

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА «ХПИ»

Сборник научных трудов
Тематический выпуск
«Системный анализ, управление
и информационные технологии»

Издание основано Национальным техническим университетом
«Харьковский политехнический университет» в 2001 году

Государственное издание
Свидетельство Госкомитета
по информационной политике Украины
КВ № 5256 от 2 июля 2001 года

КООРДИНАЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель

Л.Л. Товажнянский, д.т.н., проф.

Зам. председателя

А.П. Марченко, д-р техн. наук, проф.
Е.И. Сокол, д-р техн. наук, проф.

Секретарь координационного совета
К.А. Горбунов, канд. техн. наук, доц.

Е.Е. Александров, д-р техн. наук, проф.
Б.Т. Бойко, д-р техн. наук, проф.
М.Д. Годлевский, д-р техн. наук, проф.
А.И. Грабченко, д-р техн. наук, проф.
В.Г. Данько, д-р техн. наук, проф.
В.Д. Дмитриенко, д-р техн. наук, проф.
П.А. Качанов, д-р техн. наук, проф.
А.Ф. Кириченко, д-р техн. наук, проф.
В.Б. Клепиков, д-р техн. наук, проф.
В.И. Кравченко, д-р техн. наук, проф.
В.А. Лозовой, д-р фил. наук, проф.
А.К. Морачковский, д-р техн. наук, проф.
П.Г. Перерва, д-р техн. наук, проф.
Н.И. Погорелов, д-р техн. наук, проф.
М.И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф.
В.Б. Самородов, д-р техн. наук, проф.
В.П. Себко, д-р техн. наук, проф.
В.И. Таран, д-р физ.-мат. наук, проф.
Ю.В. Тимофеев, д-р техн. наук, проф.
Е.И. Юносова, д-р фил. наук, проф.

5'2008

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ответственный редактор
М.Д. Годлевский, д.т.н., проф.

Зам. ответственного редактора
А.С. Куценко, д.т.н., проф.

Ответственный секретарь
Н.И. Безменов, к.т.н., доц.

Е.Е. Александров, д.т.н., проф.
И.П. Гамаюн, д.т.н., проф.
В.Д. Дмитриенко, д.т.н., проф.
О.Е. Ефимов, д.т.н., проф.
И.В. Кононенко, д.т.н., проф.
Л.М. Любчик, д.т.н., проф.
Л.Г. Раскин, д.т.н., проф.
Н.В. Шаронова, д.т.н., проф.
М.А. Яструбенецкий, д.т.н., проф.

АДРЕС РЕДКОЛЛЕГИИ

61002, Харьков, ул. Фрунзе, 21

Кафедры:
«Автоматизированные
системы управления»,
«Системный анализ и управление»

Тел. (057) 707-65-20
(057) 707-61-03

УДК 681.518

Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Системный анализ, управление и информационные технологии». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2008. – № 5. – 168 с.

У збірнику представлено теоретичні та практичні результати наукових досліджень та розробок, що виконані викладачами вищої школи, аспірантами, науковими співробітниками, спеціалістами різних організацій та підприємств.

Для наукових співробітників, викладачів, аспірантів, спеціалістів.

В сборнике представлены теоретические и практические результаты научных исследований и разработок, которые выполнены преподавателями высшей школы, аспирантами, научными сотрудниками, специалистами различных организаций и предприятий.

Для научных работников, преподавателей, аспирантов, специалистов.

The collection of papers represents theoretical and practical results of research and development projects carried out by high school faculty, researchers, postgraduate students, professionals from various branches of industry.

For researchers, postgraduate students, faculty, industry professionals.

Печатается по решению Ученого совета НТУ «ХПИ»,
протокол № 2 от 29.02.2008 г.

© Национальный технический университет «ХПИ», 2008

H. L. GROB, Prof. Dr., European Research Center for Information Systems, University of Muenster, Muenster, Germany,
grob@ercis.de

G. STRAUCH, European Research Center for Information Systems, University of Muenster, Muenster, Germany,
gereon.strauch@ercis.de

C. BUDDENDICK, Dr., European Research Center for Information Systems, University of Muenster, Muenster, Germany,
christian.buddendick@ercis.de

A PROCEDURE MODEL FOR EVALUATING IT-SECURITY INVESTMENTS

Безпека інформаційних систем у теперішній час є життєво важливим фактором для компаній. Багато різних вимірів, від технічних до організаційних, є доступними для досягнення прийнятого рівня безпеки. У недалекому минулому було розроблено методи підтримки прийняття рішень при оцінюванні прибутковості інвестицій у IT-безпеку. Проте інтегральні процедурні моделі для повного управління IT-безпекою до цього часу не знайдені - ані у літературі, ані на практиці. У цієї статті ми пропонуємо середовище, яке дає можливість аналізувати результати альтернативних інвестицій у безпеку з точки зору, орієнтованої на процеси. Ми здійснили поглиблений аналіз сучасного стану справ у галузях синхронізації IT та бізнесу та управління IT-безпекою з метою ідентифікувати прийнятні концепції для цього середовища. Спеціальну увагу приділено вимогам до IT-безпеки критичних бізнес-процесів.

The security of information systems is a vital factor for companies nowadays. In order to achieve an adequate level of security, a variety of distinct measures are available, ranging from technical measures to organizational measures. In near past suitable methods for decision support especially for the assessment of the profitability of IT-security investments have been developed. But integrated procedure models for a complete it-security controlling can neither be found in literature nor in practice. With this article, we propose a method framework that enables the analysis of the results of alternative security investments from a process-oriented perspective. As a basis, we have conducted an in-depth analysis of the state-of-the-art in the fields of IT-Business-Alignment and IT-security management in order to identify suitable concepts for the framework. A special focus lies on the requirements of IT-security controlling of critical business processes.

1. Introduction. The necessity for a risk management concerning IT-security results exempted from economic considerations just as from different standards and requirements, e.g. such as the Sarbanes Oxley Act [1-4]. An evidence thereof is the in the past above-average increase of IT-security budgets compared to overall IT budgets [5]. Nether less there are just a few findings in this field in terms of decision support by analyzing the profitability of such measures even if necessity is broadly accepted in theory and practice [6]. Most of the

existing work can be characterized as vague, unusable or without reference to concrete recommendations for a course of action [7-9].

The measurement of profitability for IT-security measures implies similar challenges as those in the field of IT investments in general. Although the IT productivity paradox has been considered as outdated for years [10; 11], recent studies indicate still skepticism of executives whether IT investments can provide an adequate value from a company's point of view [12; 13]. This problem is even more obvious in the field of IT-security due to the fact that the effects of successful measures are exclusively indirect, because they contribute to the reduction of (future) risks [14-16]. The statement: "IT-security functions have been valuable whenever nothing has happened." [6] underlines this problem area. Moreover, it is insufficient to analyze just one measure independent, since there are often interdependencies among various IT-security measures and only a bundle of measures can be accounted for success [17]. Meanwhile this complexity calls for taken a detailed set of different parameters into account, the practical applicability calls for a simple to compute method. This conflict is enforced by the reciprocal expert-layman relations in this field where accounting is conducted by business specialists and implementation and design of measures by technical experts [18]. In particular, it is necessary that all relevant aspects from technical and business point of view are considered when providing a decision recommendation [19]. An analysis of the state-of-the art in the field of IT-security management illustrates that the suggested methods are either theoretically inexact or practically unapt [19; 20]. Traditional approaches do mostly not calculate the corresponding value proportion of these measures. The corresponding return is mandatory for the assessment of efficiency [19-21]. Findings in the field of IT-Business-Alignment offer the opportunity to overcome this shortcomings, because they allow to compute the return by a combination of the business process-view and the IT-process-view [22], it has to be examined whether IT-Business-Alignment approaches, which explicitly consider this relationship, can be adopted for the controlling of IT-security measurements. Most approaches in context suppose a linear exchange relationship between expected loss and the costs of security measures. This procedure does not apply for information systems, which have vital meaning for the organization.

Based on these requirements, we suggest a procedure model which supports the assessment of the profitability of alternative IT-security investments. Essential for the design of the method framework is the observation that the implications of IT investments first of it all can be observed on the process level [23]. One topic is to integrate the methods for calculation of payments and disbursements for all processes which are affected by IT-security measures to a

generic procedure model of IT-risk management-Another is to provide decision support for security investments within critical infrastructures and integrate this into an overall IT-risk management procedure. So we define requirements in this context and offer an outlook to an approach for controlling security measures for critical business processes and information infrastructures (such as data centers). We conclude with a brief summary and an outlook on future research opportunities.

2. IT-business alignment as a design principle for the IT Security management

2.1. Content of IT-Business-Alignment. "IT-Business-Alignment" terms the alignment of the IT-strategy and –infrastructure with the business-strategy and –architecture. The goal is a sustainable creation of value for the company [24; 25]. The term "alignment" is used varyingly in literature [26]. In this context the process, which aims at the achievement of the alignment, is meant [26-28]. Synonyms for alignments used in literature are "fit" [29; 30], "harmony" [31], "integration" [32], "linkage" [33] or "synergy" [34]. One main aspect in the alignment of the IT-perspective with the business-perspective is the security of the information systems as a dimension of process quality with the quality dimensions of security like confidentiality, availability and integrity [35]. Out of this, approaches of the IT-Business-alignment are used are often used in the IT-security literature, e.g. through employing a business process orientation [22; 36-39], or, more explicitly, through adopting various techniques of Business Engineering [37]. Linking IT- and Business-perspective is especially demanded when the efficiency of IT-security measurements is calculated [22]. Most approaches just employ pure metrics in the meaning of calculation rules for top key figures – the determination of the corresponding figures is still a non solved problem [20; 21; 40]. In the next section methods, which were explicitly developed for IT-Business-alignment, are examined concerning their fulfillment of the above stated requirements and their contribution to the calculation of the profitability of IT-security measures. Because the design and valuation of process are of great importance to IT-Business-alignment [41; 42], it has to be checked, in how far decision support methods in the context of business process management and controlling exist and in how far these methods can be employed in alignment-projects.

2.2. Decision support with process models. In earlier publications many decision support methods for IT-Business-alignment can be found. A growing importance to a successful IT-Business-alignment is assigned to process models

[26; 43], especially for approaches in the IT-security management context. In the latter the main process-oriented approaches out of literature will be examined concerning their applicability towards the calculation of economic efficiency of IT-security measures. For this the process models have to be extended with further information. This should be information about costs, time and capacities. After this they can be utilized as a basis for process-controlling [19; 44; 45]. Out of the controlling domain several approaches targeting at process-controlling exist. These are for example approaches, where the process performance is evaluated through key figures out of a number of dimensions [46-48]. To be able to state the economic efficiency of the model, multidimensional performance measurement [49] is not suitable. Regarding the transparency of value creation, decision support methods, which provide information about costs or out payments, are needed. To calculate the costs based on process models, activity based costing (ABC) can be employed [44; 50; 51]. Time related information about costs are of great importance for short-term decisions. Because IT-Business-alignment decisions are long-term decisions, cost-oriented approaches are not suitable. Instead of this, in- and out payments should be used for evaluating alternative forms of IT-Business-alignment. Grob & vom Brocke developed an approach to evaluate payments based on process models [52]. The main principle of the method is, that the execution of single functions of a process is connected to long-term monetary consequences. Those are consolidated into one financial key figure [52]. One challenge in the consolidation of these single payments to one series of payments comes up, when the EPC has cycles. With the help of statistical procedures the payments can be aggregated corresponding to the process. This aggregation results in a series of payments which consolidates all original payments of the process. This series of payments serves as the interface to the calculation of financial key figures in a finance plan instrument called Visualization of Financial Implications (VOFI) as an instrument of the dynamic investment controlling [53; 54]. With its help all in- and out payments and the original amount of financial resources corresponding to the project are captured and reckoned up. The results of a VOFI can be used to calculate significant financial key figures. For the IT-Business-alignment these are especially the Total Cost of Ownership (TCO) and the Return on Investment (ROI) [53]. This method was expanded, for example by vom Brocke for the Service-Oriented Process Controlling (SOPC) [55]. Before the monetary valuation in the context of the use of SOA starts, a qualitative valuation to coordinate the infrastructure, services and activities is inserted. Through this, only such alternatives that fulfill the defined minimum requirements, are evaluated [56]. This expandability shows that in the context of IT-security not only monetary but also qualitative aspects are considered in the decision process.

2.3. Processes as foundation of decision support in IT-security management.

Due to the circumstance that the impacts of IT-security investment measures, alike all IT investments, firstly can be observed on the processes [23], the latter should—in analogy to business management—represent the focal point of security management [36-39]. Process orientation in the context of security management allows an analysis of the risk potential of incidents on value adding activities allows for the determination of the potential losses. Measures and damages, etc. can be stochastically incorporated into an appropriate combination of fault tree and event tree analysis—while the fault tree analysis maps loss occurrences, their respective impacts on the processes are modeled by means of an event tree analysis [57]. This proceeding is known from different contexts, e.g. within the scope of the failure modes and effects analysis (FMEA) or the hazard analysis critical control point method [58-60]. Due to space restrictions however, the proceeding cannot be elaborated on in greater detail at this point, especially as there is further research demand with respect to the explicit design.

Besides, the process models via the respective contributions for achievement and resource strain also allow for a mapping of the financial implications of the measures. This advance analogously takes place in the field of activity-based costing, although due to the investment character, here payments and disbursements instead of costs and activities as periodical values should be in the focus. Also it has already been described in other contexts in the form of a process-oriented investment appraisal [61-63]. The decision situation of an IT-security investment is determined, in addition to direct payments and disbursements such as the alteration of the expected loss, by the need to consider all indirect payments which are caused by making the investment [22]. Besides, additional revenues should be considered also, for example resulting from an increase of prospects acquisition due to a visibly higher security level (e.g. an SSL encryption for an online shop). Similarly, different process designs cause different cash flows. This notion is facilitated by the explicated proceeding in the sense that in addition to varying packages of measures, advanced implications such as changes in productivity may be analyzed bases on different process designs. The method of Grob and vom Brocke was already adopted for IT-security Investments [64]. Based on the presented findings, a procedure model shall be introduced in the following, by means of which investment alternatives for IT-security measures can be assessed by the presented method.

3. Procedure model for IT-risk management based on process models.

3.1. Basic procedure model of IT-risk management. The IT-risk management deals with risks resulting from the usage of information systems in a company.

The procedure of tasks is oriented at the general process of risk management [65]. In contrast, a specialized IT-security management emerged which focuses on a faultless service of the companies information system. The IT-security management traditionally focuses on the consideration of technical systems. Besides conceptual fuzziness existing, the analysis of threats within the scope of IT-security management occasionally is called risk management [66] On the basis of this process the advantages resulting from an integration of IT-risk und security management are evident Firstly the strategy and the goals of IT-risk management are to be determined in the context of the risk strategy [65]. According to these goals potential risks for the enterprise need to be identified and to be evaluated by an IT-risk analysis [38]. The IT-risk analysis serves as a basis for identifying and implementing measures for the risk governance. At this point it is obvious, that this can only achieved with the competence of IT-security management. In the classical operational risk management IT-risks usually are identified in various categories, but often not quantified [67]. However, the quantification is only possible by the cooperation of central actors and decentralized security experts, since the effects of IT-risks on the business processes need to be assessed in this way [22]. The complete procedure model is illustrated in Fig. 1.

Focusing on business processes has been claimed repeatedly for the IT-security management [36-39; 68], but has not been realized in practice yet. A risk governance basically can be achieved by avoiding (refraining from activities), passing (transfer, e.g. insurance), decreasing (protective and preventive measures) or accepting (sustaining) risks [69]. In the context of information systems these measures can be conducted by IT-security experts because of their competences [70]. Even so, an overall view has to be taken to allocate resources on the ideal security level from the organization's point of view [1]. The risk control serves as the control of result of the risk governance and is the foundation for planning future measures in terms of a risk controlling. Reports have to be created comprehensively in accordance with the reporting duties. In a largely decentralized IT-security management a standardized ascertainment is certainly rare [1]. Furthermore proactive budgeting processes should be designed which account for the defense of potential threats and ensure that no means are assigned after developed incidents.

3.2. The procedure model for IT-risk management based on process models.

The present procedure model will be instantiated in the following for the appliance of process model. For this purpose the approach must be classified according the general risk management process and then checked on the basis of special requirements of IT- security. Besides, the procedure models are linked to

the established concepts of risk oriented process management and risk management [71-75]. The Security goals for analysis of Information Security were usually more or less intuition or independently defined with the aid of standardized criteria and related questions without consideration of discrete Security goals of company. If necessary for the planning of the security level or prioritization of measures it is connected to the value of relevant objects [76]. In consideration of immaterial nature and the complexity of value definition of such important for the Information system object as "Information" this procedure is difficult to resolve and can have many-valued solution [77]. The process orientation allows both focusing on the superior business objectives, which identify contributions and goals of processes [36; 38; 74; 78] and using of supporting IT and therefore to make decision about required kind and security measures. The basal security goals to define are Confidentiality, Integrity and Availability, which also must be defined in consideration of their specification on the basis of requirements of business process [35].

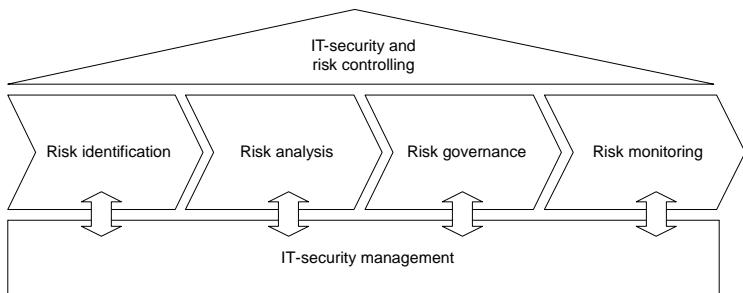


Fig. 1. The processes of IT-risk management and IT-security Management

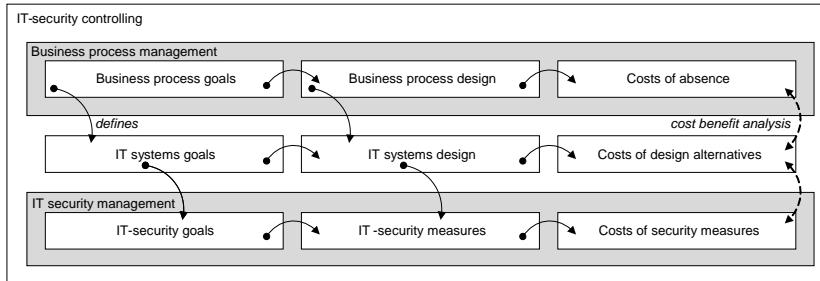


Fig. 2. Decision areas within the process of IT-risk management

Zur Mühlen und Rosemann apply for this purpose the risk-goal-model, where risks are shown opposing to process goals [74]. The costs of security measures, IT-infrastructure, income and expected losses in case of failures, which are the result of business process, are also presentable in this context. So it is obvious, that design and costs result from goal definition also as system and security goals and design have to be found according to the business processes (goals). The different aspects of the decision situation and their interdependencies are illustrated in Fig. 2. The required measures could be identified, prioritized and realized in connection with expected costs and savings according to the presented approach by Grob and vom Brocke [52]. This approach must be improved to meet the particularities by consideration of IT-security: in the foreground of all considerations is the business process, goals and direct requirements to information systems. The attention will be focused at dependency of important business processes on IT-systems. It is unacceptable to take the risk of very seldom failure, which could have however fatal effects even if the moderate expectancy value implicates this. There isn't simple exchange relationship between the higher security level and the higher security price, as it often supposed considered to be [77].

