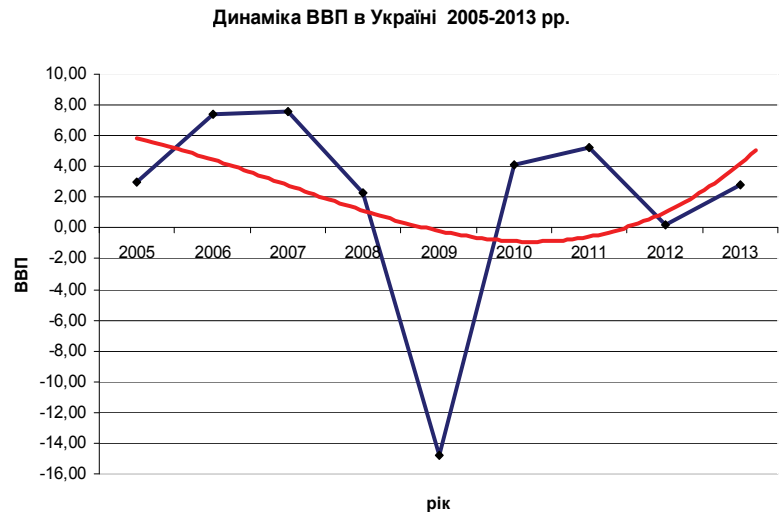


Рис. 2. Динаміка зміни ВВП в Україні за 2005—2013 рр.

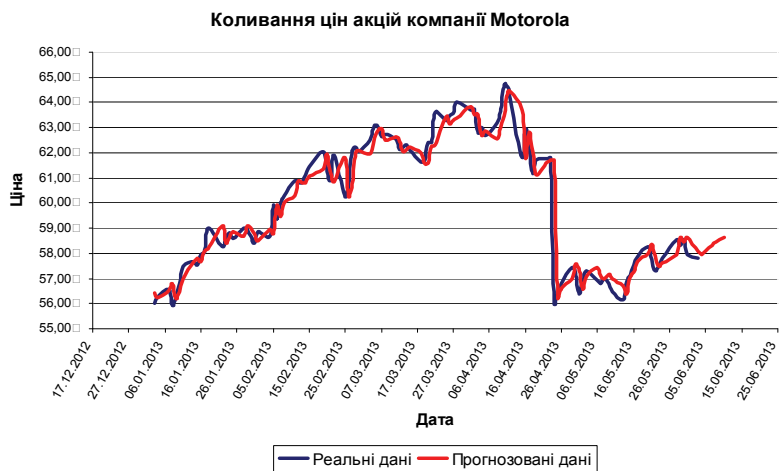


Рис. 3. Діапазон коливання цін акцій компанії Motorola

$$Q = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m K_j \frac{Q_{j\text{прог.}}}{Q_{j\text{поточ.}}},$$

де $\sum_{j=1}^m K_j = 1$ — коефіцієнти значимості j -го параметра; m — кількість параметрів ІС; $Q_{\text{прог}}$ — прогнозований рівень розвитку j -го параметра; $Q_{\text{поточ}}$ — поточний рівень розвитку j -го параметра.

Якщо рівень розвитку $Q < Q_{\text{мін}}$, де $Q_{\text{мін}}$ — мінімально необхідний рівень для функціонування підприємства, останнє практично не може реалізувати свої функції, а якщо $Q > Q_{\text{макс}}$, де $Q_{\text{макс}}$ — максимальний рівень характеристик, які можуть бути використані на підприємстві, то подальше зростання рівня не приводить до покращення реалізації функцій.

На підставі моделі (1)—(8) представимо платіжну матрицю: $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} \end{pmatrix}$,

де $\{a_{i,j}\}$ — елемент платіжної матриці, в якому i — індекс вектора рішень x_i , j — індекс вектора умов y_j , а $a_{ij} = F(x_i, y_j) \cdot \beta(y_j, \tau) \cdot \Delta y_j$.

Діаграму діяльності в процесі побудови платіжної матриці зображено на рис. 4.

