

УДК 005.8:004.415

П 79

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЗМОВ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

INFORMATION SYSTEMS DESIGN AND IMPROVEMENT
FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES ON THE BASIS
OF COGNITIVE MODELING

А. М. Возный, канд. техн. наук, доц.

Voznyi A. M., Candidate of Technical Sciences, associate professor.

Б. Н. Гордеев, д-р техн. наук, доц.;

Gordeyev B. N., Candidate of Technical Sciences, associate professor.

К. В. Кошкин, д-р техн. наук, проф.;

Koshkin K. V., Doctor of Technical Sciences, professor.

А. Ю. Яни, преподаватель

Yani A. Y., lecturer

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv

Аннотация. Предложена модель оценки влияния изменения различных факторов на эффективность функционирования информационных систем при ее проектировании и модернизации в условиях ограниченного финансирования.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, проектирование информационных систем, системы поддержки принятия решений.

Abstract. An estimation model regarding different factors changing influence upon the efficiency of IT systems functioning is suggested. The model was applied to the system during its development and modernisation in terms of the limited financing.

Keywords: cognitive modeling, information systems design, decision support systems.

Анотація. Запропоновано модель оцінки впливу зміни різних факторів на ефективність функціонування інформаційних систем при її проектуванні та модернізації в умовах обмеженого фінансування.

Ключові слова: когнітивне моделювання, проектування інформаційних систем, системи підтримки прийняття рішень.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Внедрение и совершенствование информационных технологий на промышленных предприятиях имеет целью повышение эффективности производственных процессов, процессов подготовки производства и управления предприятием, что в конечном итоге способствует поддержанию и росту конкурентоспособности на внутреннем и мировом рынках.

Проектирование и внедрение информационных систем (ИС) является длительным, трудоемким и высокозатратным процессом [1]. Наибольшие сложности при реализации ИТ-проекта возникают на этапе планирования. Они связаны с тем, что на этом этапе достаточно тяжело спрогнозировать его экономическую эффективность.

На этапе планирования процесс принятия решения связан с выбором оптимальной конфигурации информационной системы с точки зрения эффективности деятельности предприятия. В процессе принятия решения учитывается изменение показателей эффективности предприятия в зависимости от выбранной структуры ИС [4].

В настоящее время для оценивания альтернатив решений широкое применение находит метод анализа иерархий Т. Саати [5]. Этот метод хорошо работает в статических ситуациях и позволяет выбрать лучшее решение по многим факторам. Однако при решении задачи выбора лучшей альтернативы управления динамической ситуацией возникает целый ряд проблем. Для уменьшения возможных ошибок экспертов при оценивании динамических ситуаций предлагается дополнить оценочную иерархию моделью динамики развития ситуации, построенной на основе когнитивного моделирования.

PROBLEM STATEMENT

IT systems introduction and improvement at the industrial enterprises is aimed at the production processes effectiveness increase as well as preproduction and management improvement, which leads to competitive ability increase in the local and world markets.

Design and introduction of IS is a long, labour-consuming and money-consuming process [1]. Planning is the most complicated stage of an IT project development. It is very difficult to predict the economy effectiveness of the project.

At the stage of the planning the process of decision-making is connected with the choice of optimal IS configuration from the point of view of enterprise effectiveness. In the process of decision-making the change of the enterprise efficiency parameters is considered depending on the IS structure chosen [4].

The aim of the study is the development of mechanisms of IS improvement for industrial enterprises on the basis of cognitive models.

Currently the decisions alternatives estimation is performed through the hierarchy analysis technique introduced by Saati T. [5]. This technique works well in static situations and allows better choosing taking many factors into consideration. Though, while finding the better variant of alternative for the dynamic situation management, a number of problems appears. To minimize possible experts' mistakes of dynamic situations estimation, we offer to add a situation development model, built on the base of cognitive modelling, to the estimation hierarchy.