3.3. Refining the procedure model for critical infrastructures. Moreover, in most relevant IT-risk and security management frameworks there are several compromise classes to discern [79-82]. A criticality analysis or Business Impact Analysis is usually carried out within the bounds of risk identification and risk analysis, and on its basis there are critical business processes and the appropriate information systems (critical IT-infrastructure) to be identified. Therefore, it is recommended to fulfill different measures planning for business processes and associated information systems with normal risk disposition and critical business processes and underlying critical IT-infrastructures (e.g. data center). By the information system with normal risk disposition according to the BSI Baseline Protection the adaption of presented approach to profitability analysis of process models by Grob et al. is applied [64]. It must be taken into consideration, that critical infrastructure are to complex and to important, as only measures with economic aspects, but rather here the main focus is on the highest security level attainability. The procedure is shown on the Fig. 3.

The critical analysis is an approach for identification of critical business processes [83]. The analysis tries to identify the relevance of business processes, and to analyze how the single failures can affect the whole process. If there are fatal consequences appeared, this process is considered to be critical. The "Joint Standards" are the accumulation of standards, that were published for the first time in 1997 by Business Continuity Institute (BCI) and Disaster

Recovery Institute International (DRII) for Business Impact Analysis (BIA) [80; 84]. These standards must serve as the requirements catalogue for companies in order to establish Business Continuity Management in the company. The BCM's goal is to prepare the company for a crisis situation. An exemplarily application is described in the Report of Gartner Group [85]. In case of critical analysis, business processes and each information system that is to be applied for corresponding process are assigned to different categories. Seibold proposes the classification in 3 to 6 groups [83], what complies with most approaches from theory and praxis like IT-Baseline Protection and BIA [78-84; 86]. In his example he makes a classification in four classes A-D, where the processes of A class cause fatal consequences in one day, class B – in 3 days and the processes of D class have no fatal consequences at all. This classification can be described by a risk map [57].

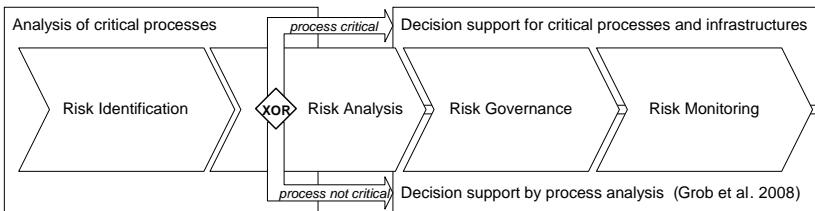


Fig. 3. Procedure model for IT-risk management regarding critical infrastructures.

First of all, all business processes of the company have to be identified and described, moreover all connections to other processes must be identified. For each business process the risk potential must be identified. If business processes depend on other processes, their risks must be taken into consideration by risk evaluation until the total risk potential is identified. If the other business processes depend on analyzed process, the total risk potential of this process must be forwarded to corresponding processes to make the identification of the total risk potential possible for those processes too. The procedure model considers also the above-mentioned interdependence of business processes and information systems. But it may lead to difficult-to-resolve cycles especially if the Model has high interdependence of business processes and information systems. It can be met with established approaches of complexity management in context of process models [87].

The information systems accompanying the critical commercial processes are called here as critical infrastructures. The other choice of measures takes place here is about a criterion catalogue to be configured for the isolated case. The most important extension to above is that particular criteria can be defined

as absolutely necessary (so-called lethal criteria). In the case of non-fulfillment of one of these criteria, the necessary protection of the critical infrastructure as a whole is not guaranteed. The use of the criteria catalogue follows itself a procedure model. The procedural model follows the procedure model of the IT-Baseline Protection Methodology [82]. At first a danger and requirement analysis should be carried out, in order to parameterize the criterion system. This configuration of the criterion catalogue serves to fade out superfluous elements of the catalogue. In the context of the assessment of the examined systems, a weak point analysis should be carried out. The criterion catalogue contributes to identify weak points to be repaired, in which it reproaches a huge number of measures for lethal criteria, which are not fulfilled and have thus top priority. In the connection, all possible measures, which can be carried out, are arranged for the improvement of other areas from the criterion catalogue. The choice of the measures to be carried out is determined in the phase of risk governance, by means of a modified cost-benefit-model. Through this, only such alternatives that fulfill the defined minimum requirements, are part of the allowed portfolios of the necessary measures [56]. The portfolio, which shows the slightest TCO, is selected. Other (more expensive) portfolios can be taken into consideration in the frame of a "bargaining solution" if these don't fulfill lethal criteria in higher measure.

4. Outlook. With this paper, a procedure model for the decision support of IT-security investments has been introduced. The evaluation of the state-of-the-art in the field of IT-security management has illustrated that existent approaches are either not practice oriented and hence not relevant for the practice or – as has been demonstrated with regard to the ROSI – lack the theoretic foundation and owing to an inadequate information summarization may lead to wrong decision recommendations. To get a methodical foundation, IT-Business-alignment concepts were evaluated. For this, technical and methodological requirements were stated. Since IT-security investments primarily exhibit a direct impact on the organizational processes, the latter are in the focus of the suggested method. Starting from an integrated view on risks, security measures and benefits, payments and disbursements of all processes affected by a designated bundle of measures are determined. Existing approaches were integrated into a generic proceeding model for IT-risk management. In addition to that the necessity of a distinction between such methods for regular and critical business processes was shown. After a refinement of the procedure for critical business processes requirements for decision support in this context were developed. Future research should focus on the development of a criteria catalogue for critical infrastructure.

References: **1.** M. Falk, M. Hofmann. Integration des IT-Sicherheitsmanagements in das Risikomanagement im Kontext bankaufsichtsrechtlicher Vorgaben. Arbeitspapiere Wirtschaftsinformatik, Arbeitspapiere WirtschaftsinformatikJustus-Liebig-Universität Gießen, Gießen, 2006. **2.** J. A. Hall, S. L. Liedtka. The Sarbanes-Oxley Act: Implications for Large-Scale IT-Outsourcing // Communications of the ACM, 50 (3):95-102, 2007. **3.** J. A. Hall. The Sarbanes-Oxley Act: Implications for Large-Scale IT-Outsourcing, Communications of the ACM, 2007. **4.** L. Lensdorf, U. Steger. IT-Compliance im Unternehmen, Der IT-Rechtsberater:206-210, 2006. **5.** BSI. Kosten und Nutzen der IS-Sicherheit, Studie des BSI zur Technikfolgen-Abschätzung, 2000. **6.** P. Fettke. State-of-the-Art des State-of-the-Art - Eine Untersuchung der Forschungsmethode "Review" innerhalb der Wirtschaftsinformatik // Wirtschaftsinformatik, 48 (4):257-266, 2006. **7.** M. Kütt. IS Controlling für die Praxis. Konzeption und Methoden, dpunkt, Heidelberg, 2005. **8.** N. Pohlmann. Wie wirtschaftlich sind IT-Sicherheitsmaßnahmen? // Wirtschaftsinformatik, 43 (248):26-34, 2006. **9.** T. R. Peltier. Information security risk analysis, Auerbach Publications, Boca Raton, 2001. **10.** E. Brynjolfsson. The productivity paradox of information technology // Communications of the ACM, 36 (12):66-77, 1993. **11.** E. Brynjolfsson, L. Hitt. Paradox lost? Firm-level evidence on the returns to information systems spending // Management Science, 42 (4):541-588, 1996. **12.** J. N. Luftman. Key issues for IT executives // MIS Quarterly Executive, 3 (2):1-18, 2004. **13.** N. Carr. IT doesn't matter // Harvard Business Review, 81 (5):41-49, 2003. **14.** R. Vossbein. Datenschutz-Controlling – Den Wirtschaftsfaktor Datenschutz effizient planen, steuern und kontrollieren, Ingelheim, 2002. **15.** G. Rodewald. Aligning information security investments with a firm's risk tolerance, 2nd annual conference on Information security curriculum development (Ed, Whitman, M. E.) Kennesaw, GA:139-141, 2005. **16.** J. McCumber. Assessing and managing security risk in IT systems: a structured methodology, Auerbach Publications, Boca Raton, 2005. **17.** K. J. Soo Hoo. How much is enough? A risk management approach to computer security, Consortium for Research on Information Security and Policy (CRISP), Stanford, 2000. **18.** R. Bromme, R. Jucks, R. Rambow. Wissenskommunikation über Fächergrenzen: Ein Trainingsprogramm // Wirtschaftspsychologie, (3):94-102, 2003. **19.** J. vom Brocke, H. L. Grob, C. Buddendick, G. Strauch. Return on Security Investments. Towards a Methodological Foundation of Measurement Systems (im Erscheinen), 13th Americas Conference on Information Systems (AMCIS 2007) Keystone, 2007. **20.** U. Faisst, O. Prokein, N. Wegmann. Ein Modell zur dynamischen Investitionsrechnung von IT-Sicherheitsmaßnahmen // ZfB, 77 (5):511-538, 2007. **21.** T. Nowey, H. Federrath, C. Klein, K. Plößl. Ansätze zur Evaluierung von Sicherheitsinvestitionen. Sicherheit 2005", Beiträge der 2. Jahrestagung des GI-Fachbereichs Sicherheit, In Lecture Notes in Informatics (P-62):15-26, 2005. **22.** T. Neubauer, M. Klemen, S. Biffl. Business process-based valuation of IT-security, Seventh international workshop on Economics-driven software engineering research (Ed, Sullivan, K.) St. Louis:1- 5, 2005. **23.** P. Tallon. A Process-oriented Perspective on the Alignment of Information Technology and Business Strategy // Journal of Management Information Systems (JMIS), ((im Erscheinen)), 2008. **24.** J. Henderson, N. Venkatraman. A Model for Organisational Transformation, In Transforming Organisations(eds, Kochan, T. and Unseem, M.) Oxford University Press, New York, NY, USA:97-117, 1992. **25.** J. N. Luftman, P. R. Lewis, S. H. Oldach. Transforming the enterprise: The alignment of business and information technology strategies // IBM Systems Journal, 32 (1):198-221, 1993. **26.** R. Fischer, R. Winter. Ein hierarchischer, architekturbasierter Ansatz zur Unterstützung des IT/Business Alignment, 8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2007 eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering, Vol. 2 (Eds, Oberweis, A., Weinhardt, C., Gimpel, H., et al.) Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe:163-180, 2007. **27.** J. M. Burn. Information systems strategies and the management of organizational change - a strategic alignment model // Journal of Information Technology, 8 (4):205, 1993. **28.** R. Maes, D. Rijsenbrij, O. Truijens, H. Goedvolk. Redefining business - IT alignment through a unified framework, PrimaVera Working PaperUniversiteit van Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands, 2000. **29.** J. C. Henderson, N. Venkatraman. Strategic Alignment: Leveraging Information Technology for Transforming Organizations // IBM

Systems Journal, 32 (1):4-16, 1993. **30.** M. E. Porter, V. E. Millar. How Information Gives You Competitive Advantage // Harvard Business Review, 63 (4):149-160, 1985. **31.** B. Cumps, D. Martens, M. De Backer, R. Haesen, S. Viaene, G. Dedene, B. Baesens, M. Snoeck. Predicting business/ICT alignment with AntMiner+, FETEW Research Report Department of Descision Sciences and Information Management (KBI), K.U.Leuven, Leuven, Belgium, 2007. **32.** M. Broadbent, P. Weill, D. St. Clair. The Implications of Information Technology Infrastructure for Business Process Redesign // MIS Quarterly, 23 (2):159-182, 1999. **33.** B. H. Reich, I. Benbasat. Measuring the Linkage Between Business and Information Technology Objectives // MIS Quarterly, 20 (1):55-81, 1996. **34.** R. Sabherwal, R. Hirschheim, T. Goles. The Dynamics of Alignment: Insights g'from a Punctuated Equilibrium Model // Organizational Science 12 (2):179-192, 2001. **35.** R. L. Krutz, R. Vinces, D. . The CISSP Prep. Guide, Wiley, 2003. **36.** S. Röhrlig. Using Process Models to Analyse IT Security Requirements, Dissertation, Zürich, 2003. **37.** S. Sitzberger, T. Nowey. Lernen vom Business Engineering - Ansätze für ein systematisches, modellgestütztes Vorgehensmodell zum Sicherheitsmanagement, Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2006, Vol. Tagungsband 2 (Eds, Lehner, F., Nösekabel, H. and Kleinschmidt, P.) Berlin:155-165, 2006. **38.** P. Konrad. Geschäftsprozeßorientierte Simulation der Informationssicherheit: Entwicklung und empirische Evaluation eines Systems zur Unterstützung des Sicherheitsmanagements, Dissertation, Köln, 1998. **39.** S. Jakoubi, S. Tjoa, G. Quirchmayr. Rope: A Methodology for Enabling the Risk-Aware Modelling and Simulation of Business Processes, Fifteenth European Conference on Information Systems (Eds, Österle, H., Schelp, J. and Winter, R.) St. Gallen:1596-1607, 2007. **40.** J. vom Brocke, C. Buddendick. Security Awareness Management, Konzeption, Methoden und Anwendung, 7. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2005: eEconomy, eGovernment, eSociety (Eds, Ferstl, O. K., Sinz, E. J., Eckert, S., et al.) Bamberg:1227-1246, 2005. **41.** P. P. Tallon. Does IT pay to focus? An analysis of IT business value under single and multi-focused business strategies // Journal of Strategic Information Systems, 16 (3):278-300, 2007. **42.** R. Winter, K. Landert. IT/Business Alignment als Managementherausforderung // Wirtschaftsinformatik, 48 (5):309, 2006. **43.** W. M. P. van der Aalst. Business alignment: using process mining as a tool for Delta analysis and conformance testing // Requirements Engineering, 10 (3):198-211, 2005. **44.** H. L. Grob, F. Bensberg. Kosten- und Leistungsrechnung, Vahlen, München, 2005. **45.** H. L. Grob, S. Volck. Abbildung von Geschäftsprozessen mit ereignisgesteuerten Prozeßketten. // Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt), 24 (11):604-608, 1995. **46.** F. Abolhassan, T. Beck. Performance Measurement als Voraussetzung für Business Process Excellence, In Business Engineering in der Praxis:361-377, 2005. **47.** H. Heß. Monitoring, Analyse und Optimierung der Unternehmens-Performance — State of the Art und aktuelle Trends, In AGILITÄT durch ARIS Geschäftsprozessmanagement(eds, Scheer, A.-W., Kruppke, H., Jost, W., et al.) Springer, Berlin et al.:245-260, 2006. **48.** B. Dinter, T. Bucher. Business Performance Management, In Analytische Informationssysteme(eds, Chamoni, P. and Gluchowski, P.) Springer, Berlin et al.:23-50, 2006. **49.** R. S. Kaplan, D. P. Norton. The Balanced Scorecard-Measures that Drive Performance // Harvard Business Review, 70 (1):71-79, 1992. **50.** M. Löcker. Integration der Prozesskostenrechnung in ein ganzheitliches Prozess- und Kostenmanagement, Logos, Berlin, 2007. **51.** T. Allweyer. Geschäftsprozessmanagement. Strategie, Entwurf, Implementierung, Controlling,, W3L-Verlag, Herdecke, 2005. **52.** H. L. Grob, J. vom Brocke. Controlling des Designs von Logistikprozessen, In Logistik Management, Springer Expertensystem Logistik Management(eds, Baumgarten, H., Becker, J., Wiendahl, H.-P., et al.) Berlin:1-26, 2004. **53.** H. L. Grob. Einführung in die Investitionsrechnung. Eine Fallstudiengeschichte, Vahlen, München, 2006. **54.** H. L. Grob. Investitionsrechnung auf der Grundlage vollständiger Finanzpläne – Vorteilhaftigkeitsanalyse für ein einzelnes Investitionsobjekt // WISU - Das Wirtschaftsstudium, 13 (1):16-23, 1984. **55.** J. vom Brocke. Serviceorientierte Architekturen, Management und Controlling von Geschäftsprozessen, Vahlen, München, 2007. **56.** H. L. Grob. Das Preis-Leistungsmodell, Arbeitsberichte des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik und Controlling in der Reihe "Computer-gestütztes Controlling"(Ed, Grob, H. L.) Münster, 2003. **57.** H.-P. Königs. IT-Risiko-Management

mit System. Von den Grundlagen bis zur Realisierung – Ein praxisorientierter Leitfaden, Wiesbaden, 2005. **58.** *W. D. Franke*. FMEA, Landsberg/Lech, 1989. **59.** *W. Schneeweiss*. Die Fehlerbaum-Methode. Aus dem Themenkreis Zuverlässigkeit- und Sicherheits-Technik, Hagen, 1999. **60.** *K. Pichardt*. Qualitätsmanagement Lebensmittel: vom Rohstoff bis zum Fertigprodukt, Heidelberg, 1997. **61.** *S. Küker, H.-D. Haasis*. Geschäftsprozeßmodellierung als Basis einer informationswirtschaftlichen Unterstützung für ein AQU-Management, Umweltinformatik 99 (Eds, Rautenstrauch, C. und Schenk, M.):256-268, 1999. **62.** *A. Müller, L. von Thienen, H. Schröder*. IT-Controlling: So messen Sie den Beitrag der Informationstechnologie zum Unternehmenserfolg, Arbeitspapiere der NordakademieElmshorn, 2004. **63.** *R. Kesten, H. Schröder, A. Wozniak*. Konzept zur Nutzenbewertung von IT-Investitionen, Arbeitspapiere der NordakademieElmshorn, 2006. **64.** *H. L. Grob, G. Strauch, C. Buddendick*. Conceptual Design of a Method to Support IS Security Investment Decisions, International Conference on Information Systems Technology and its Applications (ISTA 08)Kop, Christian Kaschek, Roland, Klagenfurt, 2008. **65.** *H. Krcmar*. Informationsmanagement, Heidelberg, 2003. **66.** *K. Schmidt*. Der IR Security Manager, München, 2006. **67.** *C. Locher*. Integrative Managementkonzepte für operationelle Risiken: Integration von operationellem Risikomanagement und IV-Sicherheitsmanagement, Innovationen im Retail-Banking: der Weg zum erfolgreichen Privatkundengeschäft Weinheim:477-498, 2005. **68.** *J. vom Brocke*. Referenzmodellierung, Gestaltung und Verteilung von Konstruktionsprozessen, Logos Verlag, Berlin, 2003. **69.** *T. Mai*. Management der Organisation. Organisation der Sicherheit, München, 2003. **70.** *H.-P. Nägeli*. Management der Informationssicherheit – Erfahrungen eines Finanzdienstleisters, Strategisches IT-Management(Ed, Brenner, W. M., A.; Zarnekow, R. Hrsg) Heidelberg:79-88, 2003. **71.** *E. Brabander, H. Ochs*. Analyse und Gestaltung prozessorientierter Risikomanagementsysteme mit Ereignisgesteuerten Prozessketten., Geschäftsprozessmanagement mit Ereignisgesteuerten Prozessketten (EPK 2002) (Eds, Nüttgens, M. and Rump, F.) Trier:17-35, 2002. **72.** *M. Diederichs*. Risikomanagement und Risikocontrolling, Vahlen, München, 2004. **73.** *L. Hengmuth*. Geschäftsprozessmodellierung und -simulation als Hilfsmittel zum Management operationeller Risiken // Banking and Information Technology, 6 (2):17-29, 2005. **74.** *M. zur Muehlen, M. Rosemann*. Integrating Risks in Business Process Models, Australasian Conference on Information Systems (ACIS 2005) Manly, Sydney, 2005. **75.** *T. Rieke*. Prozessorientiertes Risikomanagement. Ein informationsmodellorientierter Ansatz., Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster, 2008. **76.** *J. M. Carroll*. Computer Security, Boston 1996. **77.** *V. Le Veque*. Information Security - a Strategic Approach, Wiley, Hoboken, 2006. **78.** *S. Kairab*. A Practical Guide to Security Assesments, Auerbach, Boca Raton, 2005. **79.** *C. o. S. O. t. t. T. C. COSO*. Enterprise Risk Management - Integrated Framework. Executive Summary, (Ed, Commission, C. o. S. O. t. t. T.):16, 2004. **80.** *BCI*. Business Continuity Management - Good Practice, (Ed, Institute, T. B. C.), 2005. **81.** *BSI*. BSI-Standard 100-2: IT-Baseline Protection Methodology, (Ed, BSI), 2005. **82.** *BSI*. IT-Baseline Protection Catalogues, Bonn, 2007. **83.** *H. Seibold*. IT-Risikomanagement, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München, 2006. **84.** *R. Von Rössing*. Betriebliches Kontinuitätsmanagement, mitp Verlag, Bonn, 2005. **85.** *G. Group*. A report for Sample Company, Business Impact Analysis, 2002. **86.** *BSI*. BSI-Standards 100-3: Risk Analysis based on IT-Baseline Protection, (Ed, BSI):19, 2005. **87.** *M. Rosemann*. Komplexitätsmanagement in Prozeßmodellen. Methodenspezifische Gestaltungsempfehlungen für die Informationsmodellierung, Wiesbaden, 1996.