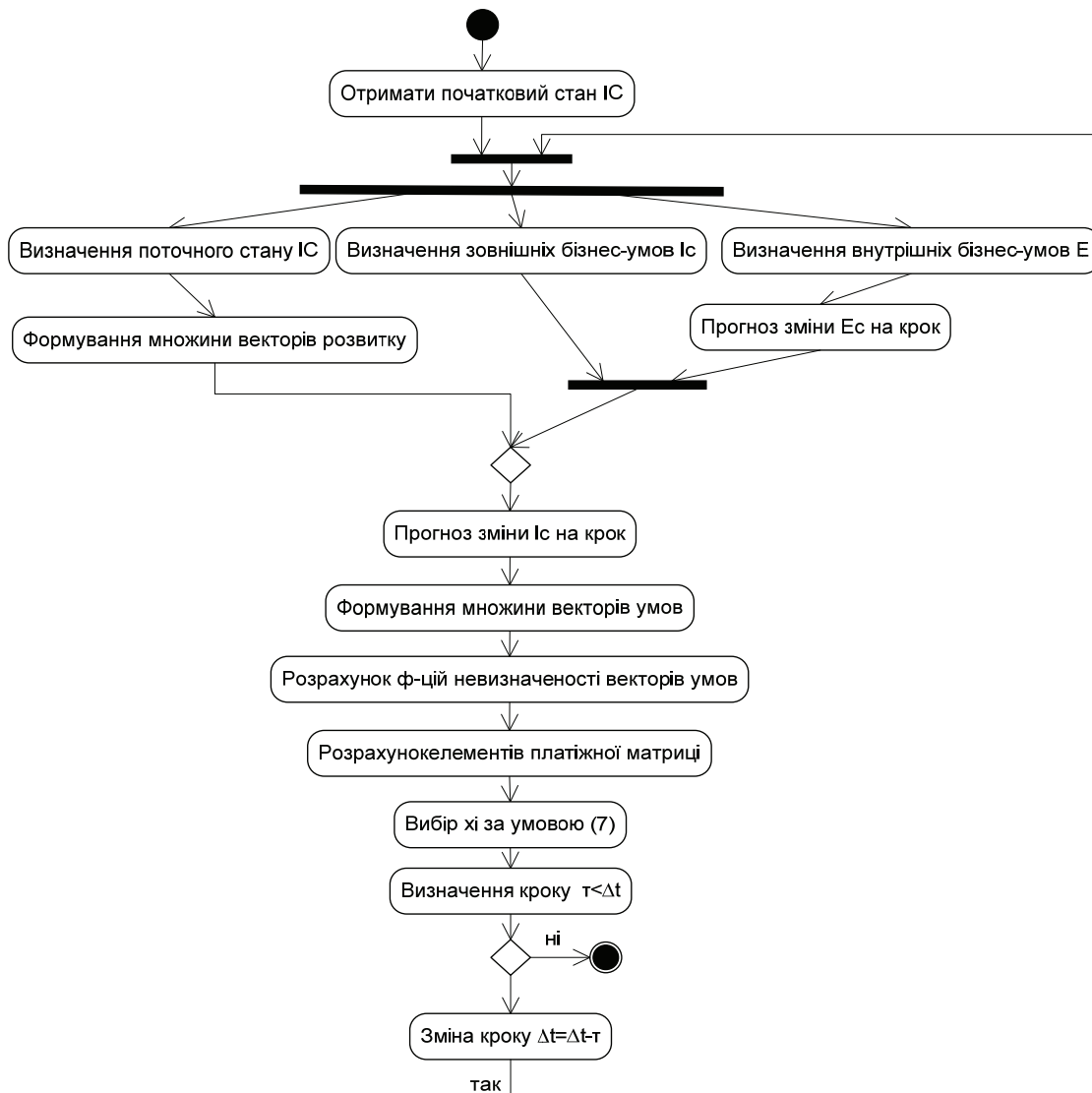


Рис. 4. Діаграма діяльності для розрахунку елементів платіжної матриці

Запропонований підхід до планування розвитку ІС реалізовано у програмному забезпеченні. Розв'язок гри знаходимо методом динамічного програмування. На рис. 5 показано вікно програми, в якому виводяться деякі рекомендації щодо розвитку параметрів ІС.