АНАЛИЗ ПРЕДЫДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Когнитивное моделирование позволяет в условиях взаимовлияния и многофакторности выполнить исследование ИС и направлений их совершенствования. Одним из важнейших критериев являются затраты, учет которых просто необходим для того, чтоб внедрение информационной системы было прибыльным, качественным и могло обеспечить конкурентоспособность предприятия.

Количество факторов ситуации, которые необходимо учесть для адекватной оценки проекта внедрения и совершенствования информационной системы промышленного предприятия, достаточно велико [2]. Продемонстрируем возможности использования подхода на примере следующих обобщенных факторов:

x_1 — надежность функционирования системы;

x_2 — производительность системы;

x_3 — экономический эффект;

x_4 — экономичность системы;

x_5 — квалификация персонала;

x_6 — поддержка системы (сервисное обслуживание системы в процессе эксплуатации);

x_7 — модернизация (пригодность системы к изменениям, повышающим характеристики функционирования) и ремонтпригодность;

x_8 — возможность тестирования (обеспечение мониторинга функционирования системы);

x_9 — численность персонала;

x_{10} — соответствие требованиям стандартов качества;

x_{11} — количество уровней управления.

Перечисленные факторы можно объединить в следующие группы:

организационные факторы (x_5, x_9, x_{11});

эксплуатационные факторы (x_6, x_7, x_8);

техничко-экономические показатели ($x_1, x_2, x_3, x_4, x_{10}$).

ANALYSIS OF PREVIOUS RESEARCH

Cognitive modeling allows performing of IS study and improvement under the conditions. One of the most important criteria are expenditures whose assessment is simply necessary for the information system introduction. The system should be of high quality, to bring income and to guarantee the enterprise's competitive ability.

Quantity of situation factors, which are necessary to be taken into consideration for the adequate estimation of the information system project, is rather large [4].

Let us demonstrate opportunities of the approach on the base of the following general factors:

x_1 — system functioning reliability;

x_2 — system productivity;

x_3 — economic effect;

x_4 — system efficiency;

x_5 — personnel qualification;

x_6 — system support (system maintenance in the process of its operation);

x_7 — modernisation and maintainability;

x_8 — testing feasibility (system functioning monitoring);

x_9 — personnel number;

x_{10} — quantity standards conformity;

x_{11} — management levels quantity.

The factors mentioned can be divided into the following groups:

organisational factors (x_5, x_9, x_{11});

operational factors (x_6, x_7, x_8);

technical/economical indicators ($x_1, x_2,$

x_3, x_4, x_{10}).

Для определения целенаправленного поведения в сложной ситуации в когнитивной модели параметров и факторов системы выделены целевые факторы: x_5 — квалификация персонала и x_{11} — количество уровней управления.

При повышении x_5 улучшаются $x_1, x_2, x_3, x_4, x_6, x_7, x_8, x_{10}$, уменьшается x_9 . Уменьшение уровней управления x_{11} также приводит к улучшению $x_1, x_2, x_3, x_4, x_6, x_7, x_8, x_{10}$, уменьшается x_9 .

ЦЕЛЬЮ РАБОТЫ является разработка механизмов совершенствования информационных систем промышленных предприятий на основе их когнитивных моделей.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В предложенной модели помимо целевых факторов существуют и ключевые концепты x_3 и x_{10} , которые изменяются сами, не затрагивая другие параметры системы.

Продемонстрируем возможности когнитивного моделирования и принятия решений на примере программной системы «Канва», разработанной в Институте проблем управления Российской АН. Она обеспечивает работу следующих подсистем: представления исходной информации; извлечения предпочтений эксперта; обработки; представления результатов моделирования; поддержки аналитической деятельности эксперта [3].

В рамках формирования исходной информации необходимо для каждого фактора задать интервал варьирования значение, а также текущее достигнутое значение, принадлежащее этому интервалу (табл. 1).

На рис. 1 приведен пример моделирование шкалы значений фактора.

На следующем этапе необходимо определить взаимное влияние факторов и направление такого влияния

For the determination of the task-oriented behavior in the complicated situation the aim-oriented factors are defined in the cognitive model which are x_5 (personnel qualification) and x_{11} (quantity of management levels).