Поступила в редакцию 20.02.08

UDC 681.518

M. HELFERT, PhD, MSc, BSc, Dublin City University,

Markus.Helfert@computing.dcu.ie

S. DZHUMALIEVA, MSc, BSc, Dublin City University,

Stefka.Dzhumalieva2@mail.dcu.ie

INTRODUCING PROCESS MANAGEMENT IN E-GOVERNMENT AND HEALTHCARE

Відкритий сектор економіки має, у порівнянні з іншими секторами, відносно недостатньо розвинену структуру інформаційних систем. У цьому контексті є сенс вважати важливими зниження витрат та спрямлення робочих потоків. Проте, незважаючи на важливість управління процесами, у теперішній час є дуже мало керівних документів, які допомагають впровадити управління процесами у користувальницьку адміністрацію. Мета цієї роботи – дати огляд можливої інфраструктури для аналізу проектів з управління процесами. Шляхом використання цієї інфраструктури ми аналізуємо систему управління у Болгарії та адміністрування охороною здоров'я у Ірландії. Наш аналіз дав деякі цікаві результати.

The public sector has shown that it has, compared with other sectors, a relatively underdeveloped information system structure. In this context the importance of reducing costs and streamlining workflows and processes is ever more recognized. However, despite the importance of process management, currently there are internationally very few guidelines provided for introducing process management in public administration. The objective of this paper is to outline a framework for analyzing process management projects. By using this framework we analyze a system in the public administration of Bulgaria as well as an implementation of a healthcare administration system in Ireland. Our analysis revealed some interesting results. The reasons for failure in public administration are rather content and structural in nature than solely project management issues.

1. Introduction. In order to improve the efficiency and effectiveness of the public sector a number of reform initiatives emerged over the last two decades [6]. Influenced by the rapid advancement of information and communication technologies (ICT) the introduction of effective information systems became the primary mean for increased efficiency and effectiveness in the public sector. In order to modernize public management many organizations have implemented new ICT systems. Innovative solutions for communicating with citizens are broadly referred to as electronic government (e-government), digital government, electronic administration [2] or in the case of healthcare e-health. In this context many organizations and researchers emphasize the importance of introducing process management and redesigning processes. Among many challenges, most stress interoperability of information and communication systems and the link to processes that they support as crucial [32].

The concept of interoperability encompassed interactions at local, national and international level. It requires organizational, semantic and technical inter-

operability [16]. However, in order to achieve semantic and technical interoperability, most researchers argue for organizational interoperability. Furthermore, methodologies supporting the introduction of process management (PM) should be focusing on integration and collaboration. However, due to the different characteristics of various sectors, these methodologies are typically domain specific. Many PM methodologies do not address interoperability directly and thus lacking to support collaboration. This is especially true for methodologies tailored to the public sector. As emphasized by many researchers and practitioners, there is a need to develop procedures, guidelines and conceptualizations to introduce PM in the public sector. It is expected that PM helps to improve the management of complex administrative processes.

In order to analyze the challenges in the public sector, this article illustrates two typical case scenarios; one in public administration and one from the healthcare industry. The cases differ significantly from the private sector for which already a plethora of case studies, description and some methodologies exist. Many concepts successfully applied to the private sector are failing, due to the different objectives and particular characteristics of the public sector. The public sector aims in serving the society and shows fundamental different hierarchical and organizational structures responsive to politicians. The public sector is inhabited by institutions of politics, government and bureau (administration), whereas the private sector is occupied by market institutions and profit driven structures [21].

Three significant differentiations between the two notions can be observed. (1) The public sector is driven by public interest, while the private sector is concerned by private interests [21]. (2) The public sector relies on stakeholders, while the private sector is shareholders dependant. Implementing policy or delivering services, public organizations should pay attention to satisfying their stakeholders, whereas private firms provide shareholders with an adequate return on their investment. (3) The private sector is competition-based, whereas in contrast the public sector is oriented towards factors like service delivery, information provision, knowledge identification, sharing and utilization. Within the public sector changes and service improvements are traditionally not driven by competition [11].

As one of the largest consumers of public spending, the healthcare sector is increasingly recognized as an important economic sector with rapidly growing expenditure. However, symptomatic for the public sector and the healthcare sector in particular, in most public organizations a relatively underdeveloped information system structure exists [27]. These inadequate information systems along with general challenges like declining resources, increasing complexity coupled with an increasing need for high quality services, highlights the need

for improvements and adequate ICT systems in the public sector. Recent efforts have been made, for example concepts to integrate healthcare systems or to implement smart card systems for electronic patient record [25]. Despite these efforts in many countries, concepts for the implementation of adequate information systems in the public sector are often far away from realization.

In conjunction with the implementation of ICT systems in the public sector, attempts have been made to apply process management for many years [28]. Due to the success in the private sector, process management is presumed as a successful means of reducing costs and increasing productivity and quality [3]. Process management projects aim to streamline the services and processes, thus making it more cost efficient, while delivering better quality and reducing response times. In recent years projects have achieved real benefits from process management and flow investigation. Surveys show, that if successfully implemented, process management can save up to 79 per cent of cost and time [4]. In the US for example, the length of stay for patients has fallen by 33 % as a result of the introduction of clinical process management [5].

Regardless the high exception and successful implementations of process management, at present no consistent method for implementing process management in the public sector has become a de facto standard. As of yet, each administration still explores and tries to learn from their experiences, and the experiences of others. This is the focus of our current research, in which we aim to develop a framework for designing and introducing processes management to public administration and healthcare

For our research we use tow case scenario to identify success and failure factors, which in turn forms the basis to propose a conceptual method for introducing process management in public administration. Our research is based on literature review and supported by semi-structured interviews with professionals in the public administration and a hospital in the Dublin Area.

The reminder of this paper is structured as following: In section 2 we provide an overview of process management and information Systems. The value creation in the public sector is discussed in section 3. Section 4 provides a general framework for introducing process management, which assist us in analyzing process management in the public sector. The framework is then applied to two cases, one from e-government and one from the healthcare sector. The two cases are presented in section 5 and section 6. Section 7 presents a summary and a conclusion of our research.

2. Process Management and Information Systems. In order to make organizations more effective and efficient, a common element of current approaches is the concept of (business) processes management. Processes are seen as one of

the core elements to improve organizations. Literature provides various definitions for (business) processes [1, 22], hence we need to clarify our understanding used in this article. Our work is based on two widely adopted definitions on design and management of (business) processes [23, 22, 29].

Davenport and Short [13] have defined the concept of a business process as a set of logically related tasks performed to achieve a defined business outcome. Similar, but emphasizing the client-centered aspect of business processes. Hammer and Champy [20] have defined it as a collection of activities that takes one or more kinds of input and creates an output that is of any value to the customer. It is recognized that there are different types of processes in organizations [1] that include operational, support, direction setting and managerial processes.

Processes extend over different functions and encompass suppliers and customers, and thus are complex and difficult to organize. Different management practices being required for the successful implementation of (business) process management. From a research perspective, a formal design and implementation methodology, formal specifications and models and architecture to integrate all system elements are required. A critical success factor for implementing (business) processes is to enable interoperability as well as the ability to understand change and its effect across all dimensions of the organization (e.g. the people, resources, processes and citizen). This requires a wider definition of information systems. We define information systems as socio-technical subsystems of organizations, which comprise all information processing actions as well as the associated human or technical actors in their respective information processing role.

Literature provides us with various suggestions that help to introduce process management [8, 3]. Similarly, software engineering has developed numerous models which support the total life cycle of information systems. Popular examples of procedural models are for instance the “waterfall model” [31] or the “spiral model” [7]. Suggestions for process projects exist for example in [3].

From a perspective of project organizations, most authors state that top management support and commitment are vital, thus resulting in projects which are carried out in a top-down participation. However, the participation and acceptance at an operational level are also essential for the success of process management. The process owners should be involved in the design and modeling phase of each of the processes. An important aim of any process management project is to enable interoperability and promote integration of administrative and business functions throughout the organization. Taking the degree of specialization and complexity of typical administrative processes into considera-

tion, process management teams should comprise of experts with skills from each units, which in turn promotes knowledge sharing and communication. In order to plan, control and audit the project progress and resource spending (costs and time), goals and measurements are essential. Both strategic aims for the project and project-specific aims should be considered.

3. Value Creation in the Public Sector. One distinctive problem of process management in the public sector is the unclear value proposition. Compared to the public sector, the conceptualization of “value” appears to be easier in the private sector. Value in the public sector is usually not a price for a services and it is neither the costs of performing it. The assessment of values could lead also to political debate. Eventually, even if “value” is defined within this specific environment, the public organization may have to continue to carry out procedures that do not result in any direct value [19].

The predominant approach within the literature is to consider a value reflected by stakeholders [9, 10]. In this case, the value within public organization is multi-faced and encompasses many different elements [19]. However, it might not be possible and feasible to attempt to satisfy all stakeholders, which evokes the need for identifying some key stakeholders. Fulfilling the expectations of the key stakeholders is indirectly connected with the organization’s performance [10]. It can be argued that the primary stakeholders of all public organizations are the citizens (or businesses respectively). Thus, the prevailing purpose of public organizations is to create “public value” and their success strongly depends on the key stakeholders’ satisfaction [24].

4. Framework for introducing Process Management. In addition to an unclear value proposition in the public sector, there are further reasons for difficulties of process management in the public sector. Reviewing literature we identified two main areas, one being technical in the form of design, modeling, and implementation and secondly as organizational in the form of project and change management issues. Often projects are technically driven with no clear and formulated (business) objectives before commencing the actual projects [33]. However, implementing a new technology will often require the redesign of critical processes and the alignment to strategic objectives [15]. Experiences, for instance made at the Leicester Royal Infirmary in the UK, demonstrate the short-term and technical focus [18]. Besides, specific to the public sector are frequent arguments from professionals that the variation in public administrative processes prevents process management.

In order to assess the success and failure of process management projects it is necessary to format or develop an evaluation framework. We build on the

work from Larsen and Bjorn-Andersen [22], which provides an evaluation framework for Business Process Projects. However our analysis is limit to selected evaluation parameters. The selection is based on qualitative assessment of their importance for the project. Furthermore, we categorize our analysis in *project management issues* and *content and structural issues*.

Project management of a project is important, particularly for modeling projects, since the classical tasks of project co-ordination are supplemented by defining models and implementing changes. One of the main aspects and activities carried out in early phases of process management projects are processes modeling. Typically process models are described as *as-is models*, and *to-be models*. The models contain activities and organizational structures as well as the process dynamics. Different alternatives should be assessed in respect to project and organizational aims. The quality of models can be evaluated using modeling guidelines, for example as proposed by [30]. Criteria may include correctness, relevance, economic efficiency, clarity, comparability, and systematic design.

There is a close relationship between business process design and business process modeling, where the former refers to the overall design process involving multiple steps and the latter refers to the actual representation of the business process in terms of a business process model using a process language. Modeling languages and techniques include for instance UML, entity relationship modeling and event-driven process chains building generic constructs for modeling human roles, processes and technologies. In practice, the building of these models is supported by process engineering tools (Like ADONIS or ARIS), which implement the methodology and modeling language. Consistency between the design methodology and models are ensured via meta models. Finally, the designed process and architectural models are implemented as a particular operational system for production and coordination (e.g. real world information system). The implementation aspect is usually referred to as migration or change management plan.

Table 1
General evaluation framework

Project Management	Content and structure
Project planning	As-is process and organizational model
Project Organization	To-be process and organizational model
Measurement and Control	Migration and change management plan

In summary, our evaluation framework is categorized into two parts, firstly the project management aspects which includes the project planning, the project

organization and secondly project measurement and control incorporating models and plans which are created resulting in documents (see Tab. 1).

5. Administrative Processes in E-Government. We examined a public organization based in Bulgaria (District Governor of Veliko Tarnovo District). We selected one of the services provided, analyzed it and analyzed it using the framework. It is followed by a discussion and an evaluation.

The District Governor is considered as territorial body of the executive power. Appearing as a middle level between central administration (the government) and local territorial administration (municipalities), the main responsibilities of the District Governor are concerned with coordination and control, (Law for the administration of Republic of Bulgaria, Art. 19 (3). Art. 29 (1), (3), Art. 57 (2) cited and translated in [26].

For our analysis we selected the process of the administrative service: “Approval of changes of district transport schedules”. The District Governor is responsible for the coordination and approval of any changes to the transport schedules between the territories of two or more municipalities. The actual service of transportation of the citizens is outsourced. The legal bases for performing the service is according to decree № 2 from 15th of March 2002 for the terms and regulations for approval of transport schedules for carrying out of public transportation of passenger with buses and cars. The service is provided only for municipalities [17].

The performing of the service is initiated by an “argumentative proposal” for any changes of the transport schedules. The proposal is completed by the mayor of the correspondent municipality and brought to the attention of the District Governor. Within one month the District Governor should approve the requested changes or give justified refusal [17, 26].

Modeling and analysis of the current situation helped to provide more transparency and understanding. However, it also reveals week points in the process design. For instance, as the service is very rare difficulties concerning the necessary knowledge and professional experience for performing the service might occur. It is not possible to be familiar with the law regulation for each of the performed services. There will be a need for exploring the law base before initiating performing of the service. Furthermore, there could be a need for consultancy with senior co-worker(s) about the interpretation of the law bases. There is a need for organizing committee meetings (consisting of representatives of other organizations concerned with the changes of the transport schedules). This evokes bringing external actors to the organization.

Reviewing the process setup and the related projects, the difficulties with this particular process are rather content and structural in nature. Indeed,

Knowledge sharing, its organization and learning was identified as crucial. The knowledge typically is acquired through internal and external learning. If this is not enough, further consultation and collaboration for performing the task is required. Overall, the modeling and analysis of the current situation showed that the service delivery will be dependant on a collaborative practice.

6. Process Management in Healthcare. A popular example in Ireland is the implementation of PPARS (Personnel Payroll Attendance and Recruitment System). The system aims to be a standardized healthcare Human Resource (HR) and payroll system for the Irish healthcare sector. The system is seen as crucial to improve the healthcare sector, as human resources (HR) account for approximately 70 percent of overall expenditure on health [14]. The system was intended to be used by all health agencies and hospitals throughout Ireland. It should help to address deficits in essential and timely human resource information including workforce planning, time management, staff retention, recruitment, and benchmarking and management information. However, the project is generally regarded as not successful, with a large overdrawn budget. It lacked the required functionality that it was envisaged to achieve. Other examples in healthcare show similar results and many projects in healthcare are failing to achieve there potential.

The system was originally initiated in 1995, with an official launch in 1998. It was due to be completed in December of 2005, with the aim to standardize and integrate the Human Resource management and payroll of each health board and health agency in Ireland. The need for such a system stems that each board and agency was responsible for their own Human Resource and payroll function. Most of the personnel and payroll processes were labor intensive with a high degree of manual involvement and diversity. The vision was to provide an integrated Human Resource system which incorporated payroll, attendance and time management. On a technical level, the system is based on SAP R/3, a standard Enterprise resource and business process management package. R/3 is modular oriented and provides standard (reference) process models for various business functions, like sales, materials management, production, finance, accounting, quality management and human resources in an enterprise.

In a first phase, the system has already been implemented in a number of agencies [14]. However, recently the PPARS project attracted a large media attention for the reasons of budget overspending and problems with the project. The project led to a considerable amount of reports and presentations concerning the system, for instance presentations by PPARS project managers. Two common problems seem to be mentioned in most of the reports: the high level

of variances and diversity in payroll throughout the Health. Besides, poor project management and process flow and problems with managing to keep ahead with changes in the environment (HR recruitment, staff movement) are mentioned. The following sections contain a summary of indicative results from the interviews with experts involved in the PPARS system implementation. Our qualitative analysis revealed interesting results. In essence, the project can be characterized as a technical oriented rather than process or organizational driven project. The major challenges are rather content and structural in nature then solely in project management based issues.

Generally inadequate project management is often stated as reason for project failures. For the PPARS project, the project management was mainly carried out by an external consulting organization. Typical problems with project management stated in the interviews for instance were: inexperienced employees, weak governance or time pressure during the pilot test phase. Also, some interviewees mentioned that clearer objectives and measurements concerning common payroll processes for all health boards were required.

The key area of concern was time management and the large amount of varying differences in Healthcare. These content and structural issues seem to be a unique problem, specific to the healthcare domain. As the Health Service is (still) mainly paper based and sometimes poorly organized, modeling As-is processes and structures were challenging or even impossible. The required time in the Health Service is based on demand for care, resulting in high variability. A key example would be number of critical cases, which then determines the number and qualification of staff needed. The figures change daily with a high degree of variability here again. Also, different payroll regulations, time management procedures and shifts are applied in different health organizations (e.g. over time and sick leave). The attempt to standardize these procedures, revealed another problem. Individual interpretation of regulations and definition in payroll were common. Different interpretations of the Health care paying rules were being implemented in each separate organization. This led to the realization of errors being made within the Health Service but also the ability for organizational change was restricted. Obviously these regulations and procedures were not standardized prior the PPARS system approach. A large feasibility study in 1998 revealed the type of variances that were present regarding payment and employment conditions.