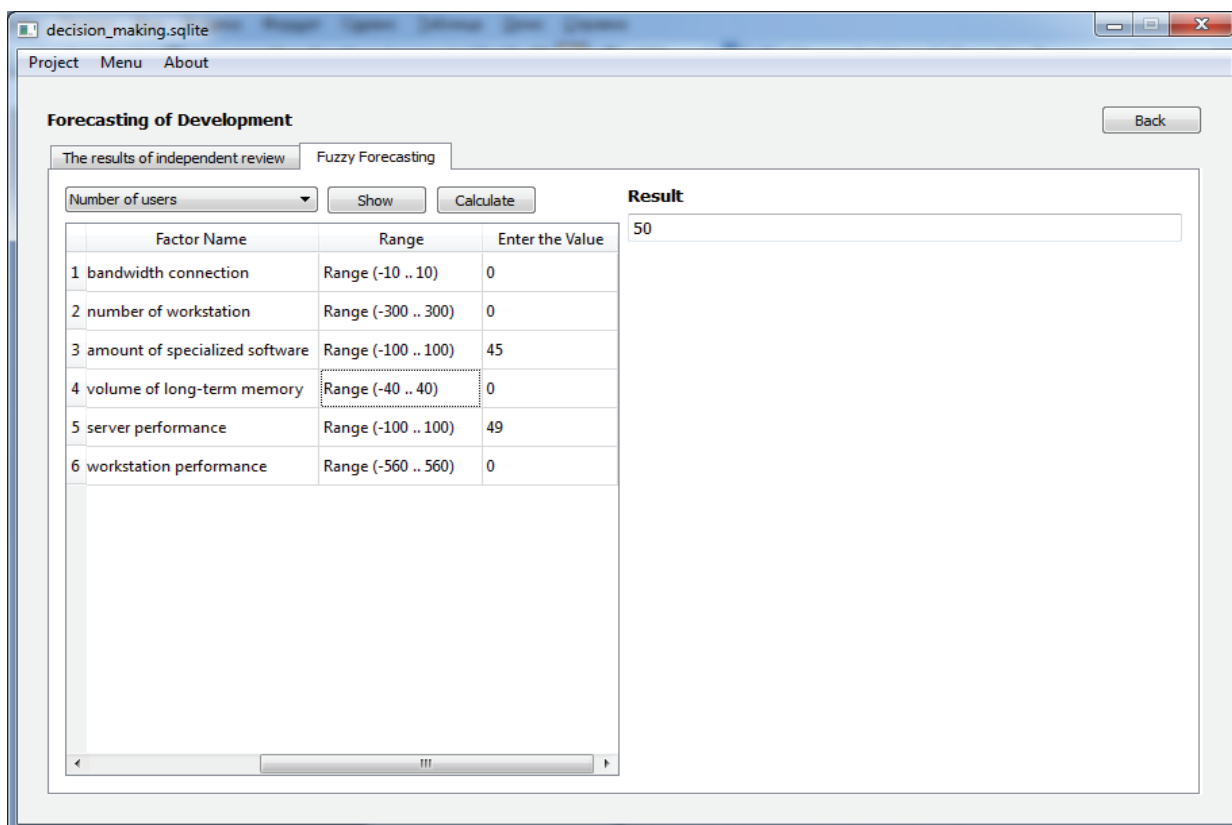


Рис. 5. Результат планування розвитку ІС

Висновки

В результаті досліджень розроблено модель системи, що є основою розв'язання задачі прийняття рішень в умовах невизначеності. Запропонована модель процесу розвитку інформаційних систем відрізняється тим, що в ній враховані параметри ІС, зовнішні та внутрішні чинники, які впливають на процес розвитку. Це забезпечує вищий рівень адекватності моделі. Ігровий підхід до прийняття рішення щодо розвитку ІС дозволяє розв'язати задачу формування рекомендацій щодо змін характеристик ІС, які сприятимуть підвищенню ефективності роботи підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моделювання і оптимізація процесів розвитку виробничих систем з урахуванням використання зовнішніх ресурсів та ефектів освоєння : моногр. / [Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов, П. В. Северілов.]. — Вінниця : ВНТУ, 2009. — 255 с. — ISBN 978-966-641-312-6.
2. Остапчук Ж. І. Моделювання в задачах розвитку електричних систем : навч. посіб. / Ж. І. Остапчук, В. В. Кулик, В. В. Тептя. — Вінниця : ВНТУ, 2008. — 128 с.
3. Арутюнян І. А. Сучасні підходи та моделі з оптимізації організаційно-технічного розвитку будівельного виробництва / І. А. Арутюнян, М. Д. Терех // Вісник Донбаської академії будівництва і архітектури. — 2010. — № 3(83). — С. 54—59.
4. Боровська Т. М. Оптимізація управління інноваційним розвитком при невизначеностях / Т. М. Боровська, Г. Ю. Дерман // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2011. — № 3. — С. 141—147.
5. Жемчугов А. Разработка стратегии предприятия: современный подход [Электронный ресурс] / А. Жемчугов, М. Жемчугов // Проблемы теории и практики управления. — 2011. — № 10. — С. 58—67. — Режим доступа : <http://corpsys.ru/Articles/Strategy/StrategyDevelopment.aspx>.
6. Тишевич Б. Л. Прогнозування процесів в технічних системах за допомогою нейронної мережі / Б. Л. Тишевич, К. К. Мельохіна // Енергетика. Екологія. Людина : Наукові праці НТУУ «КПІ», ІЕЕ. — К. : НТУУ «КПІ», ІЕЕ. — 2011. — С. 425—428.