When x_5 increases, $x_1, x_2, x_3, x_4, x_6, x_7, x_8, x_{10}$ also increase, but x_9 decreases. Reduction of management levels x_{11} also leads to $x_1, x_2, x_3, x_4, x_6, x_7, x_8, x_{10}$ improvement, while x_9 decreases.

BASIC MATERIAL

In the offered model besides aim-oriented factors the key concepts x_3 and x_{10} also exist which change, without other parameters of the system changing.

Let us show cognitive modeling and decision-making opportunities on the example of the «Kanva» program system. It ensures the following subsystems functioning: representation of the initial information; extraction of the expert preferences; processing; representation of modeling results; support of an expert's analytical activity [5].

Within the limits of the initial information it is necessary to set an interval of value variations for each factor, and also the current value within this interval (Table 1).

An example of the factor scale modeling is shown in Fig. 1.

At the next stage it is necessary to define factors interference and its direction (positive or negative connection).

Таблица 1. Значения факторов

Table 1. Factors Values

Фактор / Factor	Мин. / Min	Макс. / Max.	Текущее / Current
Надежность функционирования системы, % <i>A system functioning reliability, %</i>	0	100	80
Производительность системы, тыс. запросов/мин <i>System productivity, thousands requires/min</i>	1	100	30
Экономический эффект, тыс. грн <i>Economic effect, thousands UAH</i>	-10	150	50
Экономичность системы, тыс. грн <i>System efficiency, thousands UAH</i>	20	250	120
Квалификация персонала, баллы <i>Personnel qualification, grades</i>	0	10	5
Поддержка системы, тыс. грн <i>System support, thousands UAH</i>	8	80	24
Модернизация и ремонтпригодность, баллы <i>Modernization and maintainability, grades</i>	0	10	7
Возможность тестирования, баллы <i>Testing opportunity, grades</i>	0	10	6
Численность персонала, чел. <i>Personnel number, persons</i>	20	150	50
Соответствие требованиям стандартов качества, % <i>Q S requirements meeting, %</i>	0	100	65
Количество уровней управления, ед. <i>Management levels number, items</i>	1	10	4

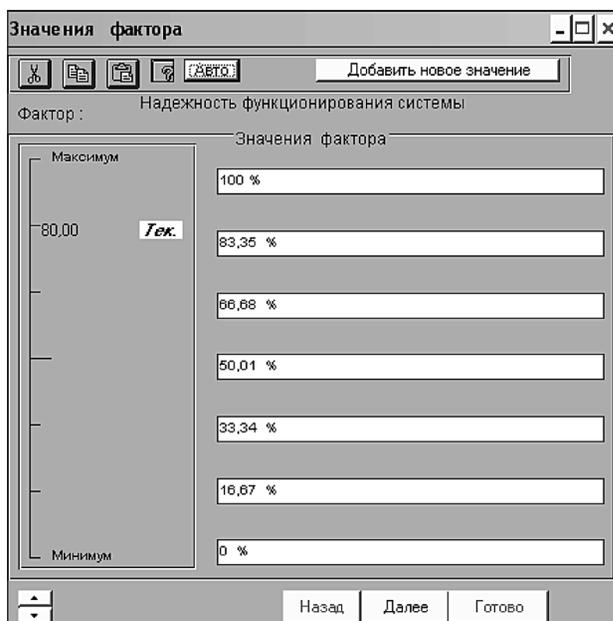


Рис. 1. Моделирование шкалы значений для фактора «Надежность функционирования системы»

Fig.1. Modeling of values scale «Reliability of System Functioning»

(положительная или отрицательная связь). Матрица смежности, отражающая инцидентность факторов, приведена в табл. 2. Когнитивная модель ситуации представляется в виде ориентированного знакового графа (рис. 2).

Для определения силы взаимовлияния факторов в системе «Канва» су-

Adjacency matrix reflecting incidence of factors is shown in Table 2. Cognitive model of a situation is represented in the form of the directed sign graph (Fig. 2).