The specific challenges in the (Irish) healthcare sector, made the modeling of realistic to-be processes and structures extremely complex. On the one hand, the incorporation of all variances in payment was infeasible from a system point of view. The system was regarded as being “inflexible”. On the other hand, the standardization of all payroll processes, terms and organizational structures

requires a large reorganization of the payroll organization. Indeed, the proposed payroll procedures needed changes in the work processes and schedules. However, this was not complete and even during the implementation phase certain processes were frequently “changed before going live”. Staff training was sometimes behind the system implementation. As result, line managers sometimes were not aware of the new procedures and had to consult IT personal to explain regulations already implemented. Generally, the interviewees felt that there was not enough focuses on managing the required changes to implement standard processes.

7. Summary and conclusion. Process Management provides continuous improvement in streamlining the public organisations, delivering better quality and reducing costs. However, projects are challenging and often fail. This paper described indicative results towards implementing guidelines for introducing process management in public organisations. Numerous failure stories and discussions with professions in the public sector are illustrating the need for such guidelines. This paper describes some indicative results from analyzing a national project in Ireland and administration processes in Bulgaria. Our indicative analysis showed that introducing standard processes in public administration can be challenging. Problems in public administration are rather content and the structural nature of the domain then solely a project management issue. In our future research, the analysis will be further structured and extended.

References: **1.** C. Armistead, J. Pritchard, S. Machin. Strategic Business Process Management for Organisational Effectiveness, Long Range Planning, 32(1): 96-106, 1999. **2.** M. Asgarkhani. Digital government and its effectiveness in public management reform. Public Management Review, 7: 465-487, 2005. **3.** J. Becker, D. Kahn. The Process in Focus. In: Becker, J., Kugeler, M., Rosemann, M. (eds.): Process Management – A Guide for the Design of Business Processes, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York: 1-12, 2003. **4.** R. Belmonte, R. Murray. Getting ready for Strategic Change, Surviving BPR, Information Systems Management, 10(3):23-29, 1993. **5.** B. Beuscher, B. Kocher, R. Russel, R. Wichels. Pathways to productivity, Mc Kinsey Health Europe, 3, March:51-59, 2004. **6.** P. Beynon-Davies. Models for e-government. Transforming Government: People, Process and Policy, 1: 7–28, 2007. **7.** B. Boehm. A Spiral Model of Software Development and Enhancement, Computer, 20(9):61-72, 1987. **8.** B. Brigg, E. Ammenwerth, C. Dujat, S. Graber, A. Grosse, A. Haber, C. Jostes, A. Winter. Preparing strategic information management plans for hospitals: a practical guideline, International Journal of Medical Informatics, 74(1):51-56, 2005. **9.** J. Bryson, F. Ackermann, C. Eden. Putting the resource-based view of strategy and distinctive competencies to work in public organization. *Public Administration Review*, 67: 702–717, 2007. **10.** J. Bryson. What to do when stakeholders matter: stakeholders identification and analysis techniques. *Public Management Review*, 6:21–53, 2004. **11.** X. Cong, V. Pandya. Issues of Knowledge Management in the Public Sector. *Electronic Journal of Knowledge Management*, 1: 25–33, 2003. **12.** P. Dadam, M. Reichert, K. Kuhn. Clinical Workflows - The Killer Application for Process-oriented Information Systems? Proceedings 4th International Conference on Business Information Systems, Posen, 2000. **13.** T.H. Davenport, J.E. Short. The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Reengineering. *Sloan Management Review*, 31(4): 11-27,

1990. **14.** Department of Health and Children, Health Information: A National Strategy. Department of Health and Children, Dublin, Ireland, 2004. **15.** M. Donovan. Business Process Reengineering, Intelligent Manufacturing, 1(4), 1995. **16.** European Commission. European interoperability framework for pan-European eGovernment services, [http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc? id=19529](http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doc?id=19529) (Accessed January 2008). **17.** Executive agency “Automobile administration”, <http://www.rta.govt.bg> (Accessed January 2008). **18.** E. Ferlie, T. McNulty. Reengineering Health Care. Oxford University Press Inc. New York, 2002. **19.** A. Halachmi, T. Bovaird. Process reengineering in the public sector: learning some private sector lessons. *Technovation*, 17:227–235. **20.** M. Hammer, J. Champy. Reengineering the Cooperton - A Manifesto for Business Revolution. Nicholas Brealey Publishing, 1993. **21.** J.-E. Lane. The public sector: concepts, models and approaches. Sage, London, 1995. **22.** M. Larson, N. Björn-Andersen. From Reengineering to process Management – A Longitudinal Study of BPR in a Danish Manufacturing Company, Proceedings of the 34th Hawaii International Conference on System Sciences, 2001. **23.** Y. Malhotra. Business Process Redesign: An Overview, *IEEE Engineering Management Review*, 26(3):27-31, 1998. **24.** M. Moore. Creating Public Value. Harvard University Press, Cambridge, 1995. **25.** A.R. Mori. Integrated clinical information systems: an essential resource - an opportunity for International cooperation, Swiss Medical Informatics, 52, Spring: 7-12, 2004. **26.** OECD, <http://www.oecd.org> (Accessed January 2008). **27.** C. O'Riain, M. Helfert. Analysing Healthcare Information System Strategies in Europe, Proceedings of the 10th UK Academy for Information Systems, Newcastle, CD Rom, 2005. **28.** M. Reichert, P. Dadam. Towards Process-oriented Hospital Information Systems: Some Insights into Requirements, Technical Challenges and Possible Solutions, Proceedings 43. Jahrestagung der GMD (GMDS'98), Bremen, 175–180, 1998. **29.** H. Reijers. Design and Control of Workflow Processes. Springer Verlag, Berlin, 2003. **30.** M. Rosemann. Preparation of Process Modeling. In: Becker, J., Kugeler, M., Rosemann, M. (eds.): Process Management – A Guide for the Design of Business Processes, Springer-Verlag, Berlin, 41-78, 2003. **31.** W. Royce. Managing the Development of Large Software Systems, Proceedings of 9th. International Conference on Software Engineering, IEEE Computer Society, 328-338, 1987, (Originally published in Proceedings of WESCON, 1970). **32.** O. Sarikas, V. Weerakkody. Realising integrated e-government services: a UK local government perspective. *Transforming Government: People, Process and Policy*. 1: 153–173, 2007. **33.** W.M.P. Van der Aalst, K.M. Van Hee. Workflow Management: Models, Methods, and Systems, MIT Press, Cambridge, 2002.

K.A.KUZNETSOV, Ph.D., Dnepropetrovsk National University
O.I.PEREDERIEVA, National Mining University

A DETERMINISTIC ANNEALING ALGORITHM FOR NEURAL NET LEARNING

В статті проведений порівняльний аналіз роботи алгоритму зворотного розповсюдження помилки та алгоритмів імітації відпалу для задач навчання нейронних мереж. Запропоновані адаптивні схеми налаштування параметрів алгоритмів детермінованого відпалу та проведено експериментальне дослідження їх впливу на якість отримуваного розв'язку.

This article compares backpropagation and simulated annealing algorithms of neural net learning. Adaptive schemes of the deterministic annealing parameters adjustment were proposed and experimental research of their influence on solution quality was conducted.

Introduction. Simulated neural networks are nowhere near the grand goal of providing a functional equivalent of human brain. But the simple structures already demonstrate very powerful capabilities of problem-solving through self-adaptive computer learning.

In this work we are focusing on one of the most widespread neural net classes – the feed-forward neural network (FNN). For any transfer functions and structure topologies FNN is defined as mapping of inputs X and synoptic weights W into outputs O : $O = \phi(X, W)$. Supervised learning consists of finding particular mapping ϕ that not only approximates input patterns correctly but has the property of generalization for test patterns as well. The learning process is performed with fixed topology and activation functions only through synoptic weights adjustment. In other words for a given set of input images $X = \{(I_1, D_1), \dots, (I_m, D_m)\}$ learning process represents a problem of minimization of the net error function.

$$\min_W E(W) = \min_W \sum_{i=1}^m \varepsilon(W, I_i, D_i) \quad (1)$$

One popular (but not unique) type of error function is the squared-error function: $\varepsilon(W, I_i, D_i) = (\phi(I_i, W) - D_i)^2$. The quality of a learned network is estimated by its error within a given set of training patterns and/or by the error for the test patterns.

It means that supervised neural network learning can be considered a non-linear optimization problem in the space of the synoptic weights. The problem (1) is NP-hard in general case and therefore chances for finding global optima are few especially for the large multi-layered networks. Thus the development of the new learning algorithms and the adaptation of the available meta-heuristics to the network learning are the key problems.

In our work we are trying to fill some noticeable gaps in the knowledge of deterministic annealing techniques application to the FNN learning problem.

1. The Drawbacks of the Gradient-Based Learning Algorithms. The most commonly used *FNN* learning algorithm is the method of backpropagation error (*BP*). *BP* is gradient descent method in the synoptic weight space that minimizes deviation of the network outputs from desired ones. The detailed description of the *BP* method is depicted in numerical sources ([1] for example) and omitted here. The *BP* method has many successful applications but in many cases there are serious problems with it.

The first problem lays in the necessity of the gradient computation resulting in a differentiability of the error function. A possible conclusion is that *BP* algorithm doesn't work within networks with non-differential optimality criteria and with discontinuous transfer functions.

The second problem is in the significant difficulties that run into gradient-based search schemes on the extremely rigged or near-plateau landscapes of the error function. Many authors [2] pointed out the fact that surface of the error function had many extremes. Obviously any methods that don't provide ways of escaping local optima traps will have difficulties finding near-optimal solution.

We may highlight that the second problem is aggravated by the *reduction* of the network size. The use of the small (by size) networks has wide range of the apparent advantages. First, such networks are easily designed and work faster both in software and hardware realizations. Second, they have better generalization possibilities as they don't try to adapt synoptic weights to the input patterns with the ultimate accuracy. Third, they have less local optima. But it returns in extremely rugged surface of the error function landscape and decrease in possibility of finding global optima by the *BP* algorithm from the random starting point. This phenomenon explains the fact that gradient-based schemes commonly find near optimal solutions for the large networks other than for the small ones.

The remedies for the error function local optima in the context of the gradient scheme usually lay in the design of the multi-start algorithms with adaptive choice of the starting point [3]. Random initialization of the synoptic weights or initialization by the algorithm of Nguen-Widrow [4] is not appropri-

ate if the optimal weights are large. Many modifications of the *BP* algorithm are known – conjugate gradient, quasi-Newton, Levenberg-Marquardt etc. The above methods partially tackle the problems mentioned but still have many limitations.

Many distinctly different algorithms of neural network design and learning were created in attempt to overcome the *BP* method limitations. Much attention was paid to the application of the evolutionary algorithms to the network design and learning. A comprehensive overview of the research can be found in [5]. The approaches are very promising in terms of the quality of the obtained solution but computational time for the realization is often exceeds acceptable time limit.

We designed a new algorithm for neural network learning that allows obtaining near-optimal solutions fast, making it suitable for online applications.

2. The simulated annealing algorithms. We consider simulated annealing method (SA) as a basis for our version of network learning algorithm. SA was first presented as optimization technology in [6] for computer modeling equilibrium in the statistical physics (based on Monte Carlo techniques). Today, this algorithm is popular in practical applications because of its simplicity, flexibility and efficiency, as well as among theorists for the possibility to analytical examination of its properties and proof of asymptotic convergence.

Simulated annealing algorithm belongs to a class of threshold local search algorithms. Scheme of basic algorithm (also called Metropolis algorithm) can be represented as follows

Algorithm 1. Metropolis algorithm

1. select initial state (value of network weights and biases) S
2. select temperature value $T > 0$
3. repeat
 - (a) select new state S' from the neighborhood $N(S)$
 - (b) $\Delta E = E(S') - E(S)$, where $E(S)$ is the energy of state S
 - (c) if $\Delta E < 0$ accept new state $S \leftarrow S'$
 - (d) else if $e^{(-\Delta E/T)} < \text{rand}(0,1)$ (2) accept new state $S \leftarrow S'$
 - (e) else reject new state
4. until stop criteria

Each new system state is a stochastic perturbation of current one. We will define this perturbation for the space of the synoptic weights as a zero-mean standard deviation. The transition to a new state depends on the energy differ-

ence of the current state and the perturbed one. Algorithm 1 allows transitions in any state that reduces the system energy or satisfies stochastic condition (3d). Algorithm stops if it couldn't move to the new state during certain amount of attempts. It means the quasi-equilibrium is achieved. After reaching equilibrium the temperature value can be updated according to a cooling schedule.

Condition (3d) consists of random sampling and exponentiation and therefore takes a significant part of computational cost especially in the low energy states. One of the ways of Metropolis algorithm improvement is to replace this condition with simpler one without sacrifice of solution quality. The idea of such substitution belongs to Creutz [7], and the algorithm is known as micro-canonical Monte Carlo simulation method or demon algorithm. In the original form demon algorithm was not aimed at obtaining low energy states, and wasn't directly used for optimization.

Algorithm 2. Creutz's demon algorithm

1. select initial state S
2. select demon energy $D > 0$
3. repeat
 - (a) select new state S' from the neighborhood $N(S)$
 - (b) $\Delta E = E(S') - E(S)$
 - (c) if $\Delta E \leq D$ accept new state and renew demon energy
 $S \leftarrow S'$, $D \leftarrow D - \Delta E$
else reject new state
4. until stop criteria

Generating a new state (3a) is similar to the algorithm 1. The transition to a new state occurs if this state reduces system energy. This lost energy accumulates in artificial variable called demon. An increase of the system energy is permitted only if the demon can give the system necessary energy lost in this case. Obviously, the value $E(S) + D = C$ is a constant for any state of obtained Markov chain.

The acceptance function (3c) of the algorithm 2 is deterministic and simpler to calculate than the same one of the Metropolis algorithm. Exponentiation and generation of a random number are replaced with comparing and subtracting. The sequence of the demon algorithm states is stochastic, but all its randomness arises through the generating function (3a).

3. Demon algorithms and optimization. Any optimization problem can be interpreted as minimization of energy function (fitness function) in the accept-

able states. The modification of demon algorithm for the system transformation from initial state into low-energy one, as it is required by optimization was proposed in [8]. These methods are based on different strategies of the demon energy reducing:

- "annealing" (reduction) of demon value, similar to a temperature decrease in the simulation annealing method [6];
- setting low enough upper threshold for demon value, which indirectly reduces system energy.

Here are the algorithms that implement the proposed schemes:

Algorithm 3. Bounded demon algorithm

1. select initial state S
2. select initial demon energy $D = D_0 > 0$
3. repeat
 - select new state S'
 - $\Delta E = E(S') - E(S)$
 - if $\Delta E \leq D$ accept new state and renew demon energy
 $S \leftarrow S'$, $D \leftarrow D - \Delta E$
 - else reject new state
if $D > D_0$, $D \leftarrow D_0$ - truncation of upper value of demon
4. until stop criteria

Algorithm 4. Annealed demon algorithm

1. select initial state S
2. select initial demon energy $D = D_0 > 0$
3. repeat
 - select new state S'
 - $\Delta E = E(S') - E(S)$
 - if $\Delta E \leq D$ accept new state and renew demon energy
 $S \leftarrow S'$, $D \leftarrow D - \Delta E$
 - else reject new state
if quasi-equilibrium is achieved
 $D = \alpha * D$ - reduce demon value
4. until stop criteria

Each of these methods can be improved [8] by including random standard deviation to the value of demon energy. These algorithms will behave similarly to deterministic algorithms 3 and 4. However, we would like to avoid such varying

increases of the computational complexity of the methods. Therefore, in this work we confined ourselves to consideration of deterministic modifications of simulated annealing algorithms.

The method of threshold accepting (TA) also belongs to the class of deterministic simulated annealing algorithms. This method [9] can be stated as:

Algorithm 5. Threshold accepting

1. select initial state S
2. select initial threshold T
3. repeat
 - select new state S'
 - $\Delta E = E(S') - E(S)$
 - if $\Delta E \leq T$ accept new state $S \leftarrow S'$
 - else reject new state
 - if quasi-equilibrium is achieved, reduce T according to cooling schedule
4. until stop criteria

TA algorithm is similar to both the annealed demon algorithm and the bounded demon algorithm [8]. Significant differences are as follows:

- threshold does not absolve or absorb energy unlike demon energy
- increase of upper limit of energy on each step is fixed
- unlimited energy increase is possible and it allows to escape local minima of any depth
- original work [9] presented only linear scheme of energy reduce.

In algorithm 3, value of the upper boundary of demon can be set higher than the threshold value of TA, as well as average value of demon energy is usually significantly less than the initial values.

4. Adjustment parameters of the algorithms. Demon algorithms were usually applied with simple cooling schedules and empirically selected parameters. In this paper we attempt to adapt recent results, related to speed up convergence of simulated annealing algorithms to those computing schemes.

4.1. The choice of initial threshold. Certain amount of random neural networks is generated, errors of each network on learning data set are determined and then standard deviation σ of these errors is calculated. The initial threshold (initial value of demon energy), according to [10], is selected as follows: $t_0 \geq \sigma$

In our paper we set $t_0 = \sigma$.

4.2. Cooling schedule. There is rich variety of cooling schedules in the theory of annealing algorithms. In this work we consider the most used ones – fixed and adaptive. Fixed cooling schedule does not depend on the state of the Markov chain and usually looks like:

$$t_k = t_0 \cdot \alpha^k,$$

where α is some constant ($0 < \alpha < 1$) that is usually selected within [0.90, 0.99]. In our paper, we used this cooling schedule in the annealed demon algorithm and threshold accepting ($\alpha = 0.95$).

Adaptive cooling schedule proposed in [11] can be given as:

$$t_k = t_{k-1} \cdot \left(1 + \frac{t_{k-1} \ln(1 + \delta)}{3\sigma_{k-1}} \right)^{-1}$$

where δ (the distance parameter) is a small positive constant. In this work, adaptive cooling schedule is used in annealing demon algorithm with distance parameter $\delta = 0.085$.

4.3. The stop criterion. The stop criterion depends on the specific implementation of the algorithm and the current task. We use the stop criterion proposed in [12]:

$$\left(\frac{\sigma_f^2}{t_f |\mu_0 - \mu_f|} \right) < \theta,$$

where θ (the stop parameter) is a small positive constant. We set $\theta = 0.00001$ according to [12]. Moreover, the algorithm stops after a certain amount of iterations (epochs). This additional stop criterion is implemented to limit the maximum working time of the algorithm.

5. Case Study – a Breast Cancer Data Set. For comparison purposes of the discussed methods we used data of the breast cancer diagnostics obtained in [13]. This data set is permanently stored into the repository of the *UCI Machine Learning Group* <http://mlearn.ics.uci.edu/databases/> as “*Wisconsin breast cancer database*”.

Every sample consists of 9 attributes and the class attribute (0 for benign, 1 for malignant). All attributes are in the domain [10]. Class distribution is benign: 458 (65.5%) and malignant: 241 (34.5%)

We use the network with 8 neurons on the hidden layer and the sole output. All transfer functions were hyperbolic tangents.

All algorithms were implemented in *MATLAB 7.0*. Data file was divided into two parts: 60% for learning purposes and 40% for tests. As the network

error function we used squared-error (*Matlab* function *mse*). Then using the learned network we defined error rate for the test patterns. We measured the learning time as well. Our results are shown in Table 1.