7. Юдицкий С. А. Графодинамическое имитационное моделирование развития сетевых структур [Электронный ресурс] / С. А. Юдицкий // Управление большими системами. — 2011. — № 33. — С. 21—34. — Режим доступа : <http://ubs.mtas.ru/upload/library/UBS3302.pdf>.
8. Романюк В. В. Теорія антагоністичних ігор : навч. посіб. / В. В. Романюк. — Львів : Новий Світ, 2000, 2010. — 294 с.
9. Reluga T. Game theory of social distancing in response to an epidemic / T. Reluga // PLOS Computational Biology. — 2010. — № 6.
10. Kannan R. Game-theoretic models for reliable path length and energy-constrained routing with data aggregation in wireless sensor networks / R. Kannan, S. Iyengar // IEEE J. Sel. Area Commun. — 2004. — № 22. — P. 1141—1150.
11. Жихор О. Б. Економетричні методи прогнозування науково-технічного прогресу та світового розвитку / О. Б. Жихор, Р. А. Коваль // Науковий вісник НЛТУ України. — 2012. — № 22(6). — С. 318—329.
12. Губко М. В. Теория игр в управлении организационными системами. — Изд. 2-е, перер. и доп. / М. В. Губко, Д. А. Новиков. — М., 2005. — 168 с.
13. Дубовой В. М. Формалізація задачі прийняття рішень щодо розвитку корпоративних інформаційних систем в умовах невизначеності / В. М. Дубовой, Г. Ю. Дерман // Вісник Хмельницького національного університету. — 2012. — № 1(185). — С. 147—151.
14. Динамика ВВП в 2002—2013 гг. [Электронный ресурс] // Z-Украина. Аналитика, статистика. — Режим доступа : zet.in.ua/economic/macroeconomic/vvp/dinamika-vvp-ukrainy-2002-2013/.
15. Быстрорастущие рынки: очевидные различия. Прогноз по России, Казахстану и Украине [Электронный ресурс] // Ernst&Young. — Режим доступа : <http://www.ey.com/RU/ru/Issues/Driving-growth/RGM-forecast-summer-2012---Russia-Kazakhstan-Ukraine>.
16. Провайдер фінансової інформації належить Yahoo! [Електронний ресурс] // Yahoo. — Режим доступу : <http://finance.yahoo.com>.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління

Стаття надійшла до редакції 10.07.2013
Рекомендована до друку 13.09.2013

Дубовой Володимир Михайлович — завідувач кафедри, *Дерман Галина Юрївна* — аспірантка.
Кафедра комп'ютерних систем управління, Вінницький національний технічний університет, Вінниця