For factors interference force determination of «Kanva» system there is a sub-

Таблица 2. Взаимосвязь факторов информационной системы

Table 2. Information system factors interrelation

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}
x_1		+	+	+					-		
x_2			+	+							
x_3											
x_4			+								
x_5	+	+	+	+		+	+	+	-	+	
x_6	+	+									
x_7	-	+	+	+					-	+	
x_8	+									+	
x_9			-	-		+		+			
x_{10}											
x_{11}	+	+		+		+	+	+	-	+	

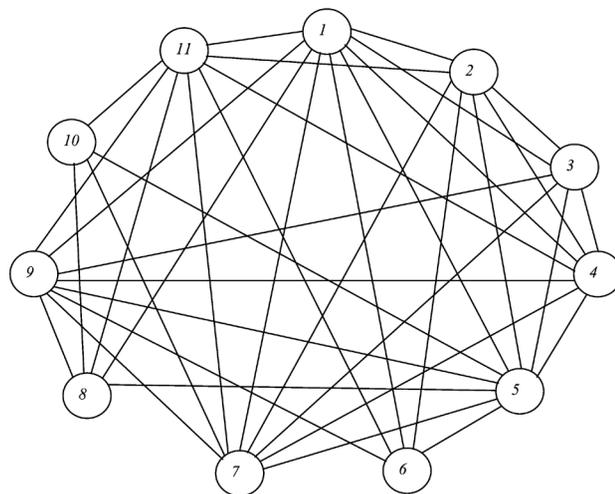


Рис. 2. Когнитивная модель ситуации: 1 — надежность функционирования системы; 2 — производительность системы; 3 — экономический эффект; 4 — экономичность системы; 5 — квалификация персонала; 6 — поддержка системы; 7 — модернизация; 8 — возможность тестирования; 9 — численность персонала; 10 — соответствие требованиям стандартов качества; 11 — количество уровней управления.

Fig. 2. Situation Cognitive Model. 1 — System Functioning Reliability; 2 — System Productivity; 3 — Economic Effect; 4 — System Efficiency; 5 — Personnel Qualification; 6 — System Support; 7 — Modernization; 8 — Testing Possibility; 9 — Personnel Number; 10 — Compliance with the Quality Standard Requirements; 11 — Management Levels Number.

ществует подсистема извлечения предпочтений эксперта. В этой подсистеме в качестве исходной информации используется информация о числовых или лингвистических значениях факторов ситуации и знаковый граф ситуации. Система обеспечивает генерацию вопросов эксперту и определение силы причинных связей между факторами в трех режимах: прямого оценивания, парного сравнения, задания функциональной зависимости.

Для решения поставленной задачи целесообразно применять режим парного сравнения. В этом режиме с помощью процедуры парного сравнения осуществляется упорядочивание факторов причин по силе влияния на фактор следствия (рис. 3). Также в режиме парного сравнения осуществляется автоматическое обнаружение ошибок (нетранзитивных оценок) эксперта и их автоматическая или ручная корректировка.

В результате парного сравнения факторов получаем оценки величины их взаимного влияния (рис. 4).

На основе сформированной модели можно решать два типа задач:

system of the expert preferences extraction. In this subsystem numerical or linguistic values are used as initial information of the situation factors and the sign graph of the situation is used. The system provides questions generation to the expert and causal relationships determination between factors in three modes: direct estimation, pair comparison, functional dependence.

It is reasonable to apply a mode of paired comparison for solving of this problem. In this mode ordering of reasons factors according to the influence force on effect factor is carried out by means of paired comparison procedure (Fig. 3). Also within the mode of paired comparison automatic determination of errors (non-transitive estimations) made by the expert and their automatic or manual updating is carried out.

As a result of factors paired comparison we receive estimations of their interference (Fig. 4).