Table 1

Test results

Algorithm	Backpropagation (traingd)	Annealed Demon (AD)	Threshold Ac- cepting (TA)
Squared Error (for learning patterns)	Min	0.0067	0.0053
	Max	0.0113	0.0242
	Average	0.0091	0.0114
Error, %(for test patterns)	Min	3.1128	3.1128
	Max	4.2802	4.6693
	Average	3.6316	3.8132
Leaning Time, sec	Min	120.6090	103.9540
	Max	140.1870	135.8290
	Average	129.6770	128.2127

The comparative performances of the algorithms are shown in Figure 1. The graph corresponds to the leaning process with best test performance. It is notable that the learning squared errors weren't minimal for those cases. We restricted the number of epochs in such a way that the learning periods were comparable. These numbers of epochs are 35000 for *BP* method, 4650 for *TA* and 5000 for *AD*.

The conducted empirical studies indicate that the *TA* algorithm exceeds competitors both in the quality and in the time for the solution obtaining. We observed this fact in the learning phase as well as in the test.

Conclusion. In our work we performed comparison of the backpropagation algorithm to some deterministic annealing techniques for the *FNN* learning. The empirical studies shown that deterministic annealing algorithms may successfully compete with *BP*. Threshold accepting with accurate parameter adjustment can escape from local optima of any depth and therefore outperforms *BP* under comparable working time. Furthermore, in the quasi-equilibrium state *TA* method is close to local search resulting in better performance in the optima neighborhood. However, these benefits essentially depend on parameter values. We introduced some techniques for adaptive parameter adjustment that improve the learning speed and quality.

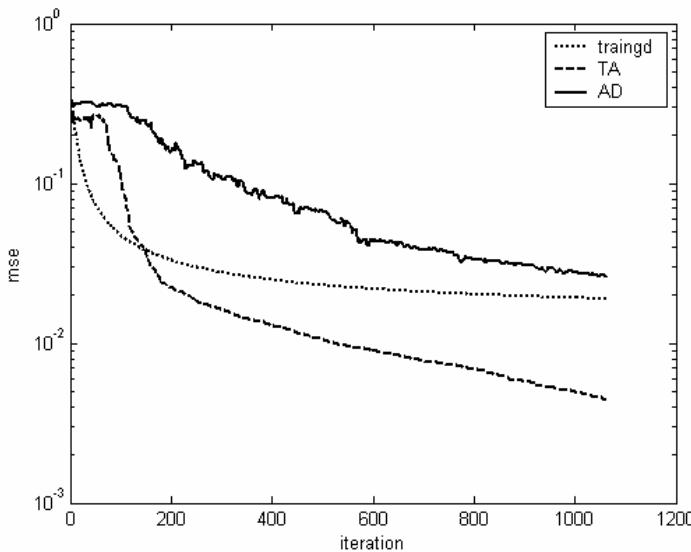


Fig. 1. Comparison of best result obtained by BP, AD and TA

References: 1. Haykin S. Neural networks: a comprehensive foundations.-McMillan.-1994. 2. Shang Yi, Wah Benjamin W. Global optimization for neural network training. - Coordinated science laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign, June 24, 1996. 3. Duch W., Korczak J., Optimization and global minimization methods suitable for neural networks, department of computer methods, Nicholas Copernicus University, Poland, Laboratoire des sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection, CNRS, Université Louis Pasteur, France, 1998. 4. Nguyen D., Widrow B., Improving the learning speed of 2-layer neural networks by choosing initial values of the adaptive weights. Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks, 1990.-№3.-21-26. 5. Whitley D., Kauth J. GENITOR: A different genetic algorithm, Proc. Rocky Mtn. Conf. on AI, 118-130, 1988. 6. Kirkpatrick S., Gelatt C., Vecchi M., Optimization by simulated annealing, Science, vol. 220, pp. 671-680, 1983. 7. Creutz M., Microcanonical Monte Carlo simulation, Physical Review Letters, vol. 50, no 19, pp. 1411-1414, 1983. 8. Wood I A., Downs T., Demon algorithms and their application to optimization problems. In Proceedings International Joint Conference on Neural Networks 2, Anchorage, Alaska, USA, pp. 1661-1666, 1998. 9. Dueck G., Scheuer T., Threshold accepting: a general purpose optimization algorithm appearing superior to simulated annealing, Journal of Computational Physics, vol.90, pp. 161-175, 1990. 10 White S.R., Concepts of scale in simulated annealing, Proc. IEEE ICCD, Port Chester, NY, 646-651, 1984. 11. Aarts E. H. L., van Laarhoven P. J. M., A new polynomial-time cooling schedule, Proc IEEE ICCAD-85, Santa Clara, CA, 206-208, 1985. 12. Otten R.H.J.M., van Ginneken L.P.P.P., Annealing applied to floorplan design in a layout compiler, Proc Automation '86, Houston, TX, 185-228, 1986. 13. Mangasarian O.L., Setiono R., Wolberg W.H. Pattern recognition via linear programming: Theory and application to medical diagnosis.- Large Scale Numerical Optimization.-SIAM Publications.- p. 22-30, 1990

Поступила в редколлегию 19.02.08

UDC 681.518

C. RUSS, Institute of Applied Informatics, Alpen-Adria University Klagenfurt, Austria, cruss@uni-klu.ac.at

SPONTANEOUS DIFFUSION OF INFORMATION IN ONLINE SOCIAL NETWORKS

Онлайнові соціальні мережі (ОСМ) є новими типами веб-сервісів, які пропонують онлайновим суспільствам середовище для гуртування та віртуального спілкування. Як наслідок, такі віртуальні мережі соціальних зв'язків мають високий потенціал для впливового прийняття рішень та розповсюдження інформації «з вуст в уста», але, з іншого боку, вони також можуть розповсюджувати чутки, плітки та некоректну інформацію. Потенціал цих мереж також розпізнається сервіс-провайдерами, маркетологами та виробниками товарів. Вони усі бажають використовувати ці існуючі комунікаційні канали для розповсюдження реклами продуктів безпосередньо користувачам. Але не усі такі спроби є успішними. Ця робота робить спробу пояснити, чому ОСМ є добрим середовищем для спонтанного розповсюдження інформації та які етапи повинні бути виконані для досягнення оптимального рівня розповсюдження для одного елемента інформації. Ми починаємо з розгляду моделі гіперциклів Гартнера, яка пояснює надмірний ентузіазм при впровадженні нових технологій. Далі ми вводимо концепцію «соціального забруднення» та інфекційного розповсюдження інформації. Базова ідея нашого підходу полягає в тому, що онлайнові індивідиуали прихильні до колективної поведінки, якщо вони віртуальну поведінку та дії інших. Цей принцип «спрямованості на інших» може генерувати ланцюгову реакцію інфекційних імітацій які інколи можуть розповсюджуватись неконтрольовано через соціальні мережі, подібно до епідемії.

Online Social Networks (OSN) are new types of web services which provide online communities an environment to gather and meet virtually. The online users are connected to each other via links of trust and utilize the features of the OSN to interact and communicate in an easy socio-technical way. Hence these virtual networks of social relationships have a high potential for influential decision-making and the word of mouth spread of information, but also for spreading fads, rumors, and erroneous information. The power of these new forms of social networks is also recognized by service providers, marketers and vendors of consumer goods. They would all like to (mis)use these existing communication channels to spread product placements, advertising and promotions directly to the connected users. However, just like the old economy businesses, not all attempted marketing initiatives are successful. Most of them fail or do not reach the desired audience. This paper tries to explain why OSN are a good environment for spontaneous diffusion of information and what phases of development need to be accomplished to reach the optimal spreading rate for one piece information. Therefore, we start with a look at the "Hype Cycle" model of Gartner to explain over-enthusiasm for new technology adoptions. Next we introduce the concept of "social contagion" and the infections spread of information. After a short introduction of OSN, we try to illustrate the phases of a social online contagion development process which can lead to spontaneous and uncontrolled diffusion of information, messages or ideas. The core statement of our approach is that online individuals tend to behave collectively if they observe the virtual behaviors and actions of others. This principle of "other-directedness" can generate a chain reaction of infectious imitation which can sometimes spread uncontrolled through the interconnected social network like an epidemic. This helps to explain why some online information waves can grow extraordinarily high and others fall.

1. Introduction. Every year The Gartner Group, a technology analysis company, publishes the so-called “Hype Cycles” of specific upcoming technologies. This graphical representation illustrates trends of a new and upcoming technology very well. Even though it is not a mathematical model, the curve helps to understand the current status of a “hyped” technology and tries to explain the typical phases which are passed through. This kind of collective euphoria can be observed in several areas today. When we are looking at consumer block-busters like Harry Potter, Red Bull or recently the Apple iPhone, there is a lot of buzz about things which are attracting a big audience and generating huge media coverage. On the Internet there are similar examples of big success stories about fast growing websites which became dominant because of a positive diffusion of information about the service and their benefits at a the grassroots level. This kind of virtual “word of mouth” effect can leverage an online service or a web idea by infecting more and more online users and boosting the growth of the service itself.

For the old economy there are several models which describe how a new product, technology or concept gets successfully introduced, and how it gets adopted in the markets (e.g. [26]). The information about a new product or technology can be seen as a topic of interest (TOI) which has to pass through several diffusion phases until it gets a successful investment or flops. Consequently, it is very important to use an appropriate rollout strategy for the TOI to find the maximum adoption rate on the target side. In the area of the Internet, additional questions are arising, especially why and how some information can spread and diffuse surprisingly fast and lead to online phenomena which have not been seen before and others simply fail.

This paper is structured as follows: In chapter 2 we introduce the “Hyper Cycle” (HC) model from Gartner and use it as a starting point for the discussion on why ideas or technologies can spread successfully. Based on the limitations of the HC model, we introduce the theory of “social contagion” [9] as a concept of how people get mind-infected about some idea or even a collective action in chapter 3. In chapter 4 we give a short overview of Online Social Networks (OSN) and their applications. This knowledge helps us to investigate the underlying principle of spontaneous spread and diffusion of information through an OSN in chapter 5. This chapter focuses on the development phases and the given reasons of such fostering environments as seen in OSN. Finally this article closes with some considerations about the transformation of the online users due to the emerging mass phenomena of the Internet.

2. The “Hyper Cycle” model from Gartner. A well-known model about the maturity, adoption, and business application of specific technologies was intro-

duced by technology analyst Gartner [14] and was entitled – “nomen est omen” – as “Hype Cycle” (HC). Since 1995 the concept of Hype Cycles has been used by Gartner [14] to demonstrate the over-enthusiasm or “hype” and the subsequent decline following an introduction of new technologies. An HC is a graphical representation of the maturity, adoption, and business application of specific technologies. The HC also tries, on a qualitative level, to show how and when technologies move beyond their hype. Mainly the graph is trying to forecast when a topic of interest (TOI), e.g., Quantum Computing, will offer practical benefits for the users and become widely accepted. Certainly not all TOI run through such an HC and some even fail at the beginning of the HC.

Assuming we are looking at a potential high-flyer TOI like Web 2.0 [24], the typical HC passes the following phases [14] (see Fig. 1):

1. *Technology Trigger:* The first phase of an HC represents a breakthrough, a product launch, or another event (TOI) that generates significant interest in the target group.
2. *Peak of Inflated Expectations:* In this phase the publicity typically generates over-enthusiasm which leads to unexpected developments and growth rates.
3. *Trough of Disillusionment:* During this phase the overreaction normally cools down to more realistic expectations and a more critical view of the TOI can be observed. Consequently, the media and the target audience lose interest in the topic or technology and a downswing ensues.
4. *Slope of Enlightenment:* If the TOI is somehow fundamentally useful or profitable, it will overcome the “trough of disillusionment.” Thus an understanding of the benefits and practical application of the technology is coming into being in this phase.
5. *Plateau of Productivity:* Finally, if a TOI has achieved this phase, the technology becomes widely demonstrated and accepted; it also becomes increasingly stable and evolves improved versions. The height of the final slope depends on how applicable or beneficial the TOI is.

One of the most influential HC according to Gartner [14] was the E-Business-Hype Cycle in 1999 that predicted the burst of the Internet bubble in spring 2000. But there have also been several failures in the HC prognoses of Gartner. In one of the first HC of 1995, for example, Gartner stated that “Wireless Communications” is at the upward trend and the “Information Superhighway” is losing importance, but it did not behave as predicted [13]. Many other HC are presented by Gartner over the years, and they had noticeable impact on decision makers and the market itself.

Although the Hype Cycle (HC) is a widely accepted analysis tool to graphically express the status of a technology or a product (TOI), it does not

readily explain why a trend is emerging or how it can be initiated. Consequently, the HC is more a qualitative outlook which may include some estimations about the technological innovation and its future potential. The important starting phase of an HC (represented with the dotted box in Fig. 1) is not explained, and moreover, the underlying mechanisms of how and why the information about the TOI is spread are missing. But the diffusion of the information about the TOI is fundamental so that people get to know about it and adopt it over time [7] or even generate hype about it.

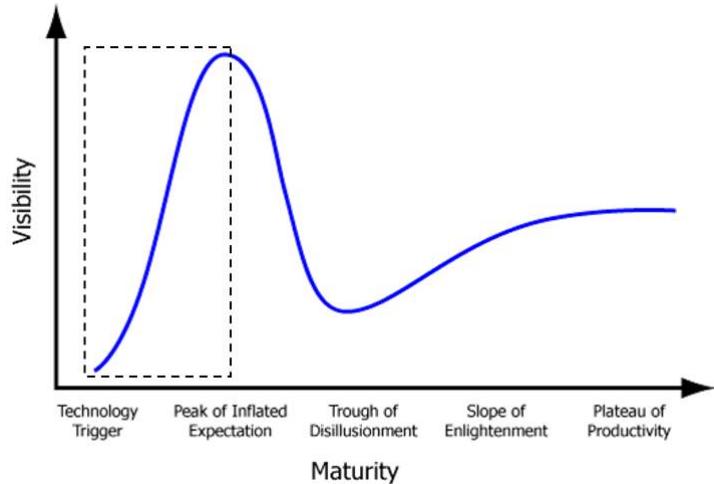


Fig. 1: Gartner's Hype Cycle [14]

3. Social contagion and diffusion of information. One way out of this weakness of the HC model is the utilization of the social psychological concept referred to “social contagion” [9]. The theory states that in a collective process the spread of ideas, attitudes, or behavioral patterns is emerging through imitation and conformity of the affected individuals ([16], [27], [22], [29]). The results of such mass phenomena are masses that end up in trends, fads, as well as hypotheses and panics. Like a snowball effect, it sometimes even leads to extraordinary results in a spontaneous, rapid and unpredictable way ([4], [20], [21]). The outcome of such a social contagion process can have positive or negative effects on the involved users and the environment.

In Fig. 2 the main phases of a social contagion process are presented. Although all social mass phenomena vary, there are three main patterns which a fully developed crowd can go through [28]:

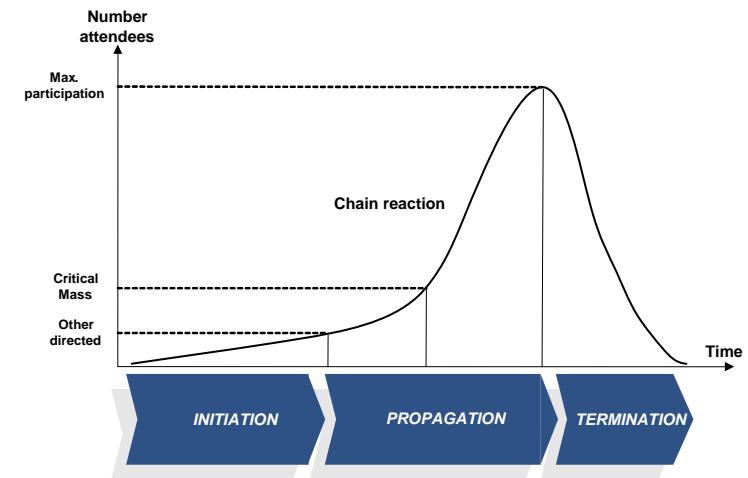


Fig. 2: Social contagion phase model [28] p.67

- *Stage 1 – Initiation:* The initiation of a social contagion process is normally triggered by some psychological attractors or a disruption of the observed environment. Typically these events wake up the concerned individuals and lift them to a higher level of increased attention. If the awareness of the audience becomes keener and additional psychological catalysts such as the classical and new media, trend-setters, opinion leaders and others come across, then the process tends to progress to the next phase.
- *Stage 2 – Propagation:* After the attainment of the “other-directed” threshold, the attendees tend to transform it from a self-aware and self-controlled state to an externally controlled state. From this point on more and more individuals tend to orient toward the behavior of others in the emerging crowd rather than rely upon their own expertise and decisions. If the “other-directedness” is starting to dominate a number of individuals, the contagion process has started effectively. At this time there is still a chance of slowing down the social contagion process. But if the number of individuals involved breaks through the most important threshold, the critical mass of other-directed attendees ([29], [8], [16]), the whole process switches into a radical chain reaction of collective mass behavior. Now the crowd is fully formed and the complex self-enforcing social interplay of the infected individuals is driven by “positive feedback loops” and “path dependence” [1] which can lead to unexpected and uncontrollable results. In

this stage the increase in newly activated users can reach exponential growth rates which can be seen in today's sales success stories like those of Harry Potter, iPhone, RedBull, and many more.

- *Stage 3 – Termination:* Almost every crowd has its expiration date, and typical indicators for the end of such an overreaction are the absence of new headlines, the appearance of critiques of the phenomena, first saturation effects, or simply the factor of time. If the psychological energy is diminishing, the euphoria normally breaks off radically and switches into a kind of panic or resignation. There are well-known and documented examples of this “irrational exuberance” [30]. The inevitable ending is arising as in the examples of financial crashes or Ponzi scheme oriented games [20].

Bikhchandani, Hirshleifer, and Welch [3] call these phenomena “information cascades.” In these cases the overall process tends towards a direction where every subsequent user makes the same decision, based on the observations of others, independent of the private signal, which can lead to patterns of collective or sometimes irrational behavior [30].

4. Online Social Networks. Online Social Networks (OSN) like MySpace.com, Facebook.com, Bebo.com, or the video sharing platform YouTube.com, to name just a few, are promising areas to explore spontaneous diffusion of information. These Websites are very user-centric and massively dependent on how efficiently information can spread to existing and potential users. The principle idea of OSN is to build and maintain communities of personal social networks which have similar interests and activities or which are interested in exploring the interests and activities of others [5].

Therefore, these online platforms offer various ways to communicate and interact with each other for the individual members of such an OSN system. One of the major principles of OSN is the “visibility” of the other participants who flock together in this online community. Hence there are virtual profiles of the users as well as the possibility to connect with each other in a network of linked trusts. These virtual social networks enable the individuals to propagate and distribute information very easily through the electronic channels and to reach a broad audience with the same content and ideas. Additionally, most of the content and information about the online individuals are public and free to access for everyone on the Web. Thus it is quite easy to search the existing content and information of these OSN to connect virtually with the related persons.

The main target group of the OSN sites are teens and the young at heart, but there are also OSN for adults which are mainly called Online Business Networks (OBN) like LinkedIn.com or Xing.com. Their target is to intercon-

nect business people to foster networking and professional objectives like job offers, cooperation, and sales leads.

As of November 2006 it is said [6] that the 10 most popular domains accounted about 40% of all page views on the Internet and nearly half of the views can be credited to the OSN systems MySpace.com and Facebook.com. Some of the registered users certainly are duplicates in different OSN and not all of them are active all the time. Anyhow, these online networked users are offering a high potential for the diffusion of information and the spread of rumors, fads, and trends.