On the basis of the generated model it is possible to solve two types of problems:

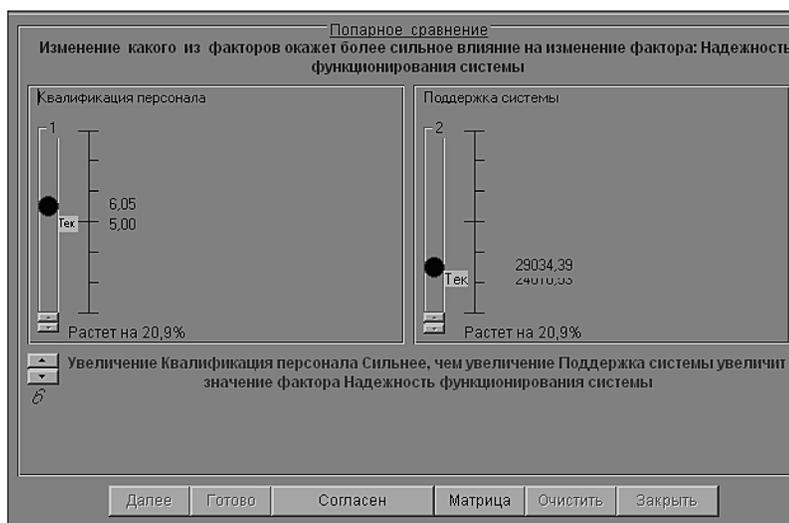


Рис. 3. Интерфейс режима парного сравнения факторов

Fig. 3. Interface of Factors Paired Comparison Mode

	ВХОД	ТЕКУЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ	ВЫХОД	КОНСОЛАНС
Надежность функционирования системы		80,00 %	Растет на 19,8%	Возможно (0,48)
Производительность системы		30005,26	Растет на 19,4%	Возможно (0,48)
Экономический эффект		50000,00	Растет на 19,4%	Почти достоверно (0,81)
Экономичность системы		120019,74	Растет на 19,6%	Очень возможно (0,72)
Квалификация персонала	Растет на 19,8%	5,00	Не меняется	Невозможно (0,00)
Поддержка системы		24010,53	Падает на -19,4%	Возможно (0,56)
Модернизация		7,00	Растет на 19,6%	Достоверно (1,00)
Возможность тестирования		6,00	Растет на 19,6%	Возможно (0,59)
Численность персонала		50,02	Падает на -19,6%	Почти достоверно (0,81)
Соответствие требованиям стандартам качества		65,00 %	Растет на 19,8%	Почти достоверно (0,93)
Количество уровней управления		4,00	Не меняется	Невозможно (0,00)

Рис. 4. Количественные оценки величины взаимного влияния факторов
Fig. 4. Quantitative Estimations of Factors Interference

прямую (определение степени изменения результирующих факторов при изменении исходных);

обратную (определение необходимой величины изменения исходных факторов для получения целевого значения результирующих факторов).

На рис. 5 представлены результаты оценки влияния изменения фактора «Квалификация персонала» на 1 балл (с 5 до 6) на остальные факторы системы. Как видно из представленных данных, этот фактор улучшает практически все результирующие параметры системы на величину своего приращения.

На рис. 6 представлены результаты оценки необходимой величины изменения таких факторов, как «Надежность функционирования системы», «Производительность системы», «Квалификация персонала» и «Численность персонала», для повышения экономического эффекта от функционирования информационной системы на 20 %.

На рис. 7 приведена расшифровка сценария изменения целевого фактора на 20 %, а на рис. 8. фрагмент подробного описания шагов сценария.

– Direct problem (changes degree determination of final factors in case of initial factors change);

– Inverse problem (determination of the initial factors necessary change for final factors target value getting);

The results of the factor change influence estimation of “Personnel Qualification” in 1 point (from 5 to 6) on the other factors of the system are presented in Fig.5. Clear from the represented data, this factor improves almost all system final parameters on size of its increment.

Estimation results of necessary volume of changes concerning such factors as «Reliability of the System Functioning», «System Productivity», «Personnel Qualification» and «Personnel Number» in order to increase economic benefits because of information system functioning on 20 % are presented in Fig. 6.