5. Understanding spontaneous spread of information in OSN. On today's Internet the rules and the business models are continuously changing. More and more the classical marketing and advertising concepts are failing and drifting to more user-oriented and customer-driven approaches. One of the most important objectives is to spread information and attractors efficiently and rapidly to potential online users, so that they, for example, visit a website or behave in a profitable way. Therefore, the question is how online environments which support the diffusion of information or TOI can be established and fostered.

We assume that humans are behaving quite similarly on the Internet as they are in the real world but with a new degree of emergence due to the missing time and space limitations of the Web [25]. What we can see today is a highly interactive, dynamic and accelerating online network of connected people who are using all these Web technologies to facilitate and manage their social lives. On the basis of the phase model called “Online Crowds” (OC) [28] and the analogy of the biological spread of diseases, we investigate the practicality of the approach to explain spontaneous diffusion of information (TOI) in Online Social networks (OSN). Therefore, we reuse the phases of the OC model and the concept of “social contagion” from chapter 3 and extend them with the patterns and particularities of the observed domain of OSN and the underlying technological concepts of social software [5]. In Fig. 3 the outbreak of an “information virus” through an OSN system is illustrated. Similar to the “social contagion” development phases of Fig.2, the process requires two¹ known phases but needs to be extended by adding one additional phase called “Amplification”:

- *Initiation phase:* At the beginning there is a need for some initial exciter like sensational news, a trend-setter or a disruption of the social or virtual environment which push-starts the TOI into the attention of the first indi-

¹ The „Termination“ phase is not taken into account at this point because the paper mainly focuses on the acceleration effects of the first phases.

viduals. Normally, a minority group is communicating and exchanging the TOI among themselves and with new peers at this stage. According to Moscovici [23] a dominant and insistent minority group can change the opinion of the majority. This social behavior and the additional psychological attractors can help to increase the number of informed users. As more users get in contact with the TOI, they will transform from rational to other-directed behaviors as described in the previous chapter.

- *Propagation phase:* When the threshold of the “Rationality of Others” is reached, the users tend to imitate and repeat the information and signs observed by others more and more. Hence the TOI itself is changing from a kind of neutral information to a biased mind-virus for the receiver. To reach this threshold limit, the visibility and the information traces of other users are very important. Moreover, a rich feature set for self-expression, recommendation and sharing (spreader tools) is needed to push the TOI further. With the positive development of the process, social factors like awareness and reputation are getting more and more important. Hence rating systems, activity ranks, and interlinking of existing and new contacts are essential for advancement of a TOI.
- *Amplification phase:* If the increase of the number of infected users continues and additional users are getting in contact with the TOI, the spreading process may reach the most important threshold, the critical mass (see chapter 3). At this stage the tipping point [15] of the TOI, which determines whether it will die or it will get to an epidemic outbreak, is reached. The viral cascade is fully developed and everybody who gets to know about the TOI needs to adopt the information because of the euphoria and pressure from the others. To foster this stage and enlarge the number of potential target groups, an OSN can open its data and programming interfaces (API) to partners and multiplier technologies like Social Tagging, Weblogs, Mesh-ups, RSS-Syndication, and Back-Linking. Moreover, the infected users can be equipped with an “epidemic mission” to recruit and re-infect new users by a reward system which can be based on incentives such as money, or more intangible approaches like higher ranks, better status, or more features offered by the OSN. In analogy with Metcalfe's law that proclaims that the value of a telecommunications network is proportional to the square of the number of users of the system [11], the infection rate of a TOI grows non-linear with the number of new users. Moreover, the escalating effects of positive feedback loops and the nature of the Internet as a global, virtual, low-cost communication and collaboration network represents the strong foundation for such social “viral architectures” [18].

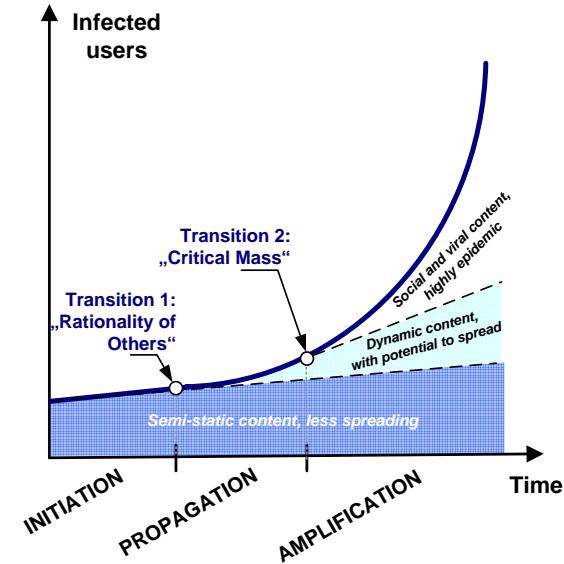


Fig. 3: Outbreak phases of a mind-based virus in OSN

Looking at the potential effectiveness of an epidemic outbreak, three different types of virtual carrier levels can be identified. In Fig. 3 the contributing elements are differentiated in the following areas:

- *Linear spreading carriers:* Since the beginning of the Internet, these carriers have offered a static, or in the later years semi-static, ability to spread a “mind-virus”. These features prevent the building of larger sources of infection because of the limited interaction possibilities by the users (respectively information consumers). Characteristic examples are static and insular websites, information broadcasting with limited interaction such as one-way distribution lists, contact mail, guest books, and web-based forms.
- *Semi-dynamic spread carriers:* Over the years the Internet emerged and moved to a more dynamic and interactive Web of users (and prosumers respectively) with an increased potential of spreading. Examples are discussion forums, chat systems, file uploads, and website editing features, as well as some sharing tools and search mechanisms.
- *Social and viral spread carriers:* In the last few years, the features changed dramatically and combined social software concepts with the feasibility of user-generated content [19]. These carriers represent important portions of the exceptionally strong viral carriers for any type of TOI. Explicit exam-

ples are full-fledged online platforms with rich media content and easy-to-use but powerful authoring and editing tools as well as extensive cross-referencing and cross-linking mechanisms. At a first glance, these online features help to find, connect, and maintain the social ties and to transform the day-to-day social contacts and behaviors into the Web. On a deeper view, these kinds of spreading tools help to push an initially small and local TOI to a fully developed epidemic outbreak of parts of the OSN and beyond.

If these principles are applied correctly, there is a high potential to generate spontaneous spread of information (TOI) over the existing virtual social networks. The above-mentioned network effects rely on the basics of two well-studied theories:

- *Scale Free Networks (SFN)*: In contrast to old theories with a random structure of social networks and the Internet, Barabási and Bonabeau [2] found out that the connections of these kinds of networks are “power law distributed.” This has several implications on the properties of these networks. First of all the topology consists of very few nodes with lots of connections (so-called hubs) and a lot of nodes with only a few links. Second the SFN are robust against random threats but very fragile when only a few major hubs are infected. This could cause emergent information cascades and unusual social contagion waves.
- *Small World Networks (SWN)*: According to Watts [31] each individual is connected, on average, to each other by six human nodes. So only a few people in a group are necessary to reach a lot of different individuals. The graph degree distributions are defined with the properties “clustering coefficient” and “mean-path length.” Thus typical social relations follow a long tail distribution with some highly connected social hubs, and SWN can follow the characteristics of SFN. This could circumstantiate why social contagion and information viruses can happen in very spontaneous and unexpected ways.

Typical examples which comply with these network paradigms are the Internet itself, air transportation networks, electronic power grids, and social influential networks. Putting these approaches together helps to understand how the spreading of information and collective behavior are stimulated and accelerated. It has to be mentioned that not all presented socio-technical network effects are amplified 100% in OSN. There are always attrition rates and forces that counteract the leveraging effect [10]. Especially the factors of time and loss of additional psychological drivers are providing essential contributions if the “Termination or Substitution” phase of a social contagion is opened up.

6. Conclusion and future work. A lot of research has been done in the area of diffusion of information and the adoption of innovation in the last decades. A quite similar attempt of [17] is trying to analyze the diffusion of information in Weblogs and also on the concepts of threshold models and the spread of information although [17] focus more on the connection structure and stickiness of the Weblog network than on the socio-technical aspects of the phenomena. In this paper we have discussed reasons why OSN are very advantageous environments for mind-based outbreaks of epidemics of TOI. Apart from the leveraging network effects of the Internet and the social networks, there are psychological rules acting in the background which facilitate social contagion processes in the real world as well as on the Web. If an infectious TOI can reach the critical mass of users, an epidemic outbreak can happen instantly. In this case the infection rate can change from linear to exponential growth and tend to contaminate most of the users of an OSN.

From the Internet user point of view, there has been a shift in the last years from technical-user centric to a more mass-user and community centric approach on the Web. Especially the encouraging environment of high-speed but flat-rate Internet access, easy-to-use web interfaces, out-of-the-box features and tools, as well as a broad penetration of the Internet itself, bypasses the hurdles for an average user and supports the appearance of epidemic TOI outbreaks. In

Fig. 4 the user transformation from the so-called Web 1.0 to the current and often mentioned Web 2.0 [24] is illustrated with some selected examples.

Web 1.0	→	Web 2.0 and OSN
<i>Self</i>	→	<i>Social</i>
<i>Consumer</i>	→	<i>Prosumer / Imitator</i>
<i>Rational</i>	→	<i>Viral</i>
<i>Push</i>	→	<i>Pull</i>

Fig. 4: User behavior transformation from Web 1.0 to Web 2.0

What we can see today is that epidemic outbreaks of TOI and the social contagion developments are getting more intensive and are affecting more users than some years ago. Hence there is potential as well as challenges arising from these new phenomena on the Internet. As the economist Peter Drucker stated, “The mass movement has become the dominant political phenomenon of the century.” ([12] p.94), there is the potential that the overall mass behavior of the Internet users will become the dominating virtual phenomenon of our century.

References: 1. W. B. Arthur. Increasing Returns and Path Dependence in the Economy. University of Michigan Press, 1994. 2. A. L. Barabási, E. Bonabeau. Scale-free networks. Scientific American 288, pp.60-69, 2003. 3. S. Bikhchandani, D. Hirshleifer, I. Welch. Learning from the Behavior of Others: Conformity, Fads, and Information Cascades. American Economic Association in Journal of Economic Perspectives, pp.151-170, 1998. 4. E. Bonabeau. The Perils of the Imitation Age. Harvard Business Review Article, Jun 1, pp.45-47, 49-54, 2004. 5. D. Boyd, N. B. Ellison. Social Network Sites: Definition, History, and Scholarship. Journal of Computer-Mediated Communication, Vol. 13, No. 1-2, 2007. 6. J. Breslin, S. Decker. The Future of Social Networks on the Internet – The Need for Semantics. Digital Enterprise Research Institute, Galway, IEEE Internet Computing pp.87-90, 2007. 7. F. J. Carter Jr., T. Jambulingam, V. K. Gupta, N. Melone. Technological innovations: A framework for communicating diffusion effects. Information & Management, 38(5), pp.277-287, 2001. 8. B. Celen, S. Kariv. Observational learning under imperfect information. Games and Economic Behavior 47(1), pp.72-86, 2004. 9. A. Colman. A Dictionary of Psychology. Originally published by Oxford University Press, 2001. 10. P. S. Dodds, R. Muhamad, D. J. Watts. An Experimental Study of Search in Global Social Networks. Science, 8 August 2003, Vol. 301. no. 5634, pp.827-829, 2003. 11. L. Downes, C. Mui. Unleashing the killer app: digital strategies for market dominance. Harvard Business School Press, 1998. 12. P. F. Drucker. The New Realities. Transaction Publishers, Rev. Ed., 2003. 13. J. Fenn, A. Linden. Gartner's Hype Cycle Special Report for 2005. 10th anniversary of Gartner's Hype Cycles, ID Number: G00130115, www.gartner.com/resources/130100/130115/gartners_hype_c.pdf, 2005. 14. Gartner. Understand Hype Cycle. Gartner Group, www.gartner.com/pages/story.php?id=8795.s.8.jsp, 2007. 15. M. Gladwell. The Tipping Point: How Little Things Can Make a Big Difference. Little Brown, 2001. 16. M. Granovetter. Threshold Models of Collective Behavior. The American Journal of Sociology, Vol. 83, No. 6, pp.1420-1443, 1978. 17. D. Gruhl, R. Guha, D. Liben-Nowell, A. Tomkins. Information Diffusion Through Blogspace. In proceedings of the 13th International World Wide Web Conference (WWW'04), pp.491-501, 2004. 18. K.H. Lee. Viral Architectures. MIT Media Lab, Viral Working Group, web.media.mit.edu/~kwan/Projects/viralarchitectures.pdf, 2005. 19. E. Lesser, M. A. Fontaine, J. A. Slusher. Knowledge and Communities. Elsevier LTD, Oxford, 2000. 20. C. P. Kindleberger. Manias, Panics, and Crashes: A History of Financial Crises. Basic Books, New York, 1978. 21. C. MacKay. Extraordinary Popular Delusions and the Madness of Crowds. With a foreword by Andrew Tobias, Harmony Books, New York, 1980. 22. D. Kempe, J. Kleinberg, E. Tardos. Maximizing the Spread of Influence through a Social Network. SIGKDD '03, Washington, Proceedings of the ninth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, pp.137-146, 2003. 23. S. Moscovici, E. Lage, M. Naffrechoux. Influences of a consistent minority on the responses of a majority in a colour perception task. Sociometry, Vol. 32, pp.365-80, 1969. 24. T. O'Reilly. What Is Web 2.0 – Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software. Oreillynet.com, www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html, 2005. 25. T. Postmes, S. Brunsting. Collective action in the age of the Internet: mass communication and online mobilization. Social Science Computer Review, Volume 20, Issue 3, Special issue: Psychology and the Internet, pp.290-301, 2002. 26. E. Rogers. Diffusion of Innovations. Fifth Edition. Free Press, New York, 2003. 27. M. Rolfe. Social networks and threshold models of collective behavior. University of Chicago, Workingpaper, December 10, 2004. 28. C.Russ. Online Crowds – Extraordinary mass behavior on the Internet. Proceedings of i-Media '07, Graz, Austria, pp.65-76, 2007. 29. T. C. Schelling. Micromotives and Macrobehavior. Norton, W. W. & Company, Inc, 1978. 30. R. J. Shiller. Irrational Exuberance. University Presses of CA, 2nd ed., 2005. 31. D. J. Watts. The “New” Science of Networks. Annual Review of Sociology Vol. 30, pp.243-270, 2004.

Поступила в редколлегию 15.02.08

UDC 681.3.06

V.A. SHEKHOVTSOV, NTU “KhPI”, Kharkiv, Ukraine,
Ch. KOP, Alpine-Adriatic University of Klagenfurt, Austria
H.C. MAYR, Alpine-Adriatic University of Klagenfurt, Austria

TOWARDS QUALITY-AWARE PREDESIGN MODEL

У статті розглядаються основи підходу до збирання семантики вимог якості у проміжну предпроектну модель. Цей підхід є поєднанням технологій Клагенфуртського концептуального предпроектування та аспектного предпроектування. Запропоновані додатки дозволяють включити до моделі ієархію характеристик якості та подати наскрізні відношени між інтересами якості та основною функціональністю системи. Обговорені деякі напрямики інтеграції запропонованої моделі у процес розробки програмного забезпечення, що керується якістю.

An approach to capturing the semantics of quality requirements into an intermediate predesign model is outlined. This approach combines Klagenfurt Conceptual Predesign and Aspectual Predesign techniques. Proposed extensions incorporate the hierarchy of quality characteristics into the predesign model and represent crosscutting relationships between the quality concerns and the main functionality of the system. Some directions of integration of the proposed model into quality-driven software process are discussed.

1. Introduction. One of the problems arising while developing an approach to incorporate quality-related issues into software process is a problem of finding an adequate representation of the semantics of quality requirements before performing design-time activities.

Following Klagenfurt Conceptual Predesign [12-13, 15] and Aspectual Predesign [19-20] approaches, to solve the above problem we propose to establish an intermediate semantic model (*predesign model*) residing between quality requirements elicitation and conceptual design. Such model has to describe the notion of the software quality that can be used on different stages of the software process, and capture the quality requirements semantics in a way that can be easily understood and verified by the system users. We call this model *Quality-Aware Predesign Model* (QAPM). In this paper we outline the main concepts of this model, more detailed description will be included in the follow-up papers.

The rest of the paper is organized as follows. Section 2 gives some important background information about software quality and existing predesign approaches. Section 3 describes the main features of the proposed predesign model. Section 4 is devoted to the integration of the described technique into broader context of quality-driven software process. Section 5 concludes the paper and shows the directions for future research.

2. Background. In this section, some necessary background information will be introduced.

2.1. Quality Models and Quality Requirements. To be able to describe the approach for analysis of quality-related information, it is necessary to select the notion of the software quality first. In this paper, we limit ourselves to the taxonomy approach to representing the product quality [7]. In this approach, quality is conceptualized as a hierarchy of quality attributes, with top-level attributes representing general quality characteristics (like functionality and reliability), whereas bottom-level attributes (quality sub-characteristics) representing more concrete characteristics (e.g. reliability can be decomposed into fault tolerance and availability). This representation forms the foundation for the quality model [2, 5-6]. There are many quality models proposed in literature (starting from [1]) and standardized by respective bodies such as ISO [9].

Following [8, 21], we assume that quality sub-characteristics are quantified via quality measures (indicators). For example, according to [21], “time behavior” sub-characteristic can be quantified via turnaround time, response time, CPU elapsed time, I/O processing time and several other indicators.

Indicators form the foundations for quality criteria and quality requirements. Every criterion reflects “a single aspect of quality of the system” [9]. According to [5-6] criteria can be seen as quality indicators connected to the particular system artifacts or its operations, e.g. for “response time” quality indicator the criteria can be “*response time for searching the customer by name*”, “*response time for bank account withdrawal*” etc. Quality criteria together with threshold values form the quality requirements. For example, the requirement based on described criteria could look like this: “*response time of searching the customer by name must not exceed 1 second*”.

Glinz [8] proposed classification of quality requirements introducing the concerns (matters of interest in a system) [4], in particular (a) functional concerns related to expected system functionality and (b) quality concerns related to quality characteristics defined by some quality model. After that, the set of requirements was decomposed into three main categories: (1) *functional requirements* related to functional concerns; (2) *quality requirements* related to quality concerns; (3) *constraints* constraining the solution space beyond what is necessary to meet the particular functional or quality requirement. We plan to base our model on this classification.

2.2. Handling Quality Requirements in Predesign Approaches. In this section, we will outline the approaches to handling the quality requirements in existing predesign approaches.

Klagenfurt Conceptual Predesign Model (KCPM) [12-13, 15] consists of a small set of semantic concepts such as *thing-type* (generalization of class and value type), *connection-type* (representing relationships between thing-types), or *operation-type* (modeling functional services). In this paper, we restrict ourselves to its tabular representation using glossaries. Though this model is built to capture the semantics of all kinds of requirements, non-functional requirements treatment is limited by collecting them in the *constraint glossary*. Each constraint (e.g. *The System shall process a minimum of 8 transactions per second*) could be related to at least one constraint type. In [12] a constraint type was a classification of the non-functional requirement (e.g. *performance requirement*). Since different kinds of classifications exist the constraint type was connected to one constraint category (e.g. “*IEEE Std. 830-1993*”). This way of connecting constraint categories and constraint types to constraint gave the designer more flexibility. He/she was allowed to define any kind of category (“*IEEE Std. 830-1993*”, “*My Characteristics*” etc). Within this category it was possible to collect the types of requirements which belong to it. Once the types were defined the designer was able to relate the collected constraints to one or more constraint types related to different categories.

The main goal of an *Aspectual Predesign* technique [19-20] was extending the KCPM to make it able to deal with crosscutting concerns in the problem space. It aimed at capturing the semantics of “*aspectual*” (crosscutting) requirements as defined by aspect-oriented software development (AOSD) terminology [4] into the predesign model (Aspectual Predesign Model, APM) similar in its purpose to KCPM. In this model, thing-types are used to represent concerns in AOSD sense, crosscutting behavior units implementing quality requirements (advices, interceptors) are represented via operation-types; pointcuts (rules that connect advices to some places in model where they are supposed to be called) are represented via modified connection-types. Aspectual predesign can be seen both as an extension to the Klagenfurt conceptual predesign that allows mapping the aspectual requirements and as an intermediate step of the AOSD residing between aspect-oriented requirements engineering and aspect-oriented modeling.

The two predesign approaches are complementary. Whereas KCPM represents quality requirements as constraints and allows user-supplied classification of these requirements, APM allows treating the requirements as belonging to crosscutting concerns and offers some guidance in separation of these concerns. It seems feasible to merge these approaches in a way that makes the resulting technique benefit from their advantages. The outline of the possible results of this merge is presented in the following section.

3. Outline of the Model. Several problems need to be solved during the model development: (1) allowing integration of the quality model; (2) extending the KCPM metamodel to integrate complete representation of quality requirements; (3) implementing the semantic support for separation of quality-related and functional concerns; (4) implementing support for relationships between these concerns. In this section, we describe our approach to resolving these problems.

3.1. Integrating Quality Models into QAPM. For allowing a flexible integration of the quality-related information, we introduce two new semantic concepts for our predesign model: a *quality characteristic* and a *quality model*. We cannot use existing concepts (such as thing types) for this purpose because they represent types of things whereas quality characteristics are instances of the particular high-level concept. A quality characteristic is a semantic concept for elements from all levels of a quality model hierarchy; quality model represents the particular instance of this hierarchy. For quality indicators, their units of measurement are values for “value domain” meta-attribute of the quality characteristic.

Fig.1 contains the fragment of a quality model glossary corresponding to the extended ISO 9126 quality model (in particular, the “Efficiency” high-level quality characteristic).

id#	Name	belongs to	value domain
Q04	Efficiency		
Q04-1	Time behavior	Q04, Efficiency	
Q04-1-1	Response time	Q04-1, Time behavior	seconds

Figure 1: Part of the quality model glossary corresponding to efficiency

The reason of storing all the quality model information in the glossary reflects the “mixed model” paradigm of the quality model construction [5] making possible to tailor already existing quality models for the particular problems. In our model, analysts can add or modify quality characteristics and indicators of different nature.

3.2. Modeling Crosscutting Concerns and Requirements. In this section, we show how our model allows capturing crosscutting concerns and requirements.

In our model, quality characteristics and sub-characteristics are treated (following [8, 16]) as *concerns*. We also follow [16] in distinguishing the dominant functional concern which controls the decomposition of the system and modeling all other concerns (in particular, all quality concerns) as crosscutting concerns. As the quality concerns form the primary interest of this paper, we

assume that the dominant concern is the main functionality of the system. This concern defines the decomposition of the predesign model into the set of thing-types and other KCPM artifacts.

In this paper, we also assume that quality concerns directly correspond to the quality characteristics and sub-characteristics in the accepted quality model (e.g. for ISO 9126 quality model the candidate concerns are “Efficiency”, “Usability”, “Time behavior” etc.) As a result, we do not need any special notation to represent these concerns; the quality model glossary will serve the purpose of quality concern glossary as well. If some quality characteristics are of no interest to the current system, they can be simply ignored in the rest of the model.

To be able to represent crosscutting relationships between functional and quality concerns, we need to decide on a *join point model* [6] based on captured requirements semantics. This model defines the set of all possible places where the functionality of the base concern can be extended or replaced with the functionality implementing the crosscutting concern, and, on the other hand, the set of all possible model artifacts belonging to the crosscutting concern that can be chosen for this extension. The join points in this model are *thing-type*, *connection-type*, *operation-type* and *cooperation-type*.

After the join point model is defined, the next step is to establish the semantics of quality requirements. We propose a *constraint* to be a semantic concept corresponding to the quality requirement. To reflect the relationship between base and quality concerns every such constraint will contain the references to particular quality concern (quality characteristic) and the element of dominant functional concern belonging to the joint point model (KCPM artifact). The QAPM metamodel of quality requirement is shown on Fig.2.

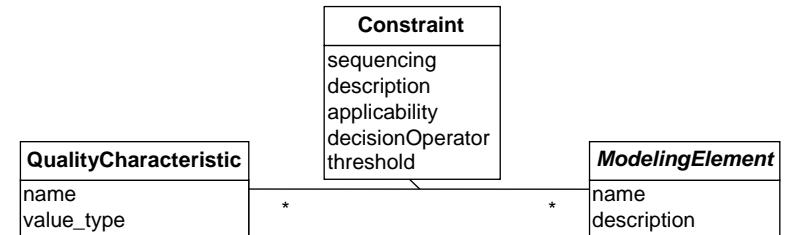


Figure 2: Part of QAPM metamodel describing the quality requirement as a constraint

The *ModelingElement* is the root of the schema elements hierarchy in the KCPM metamodel. We decided to associate the *QualityCharacteristic* to this abstract meta-class and enhance this association using the *Constraint* associa-

tive meta-class. The meta-attributes characterizing the quality requirement constraint are as follows:

1. “*sequencing*” reflects the temporal and conditional dependencies between base and quality concern elements [3]. The set of possible values reflecting these dependencies includes “before”, “after”, “wrap”, “instead”, “concurrently”, “if”, and “if not”.
2. “*applicability*” represents applicability condition for this requirement (e.g. “during peak hours”, “during startup and shutdown”, “if the system is in the safe mode” etc.)
3. “*description*” contains the description of the requirement. For imprecise requirements, this meta-attribute is supposed to contain all the information available for the requirement, e.g. “the system must be secure”. For refined requirements, the following two meta-attributes will be used as well.
4. “*decisionOperator*” contains the operator which needs to be applied to the threshold value to determine if the requirement is satisfied or not (e.g. “equals”, “less” or more complicated operators)
5. “*threshold*” contains the threshold value.

Fig.3 shows the fragment of a constraint glossary representing quality requirement. We suppose thing-type *Order* and cooperation-type *Order department checks articles* are already defined in a model.

id#	quality characteristic	functional element	sequenc-ing	description	appli-cabil-ity	decision operator	thresh-old
C02	Q04-1-1, Response time	E01, Order department checks articles	wrap	the response time must be short	during peak hours	less	0.5

Figure 3: Quality requirements in the QAPM constraint glossary

4. Model Integration. The QAPM is supposed to be integrated into wider context of *Quality-Driven Software Process* – specialized software process aimed at integrating quality into all the stages of the software development from requirements elicitation to code generation. In this section, we take a detailed look at various aspects of this integration.

4.1. QAPM Information Suppliers. Our model obtains its input information from the requirements elicitation stage of the software process. In the framework of the quality-driven software process, we plan to support this stage (Quality Requirements Elicitation) with some special techniques.

For example, when natural language requirements specifications are available and the stakeholders trust them, it is possible to elicit quality requirements from these specifications using NLP algorithms and transfer their semantics into QAPM glossaries ([14] represents a preliminary technique aimed at this goal).

Another technique is supposed to be used if the formal requirements specifications are difficult to obtain or cannot be completely trusted. The proposed approach collects the stakeholders experience allowing them to assess the qualities of the system under development interactively in context of its usage processes. To achieve this, it is planned to construct a special tool [18] implementing an interactive simulation environment. In this environment, stakeholders can experience the qualities of the system under development in context of the usage processes carried out in their organizations and make assessments of these qualities. These assessments will serve as sources of the quality requirements. The semantics of the requirements elicited via this environment can also be transferred into QAPM glossaries.

4.2. QAPM Information Consumers. Information represented in QAPM glossaries is planned to serve as a source for two other steps of the Quality-Driven Software Process: Quality-Driven Architecture Design and Quality-Driven Code Generation.

For the architecture design step of the software process it is planned to implement a tool for creating architecture of the system under development that entails that system to have the required qualities. This problem is broken down into the set of problems related to selecting a software architecture artifact which possesses the desired qualities (artifact selection) while reaching an agreement between the desired system quality and the resource constraints (artifact negotiation). Paper [10] describes a technique supporting the quality-based selection of specific development artifacts (BPM methodologies). For quality-driven software process, it will be generalized to cover all the software artifacts. We plan to obtain the information about the desired qualities controlling the artifact selection and negotiation from QAPM quality model.

For the code generation step it is planned to implement a tool for creating the code of the system under development in a way that complies with the architecture worked out earlier. To achieve this goal, it is planned to utilize the power of modern code-generation techniques (such as OO-Method [17]) by finding the way to adapt quality-related information so it can influence some aspects of the code generation. To be able to perform actual quality-driven code generation, it is planned to integrate the concepts related to quality into OO-Method (its notation, methodology, and abstract execution model). For initial

representation of quality-related information, we plan to use QAPM enhancing the approach from [11], which suggests using original KCPM for this purpose.

5. Conclusions and Future Work. In this paper, we outlined the basic concepts of a quality-aware intermediate model allowing capturing quality requirements semantics into glossary entries that can be verified by the end users. This model can serve as a source for information necessary on other stages of the quality-driven software process. In fact, we plan to use this model as core “scratch pad” of the problem domain for this process. In future, we plan to implement a software tool supporting this model, as well as perform all the described actions necessary to integrate QAPM into the software process.

References. 1. Boehm, B.W., Brown, J.R., et al. Characteristics of Software Quality // Vol.1 of TRW Series of Software Technology. North-Holland, 1978. 2. Carvallo, J., Franch, X., Grau, G., Quer, C. Reaching an Agreement on COTS Quality through the Use of Quality Models // Proc. ICSE 2nd Workshop on Software Quality, 2004. 3. Chitchyan, R., Rashid, A., et al, Semantics-based Composition for Aspect-Oriented Requirements Engineering // Proc. AOSD'07, ACM, 2007. 4. Filman, R., Elrad, T., Clarke, S., Aksit, M. Aspect-Oriented Software Development. Addison-Wesley, 2006. 5. Firesmith, D. Quality Requirements Checklist // J. of Object Technology, 4:9, 2005, p.31-38. 6. Firesmith, D. Using Quality Models to Engineer Quality Requirements // J. of Object Technology, 2:5, 2003, p.67-75. 7. Garvin, D.A. Competing on the Eight Dimensions of Quality // Harvard Business Review, 65:6, 1987, p.101-109. 8. Glinz, M. On Non-Functional Requirements // Proc. RE'07, IEEE, 2007. 9. ISO/IEC 9126-1, Software Engineering – Product Quality – Part 1: Quality model, 2001. 10. Kaschek, R., Pavlov, R., Shekhovtsov, V., Zlatkin, S. Characterization and tool supported selection of business process modeling methodologies // Technologies for Business Information Systems. Springer, 2007, p.25-37. 11. Kop, C., Mayr, H. C., Yevdoshenko, N.: Requirements Modeling and MDA. Proposal for a Combined Approach // Proc ISD 2006, Springer, 2007 12. Kop, Ch. Rechnergestützte Katalogisierung von Anforderungsspezifikationen und deren Transformation in ein konzeptuelles Modell. Doctoral thesis, University Klagenfurt, 2002. 13. Kop, Ch., Mayr, H.C. Mapping Functional Requirements: From Natural Language to Conceptual Schemata // Proc. SEA'02, 2002, p.82-87. 14. Kostanyan, A., Shekhovtsov, V. Towards Entropy-Based Requirements Elicitation // Proc. ISTA'2007, LNI P-107, GI-Edition, 2007, p.105-116. 15. Mayr, H.C.; Kop, Ch.: A User Centered Approach to Requirements Modeling // Proc. Modellierung 2002. LNI P-12, GI-Edition, 2002, p.75-86. 16. Meier, S., Reinhard, T., Seybold, C., Glinz, M. Aspect-Oriented Modeling with Integrated Object Models // Proc. Modellierung 2006, GI-Edition, 2006, p.129-144. 17. Pastor, O., Gómez, J., Insfrán, E., Pelechano, V.: The OO-Method approach for information systems modeling: from object-oriented conceptual modeling to automated programming // Information Systems, 24:7, 2001, p.507-534. 18. Shekhovtsov, V., Kaschek, R., Zlatkin, S. Constructing POSE: a Tool for Eliciting Quality Requirements // Proc. ISTA'2007, LNI P-107, GI-Edition, 2007, p.187-199. 19. Shekhovtsov, V., Kostanyan, A. Aspectual Predesign // Proc. ISTA'2005, LNI P-63, GI-Edition, 2005, p.216-226. 20. Shekhovtsov, V., Kostanyan, A., Gritskov, E., Litvinenko, Y. Tool Supported Aspectual Predesign // Proc. ISTA'2006, LNI P-84, GI-Edition, 2006, p.153-164. 21. van Zeist, B., Hendriks, P., Paulussen R., Trienekens, J. Quality of Software Products. Experiences with a quality model. Kluwer , 1996.

Поступила в редколлегию 20.02.08

UDC 512.086

M.TALIB, Ph.D., Department of Computer Science,

University of Botswana,

A.ABUSUKHON, M.Sc., School of Computing and Technology,

University of Sunderland

GRAPHICS TECHNOLOGY TO MODEL THE PROBLEMS OF CALCULUS USING ANALYTICAL GEOMETRY

Ця стаття містить опис деяких методів візуалізації, що дають можливість використовувати технології комп’ютерної графіки для моделювання задач математичного аналізу та аналітичної геометрії. Детально розглядаються питання використання комп’ютерних зображень та робиться огляд використання комп’ютерної анімації для цієї візуалізації.

The paper contains some general background and some of the visualization methods that have been used to bring computer graphics technology to model mathematical problems of Calculus with Analytical Geometry. Computer-generated images have been length and breath of the paper as a source of additional background information on visual mathematics and an overview of selected animations concerned with mathematical visualization.

1. Introduction. The intention of this paper is to show the natural interrelationship between calculus mathematics and computer graphics. This article will concentrate for the most part in IT perspective on the progress, techniques, and prospects of mathematical visualization, emphasizing those areas of 2D and 3D geometry where interactive paradigms are of growing importance. [1]

Due to substantial changes that technology has brought in the recent years, instruction in mathematics will have to catch up with the new circumstances or else become increasingly irrelevant. With added pressure from rapid development in Multimedia, it is even more demanding to train our students to think clearly, critically, constructively, and creatively about problems they might encounter in real world. It is our job to help students to gain the ability to use mathematical methods and tools whenever they seem appropriate and helpful. Computer oriented mathematics courses should focus more on cooperative learning, problem solving, and investigative learning as an important part of education.

2. Computer Algebraic System. In the mid-eighties the availability of CAS for personal computers attracted mathematics educators to the possibility of using them in the classroom. CAS technology with its powerful combination of numeric and symbolic computation, colorful 2D & 3D graphics as in figure 1 and

figure 2, and programming facilities is a natural and logical continuation of the scientific and graphical calculators.

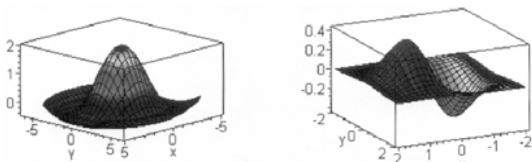


Fig.1 – Colourful 3D display of the functions

$$f(x, y) = 2 \frac{\sin(\sqrt{x^2 + y^2})}{\sqrt{x^2 + y^2}} \text{ and } g(x, y) = xe^{-(x^2 + y^2)}$$

The fresh approach of CAS has inspired many lecturers of calculus all over the world. It has, however, as any new system does, brought complications of its own. It requires more reading and more insight from the student than traditional calculus. This is exactly why the average student experiences difficulties with the new approach. More guidance should be given to assist the student in improving his reading skills in mathematics and to cultivate the required insight.

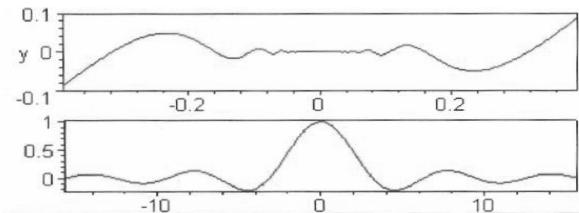


Fig.2 – Introducing important functions for future use

$$f(x) = x^2 \sin\left(\frac{1}{x}\right) \text{ and } g(x) = \frac{\sin(x)}{x}$$

3. Students. In the last few years, local universities start offering 4-year degree courses. Everyday student goes home after a tough day and plunges into time management crisis. In the unlikely event of having time to spare he might decide to pick up his Math text book. He finds the reading so much in a short period of time, mostly because he has not been trained to read mathematics and therefore does not do it in a proper directed way. Worse still, for the majority of students, it is written in their second language.

Come the following week, Mathematics becomes a priority on the evening before the tutorial session when the possibility of getting into trouble the following day becomes real. He does not quite remember the study material of the previous week but now he has to solve several problems. He reads through a problem and scans through the text book desperately trying to find something, a formula or an example, that will help him solve the problem. There definitely is no time to study the whole topic now. He is expected to apply concepts, but has never really studied the concepts themselves. However, the graphical representation as given in figure 3 will be enough to recall the whole thing.

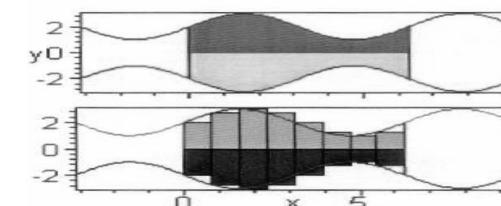


Fig.3. Students can easily skip the concept of finding the area between 2 functions

$$\text{and just use the formula instead } \text{Area} = \int_0^{2\pi} [f(x) - g(x)] dx$$

4. Algebraic Functions. Function is rapidly becoming one of the organizing concepts within mathematics education. The day is long past when mere mathematical computation is adequate. Students should not only apply and use a particular function but they are also required to create new functions which adequately represent the mathematical situation of hand. In addition to its mathematical power, the notion of function is uniquely suited for teaching and learning with technology.

The various types of functions may be studied through the analysis of the meaning for various rates of change, zeroes, maximum and minimum values within contextual settings. With an understanding of the various families of function, coupled with real world phenomena, connections are established, and students begin to see mathematical models as pictorial representations that have meaning.

Basic algebraic operations employ two powerful representations of functions, symbolic and graphical. The use of graphing technology provides both symbolic and graphical representations of functions. The use of graphing technology enhances students' understanding of the function concept. The combination of mathematical modeling and graphing technology offers an outstanding

opportunity for teachers to present the function concept in a meaningful manner.