There is a scenario concerning interpretation of the target factor change of 20 % change in Fig. 7 and a fragment of the detailed scenario steps description of the is depicted in Fig. 8.

	ВХОД	ТЕКУЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ	ВЫХОД	Консонанс
Надежность функционирования системы		80,00 %	Растет на 19,6%	Возможно (0,48)
Производительность системы		30005,26	Растет на 19,4%	Возможно (0,48)
Экономический эффект		50000,00	Растет на 19,4%	Почти достоверно (0,81)
Экономичность системы		120019,74	Растет на 19,6%	Очень возможно (0,72)
Квалификация персонала	Растет на 19,8%	5,00	Не меняется	Невозможно (0,00)
Поддержка системы		24010,53	Падает на -19,4%	Возможно (0,58)
Модернизация		7,00	Растет на 19,6%	Достоверно (1,00)
Возможность тестирования		6,00	Растет на 19,6%	Возможно (0,59)
Численность персонала		50,02	Падает на -19,6%	Почти достоверно (0,81)
Соответствие требованиям стандартам качества		65,00 %	Растет на 19,6%	Почти достоверно (0,93)
Количество уровней управления		4,00	Не меняется	Невозможно (0,00)

Рис. 5. Оценка влияния изменения фактора «Квалификация персонала» на 1 балл
Fig. 5. Estimation of the Factor Change Influence «Personnel Qualification» in 1 point

	ВХОД	ТЕКУЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ	ВЫХОД	Консонанс
Надежность функционирования системы	Растет на 25%	80,00 %	Растет на 20,2%	Возможно (0,48)
Производительность системы	Растет на 167,9%	30005,26	Растет на 24,8%	Возможно (0,55)
Экономический эффект		50000,00	(Цель) Растет на 20%	Почти достоверно (0,81)
Экономичность системы		120019,74	Растет на 30,9%	Почти достоверно (0,81)
Квалификация персонала	Растет на 20,4%	5,00	Не меняется	Невозможно (0,00)
Поддержка системы		24010,53	Падает на -20%	Возможно (0,58)
Модернизация		7,00	Растет на 20,2%	Достоверно (1,00)
Возможность тестирования		6,00	Растет на 20,2%	Возможно (0,59)
Численность персонала	Падает на -20,2%	50,02	Падает на -20,2%	Почти достоверно (0,81)
Соответствие требованиям стандартам качества		65,00 %	Растет на 20,2%	Почти достоверно (0,93)
Количество уровней управления		4,00	Не меняется	Невозможно (0,00)

Рис. 6. Оценка необходимой величины приращения факторов для повышения экономического эффекта на 20%

Fig. 6. Estimation of the necessary amount of factors increment in order to increase economic efficiency for 20%

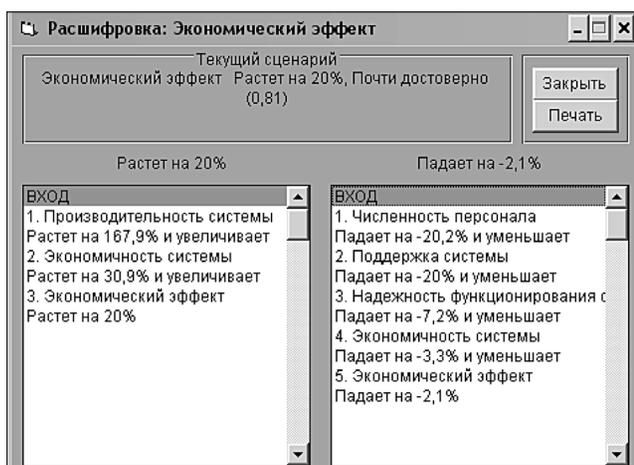


Рис. 7. Расшифровка сценария изменения целевого фактора

Fig. 7. Scenario interpretation of the target factor change

	0	1	2	3	4			
Надежность функционирования системы	Растет на 122%	Надежность функционирования системы	Растет на 86,8%	Надежность функционирования системы	Растет на 125%	Надежность функционирования системы	Падает на -100%	Над функционирования системы
Производительность системы	Растет на 209,1%	Производительность системы	Растет на 167,9%	Квалификация персонала	Падает на -100%	Квалификация персонала	Падает на -100%	Квал персонал
Экономичность системы	Растет на 30,9%	Квалификация персонала	Растет на 20,4%	Поддержка системы	Растет на 185,8%	Поддержка системы	Растет на 299,9%	Поддержка системы
Квалификация персонала	Растет на 69,7%	Поддержка системы	Растет на 299,9%	Модернизация	Растет на 142,8%	Модернизация	Падает на -100%	Модернизация
Модернизация	Растет на 142,8%	Модернизация	Падает на -100%	Возможность тестирования	Растет на 166,5%	Возможность тестирования	Растет на 166,5%	Возможность тестирования
Численность персонала	Падает на -20,2%	Возможность тестирования	Растет на 166,5%	Численность персонала	Растет на 259,9%	Численность персонала	Растет на 187,7%	Численность персонала
		Численность персонала	Падает на -44,9%	Количество уровней управления	Растет на 224,8%	Количество уровней управления	Растет на 224,8%	Количество уровней управления
		Количество уровней управления	Растет на 224,8%					

5 Уровень среза в % Пересчет Расшифровка Печать Закрыть

Рис. 8. Фрагмент подробного описания шагов сценария

Fig. 8. A fragment of the detailed scenario steps description

ВЫВОДЫ

1. Предложена модель оценки влияния изменения различных факторов на эффективность функционирования ИС, что позволяет принимать обоснованные

CONCLUSION

1. The model of a various factors change influencing on the information system estimation is offered, that allows to accept reasonable decisions as to its development

решения при ее проектировании и модернизации в условиях ограниченного финансирования.

2. Установлена возможность решения обратной задачи нахождения требуемой величины приращения исходных факторов для нахождения целевого значения результирующего фактора, что необходимо для разработки возможных сценариев реализации проектов создания и модернизации ИС.

3. Показано, что для оценки величины взаимного влияния факторов целесообразно использовать метод парного сравнения.

4. Дальнейшие исследования в данном направлении связаны с разработкой механизмов сценарного анализа проектов создания и модернизации ИС.

and modernization under the limited financing.

2. Possibility of an inverse problem solving concerning required size of the initial factors increment in order to get target value of the resulting factor, that is necessary for possible scenarios of information system projects implementation, creation and modernization is developed.

3. It is shown that in order to estimate mutual influence of factors it is reasonable to apply a pair comparison method.

4. Further investigations in the above-mentioned direction are connected with a mechanism of projects scenario analysis regarding information systems creation and modernization.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- [1] **Баранов, В. В.** Информационные технологии и управление предприятием [Текст] / Г. Н. Калянов, Ю. Н. Попов, И. Н. Титовский. — М. : Компания АйТи, 2009. — С. 86–93; 145–170.
- [2] **Возный, А. М.** Управление проектами совершенствования информационных систем в условиях ограниченного финансирования [Текст] / А. М. Возный, К. В. Кошкин, А. Ю. Яни // Матер. VII Міжнар. наук.-практ. конф. «Управління проектами: стан та перспективи». — Миколаїв : Видавництво НУК, 2011. — С. 81–85.
- [3] **Кулинич, А. А.** Когнитивная система поддержки принятия решений «Канва» [Текст] / А. А. Кулинич // Программные продукты и системы. — 2002. — № 3. — С. 25–28.
- [4] **Митус, К. Н.** Выбор метода оценки эффективности информационных технологий с помощью определения уровня организационной зрелости корпорации [Текст] / К. Н. Митус // Вісник СевНТУ : зб. наук. пр. Випуск 109/2010. Серія: Економіка і фінанси. — Севастополь, 2010. — 98 с.
- [5] **Саати, Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати ; пер. с англ. — М. : Радио и связь, 1993. — 320 с.