Given two functions f and g , here are 5 basic algebraic operations on functions. Let's take for instance, $f(x) = \sin(x)$ and $g(x) = \sqrt{x}$, then there will be,

$$(f + g)(x) = f(x) + g(x) = \sqrt{x} + \sin(x)$$

$$(f - g)(x) = f(x) - g(x) = \sin(x) - \sqrt{x}$$

$$(f * g)(x) = f(x)g(x) = \sqrt{x} \sin(x)$$

$$\left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{\sin(x)}{\sqrt{x}}$$

$$(f \circ g)(x) = f(g(x)) = \sin(\sqrt{x})$$

as sketched in Fig.4a.

These are just few examples of how to enhance students understanding of concepts by giving them visual representation to accompany the verbal presentation and to discover properties of algebraic operations on their own. In this way, the students may achieve deeper understanding and longer retention of ideas.

5. Pictures and Mathematics. Calculus textbook has a long tradition of interest in visualization methods. The explosive development of mathematical software such as Matlab, Maple V, Mathematica, MathCAD, Mathview and so on was accompanied by intense activity in pedagogical illustration. The reader need only consult any such current text called Calculus to see the influence of this visual approach to mathematics. [1]

Using one of these computer algebra programs, we can get the answers to most of the questions on a traditional freshman math exam. These programs can differentiate, integrate, solve systems of equations and find various approximations. They produce quite nice 2D and 3D graphics, while they spare us the tedium of algebraic manipulation, and let us focus on the real issues rather than on the arithmetic [4].

Most of the well suited pictures figures and graphs in traditional textbook were drawn by graphic artists. Only some recent text that incorporates CAS starts to include computer generated images which have poor presentation standard. However, it is getting better as in Fig.4b.

The use of technology in mathematics teaching is not for the purpose of teaching about technology, but for the purpose of enhancing mathematics teach-

ing and learning with technology. The focus should be on learning with technology instead of mechanical procedure of integration and differentiation.

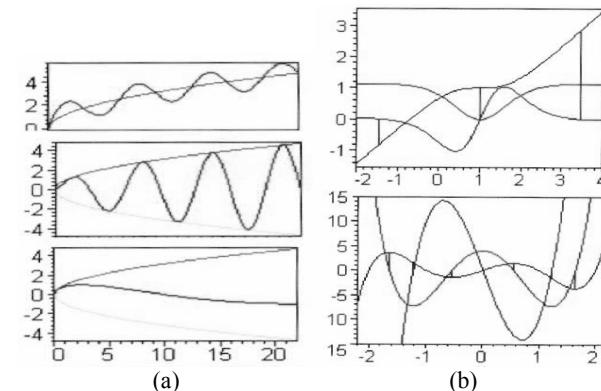


Fig.4. (a) Algebraic functions $(f + g)(x)$, $(f * g)(x)$, and $(f \circ g)(x)$

(b) The function, the first and second derivatives are drawn altogether to locate critical, extremum, and inflection points; the decision above is $f(x) = \frac{x^3 - 2x^2 + x + 2}{x^2 - 2x + 3}$, and below is $g(x) = x^5 - 5x^3 + 4x$

6. Pedagogy. CAS should be used to address worthwhile mathematics and support appropriate pedagogy. Content-based activities using technology should address worthwhile mathematics concepts, procedures and strategies, and should reflect the nature and spirit of mathematics. Activities should support sound mathematical curricular goals and facilitate conceptual development, exploration, reasoning and problem solving that will engage students in technology-augmented mathematical thinking as illustrated in Fig. 5a [5].

Pedagogic perspectives must be infused with an operational philosophy for implementing CAS. Simplicity must be the strategy. If CAS is a tool to be experienced in a lab setting, then precise and well crafted exercises and projects are essential. Students who have unpleasant experiences with CAS are not likely to enjoy the extra effort it takes to master CAS and still master the pencil and paper skills of the traditional class. Adequate help in lab setting is a necessity, and seeing CAS used to solve problems in the lecture is a prerequisite. Students need to see how CAS can be used to explore mathematics and to solve problems [6].

Technology-enhanced activities should involve students in higher-order mathematical thinking and should not engage students in carrying out proce-

dures and finding answers without appropriate mathematical and technological understanding. Future educator should emphasize on content development and pedagogy, and not just learning how to use the software [5].

7. Take advantage of technology to enhance teaching. Activities should take advantage of the capabilities of technology, and hence should extend beyond or significantly enhance or facilitate what could be done without technology. Using technology to teach the same mathematical topics, fundamentally the same ways, that could be taught without technology does not enhance students' learning of mathematics and rely on the usefulness of technology. Furthermore, using technology to perform tasks that are just as easily or even better carried-out without technology may actually be a hindrance to learning.

Learning activities should incorporate multiple representations of mathematical topics and/or multiple approaches to representing and solving mathematics problems. Furthermore, use of technology allows students to set up and solve problems in diverse ways, involving different mathematical concepts, by removing both computational and time constraints [5].

It is even possible now to show interesting new broader view (from the student's point of view), thereby extending the teaching of mathematics such as a combination of several topics and Calculus as given in Fig.5b and Fig.6.

8. The Appeal of Interactivity. Application in multimedia will not be complete if not for the addition of one more element, that is, interactivity. Interactivity becomes a natural element of application created on PC with the help of CAS software. Interactivity is attractive in the world of digital multimedia application because it allows the user to become part of the whole experience. To be able to interact with the CAS and produce result base on this interaction is a very seductive characteristics of modern day mathematics [4].

Interactive computer graphics methods provide new insights into the world of pure geometry. This paper describes some recent attempts to use computer graphics to understand deep problems in modern Calculus. Typical geometric problems of interest to mathematical visualization applications involve both static structures, such as complex numbers, and changing structures requiring animation. In practice, it is quite challenging to construct intuitively useful images. Nevertheless, despite the apparent limitations of visual representations, their utility is far from being completely exploited [1].

Interactivity and navigation are at the heart of multimedia. Navigation controls can be developed to have certain capabilities in a multimedia application. They can be used to:

- Control the pace of the content;

- Provide a history of links;
- Provide feed back to the user's interaction; and
- Provide cross-referencing to related information.

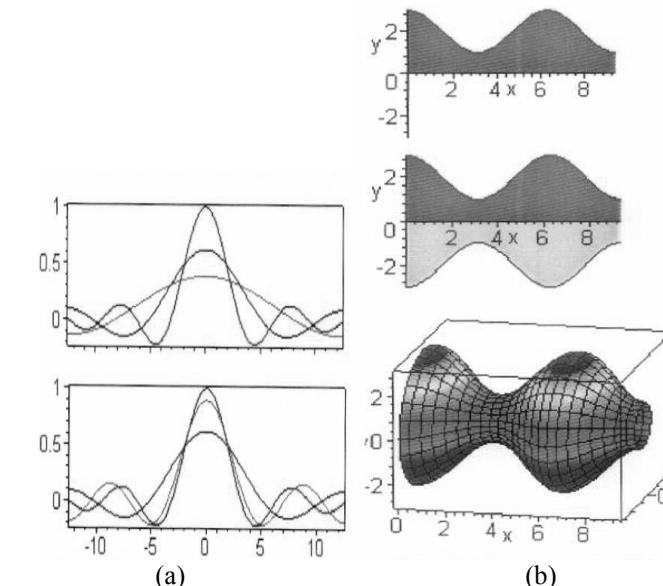


Fig.5. (a) Function $\frac{\sin(x)}{x}$ is being approximated by the Fourier series.
 x

The convergence of Fourier series is graphically explored here

(b) Evolving Ω (area under the graph of $f(x) = 2 + \cos(x)$ on $[0, 3\pi]$)
about x-axis. Volume is $\int_0^{3\pi} \pi[2 + \cos(x)]^2 dx$

Navigation controls include hypertext which is a navigation tool that links words and/or pictures to navigate through textual information. Complex world of animations have captured the hearts of the educators all over the world and paved the way for animation technology to take off. Now-a-days mathematical software developers are also incorporating animations to provide some jazz and oomph to create dazzling results to an otherwise static presentation [2].

9. Animated Images. Animation is the result of a creative process to substitute the real thing for computer-generated images sequences together to give motion

as drawn in figure 7a. The use of animations in mathematics is both refreshing as it is complex. It provides a light-hearted relief in a serious and static presentation. It can easily enhance the message of the presentation with a realistic image. It has been used to demonstrate crucial concepts that can not be otherwise explained by text or graphics. Animations fall into two categories: 2D and 3D animations. 2D animations are the more as they are easier to create and cover a wider variety of motions. 2D animation consists of individual image sequenced together to display motion. Motions are simple to create but give the audience a dynamic experience to the presentation [2].

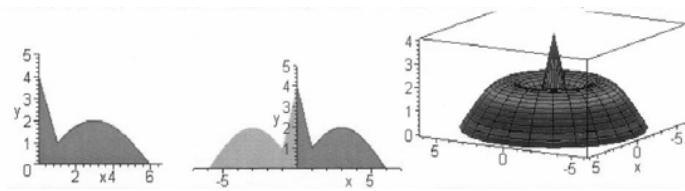


Fig.6. Evolving Ω (area under the graph of piecewise function f)

$$\text{about y-axis } f(x) = 2 + \cos(x) \begin{cases} 4 - 3x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 2\sin\left(\frac{\pi}{6}x\right), & 1 < x \leq 6 \end{cases}$$

and $\int_0^1 2\pi x f(x) dx + \int_1^6 2\pi x f(x) dx$ requires an integration by part

Animated images are drawn separately with each image depicting a specific incremental movement. Then all the images are combined together and sequenced to display rapid movement. Nowadays, the computers have so much power that animated images can be ported over to the computers and created on the desktop. Maple V release 5 has graphics tools that allow us to create each image and import into an animation package to be sequenced and exported out as appropriate file such as GIF format to be animated in an animation package. Graphics Interchange Format (GIF) is made up of multiple GIF images sequenced together in one file to give motion. Animated GIFs are used in many websites to animate titles and headers and read by popular Web browsers.

It is much more realistic to make use of 3D animated images to tell theoretical concept. 3D animations make images look more realistic. Once the object is modeled, textures and colors can be applied to it. Lights and cameras can also be placed to give the 3D object some shadow and shading [2].

The real power of computer graphics lies in its ability to accurately/approximately represent objects of interest within its limited resources

combined with its ability to allow the user to interact with simulated worlds. To understand how significant these features are, consider this: our entire common-sense knowledge of the physical world exists only in our mental models and has developed, through interaction, a mental picture that enables us to predict with some accuracy what is physically reasonable [1].

However, significant change in teaching style and learning process can be made in showing/displaying derivatives, integrals, approximation techniques such as Newton Method (Fig.7b), orthogonal polynomial, Taylor's series, Fourier series besides estimation of derivatives from numerical data, numerical methods of integration.

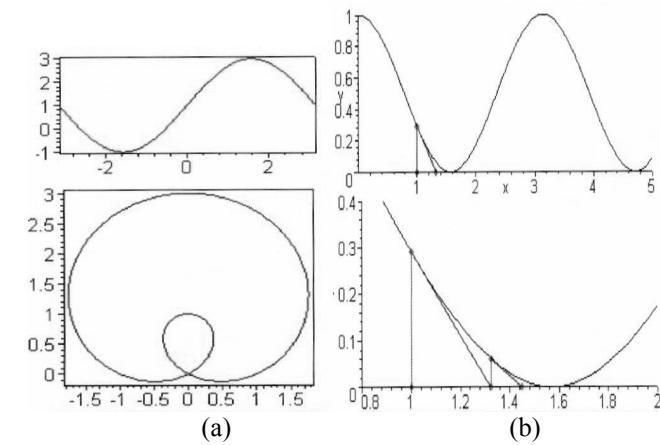


Fig.7. (a) An effective display of function on polar coordinate system should use an animation of 2 graphs simultaneously $f(x) = 1 + 2 \sin(x)$ as above.

(b) Visual display of the conceptual movement of Newton's Method as it gets closer to the root. The sample function in this instance is $f(x) = \cos^2 x$

10. Electronic Classroom. The immediate trend is to create online “interactive books” which incorporate interactive graphics demonstrations into a hypertext system for teaching calculus. Besides reading text, the student can click on words to get definition, follow links to related subjects, and interact with a multitude of 3D visualizations whose parameters can be manipulated to help understand a wide array of concepts. A typical example permits the user to “fly” on a curve in 3-D space. The “interactive book” approach of situating interactive graphics within a written context is an appealing educational paradigm [1].

Education is not only about the transfer and absorption of information but it also involves the active interaction among students and between student and teacher. There are many situations when it will be effective and efficient to use electronic tools to support and deliver education. In these circumstances it will be vital that the full education experience is delivered, including the opportunity to interact and collaborate.

11. Prospects for the Future. Mathematical visualization, like other areas in the rapidly developing field of visualization since, is still defining itself. Many of these techniques can be adapted to the emerging virtual reality medium as interactive performance continues to improve. There are clearly many areas of development that are appropriate for the participation of computer scientists with skills in interactive interface design, computer graphics, efficient algorithms, and perhaps data management. One can also conclude from looking at the images, graphic arts and design skills also have a unique role to play in improving the quality of graphical communication.[1]

12. Conclusion. Today, there is a live activity in the area of producing mathematically oriented computer graphics animations that are shown at computer graphics conferences and mathematics seminars. It is time to consider teaching a modern, reform calculus course that is a lean and lively group of topics from a dynamical systems perspective and uses technology to treat most topics graphically, numerically, and analytically.

Using animations add dimensions of motion and mobility to images in a presentation. Dynamic visual imagery greatly enhances a presentation's value and, as with the case of 3D animations, provides a simulation without sacrificing the speed of the presentation or disk space. Current state of bandwidth still limits the use of 3D animation in teaching mathematics to its fullest potential.[2]

References: 1. Andrew J. Hanson, Tamara Munzner, and George Francis, Interactive Methods for Visualizable Geometry, IEEE Computer 27, 7:73-83, July, 1994 2. Neo Mai, Dynamic Images : Using Animations in Multimedia Computimes Shopper, Malaysia, p50-51 July 1997 3. Howard Anton, Calculus 6th edition, John Wiley 1998 4. Neo Mai, and Ken Neo, Lab Report Multimedia : Spontaneous Appeal of Interactivity p41 Computimes, NST 28th October 1999 5. Peter Bell, John Field, K.J. Ratnam, Steve Williams, and Zulkifli Abdul Kadir Bakti, R & D Cluster Study : Commercial in Confidence Ministry of Science, Technology and Environment (MOSTE), p52-53 Version 1.2, 23rd January 1998 6. Robert J. Lopez Tips for Maple Instructors MapleTech Vol 3 No. 2, 1996.

Поступила в редакколегию 23.02.08

V.V.MOSKALENKO, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine,
V.Y.MOSKALENKO, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine

AN ARCHITECTURE FOR OLAP-BASED ENTERPRISE-LEVEL DECISION SUPPORT SYSTEMS

У статті пропонується розробляти стратегії розвитку підприємства на підставі поліпшення ринкової позиції підприємства та фінансового положення. Для розробки стратегії розвитку використовується система підтримки прийняття рішень. Пропонується використовувати OLAP- технології для інформаційної підтримки алгоритмічних модулів.

In this work it is considered that the strategic development of an enterprise is aimed at the improvement of the market position and financial status. Decision Support System for elaboration of development strategy of an enterprise is used. Suggested information support for algorithmic modules realization is based on OLAP technology.

1. Introduction. At present the strategic management of an enterprise becomes more and more topical. Market competition increases, the companies implement new innovation decision to expand their influence on the market of goods or services. This is leading to necessity of quick and due-time reaction to action of the competitor, as well as to necessary analysis of development strategy and its possible change. Experience shows that in modern environment it is impossible even to survive without reorganization of the management system of an enterprise on the principle strategic planning, not mentioning a successful operation. Including every component of the social reproduction system - production, distribution, exchange and consumption - the strategic planning turned out into the main moving force of a social reproduction. The monitoring system is widely used as well as the analysis of external and internal environmental factors; found as a result of analysis of possible threads to an enterprise, also its strong and weak sides serve as the information basis for setting and correction of strategic aims and ways to achieve them [1].

2. Strategic management of an enterprise. Strategic management is considered to be the dynamic aggregate of interdependent management processes (fig.1). There is a stable feedback. This is the main peculiarity of the strategic management structure.

In this work it is considered that the strategic development of an enterprise is aimed at the improvement of the market position and financial status.

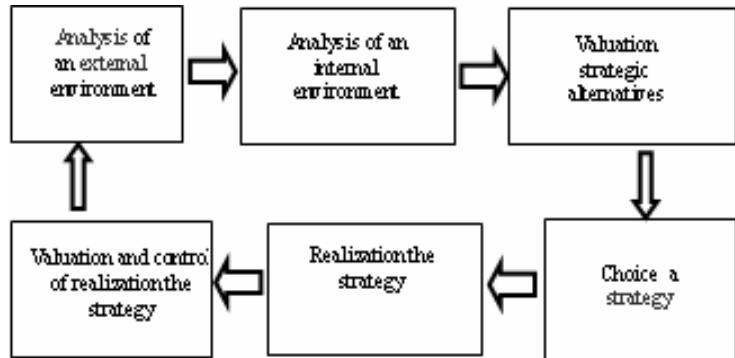


Fig. 1 Strategic management process

Similarly to Porter rhomb it is suggested to consider a rhomb of an enterprise competitiveness, consisting of four components: goods, finances, staff, and marketing (Fig.2). Let us review the process of forming a development strategy of an enterprise.

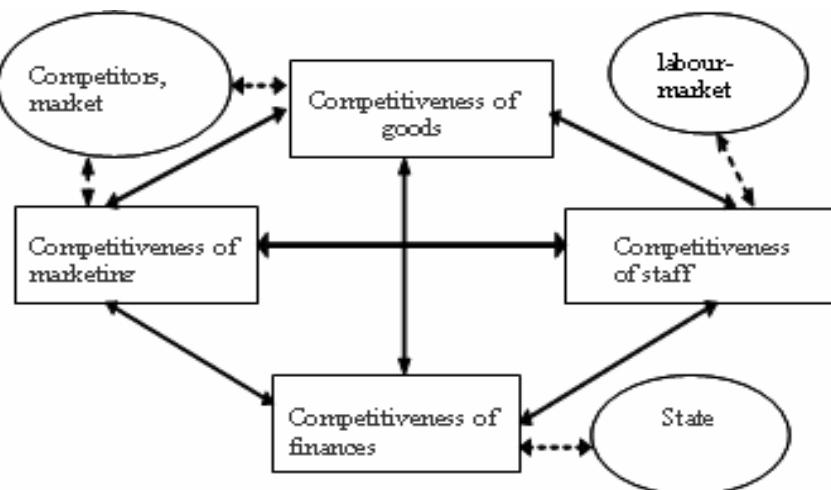


Fig. 2 Enterprise competitiveness rhomb

Stage 1. Identifying aims of the research.

Stage 2. Data collection.

Stage 3. Evaluation of enterprise competitiveness in respect of four components: goods, finances, staff, marketing.

3.1 Competitiveness of goods. An integrated method evaluation of competitiveness of goods, is used, based on application of integrated indexes or on the comparison of the specific useful effects of the analyzed production and a standard [2]. We choose as a standard an ideal product or a competitor's product. For an enterprise with the product mix an integral indicator of competitiveness of goods should be used, that takes into account share of each product in the product mix.

3.2 Competitiveness of finances. It is possible to use different models, for example, Altman's model based on usage of financial coefficients.

3.3 Competitiveness of marketing. Methodology of accounting of marketing potential characteristics is used. It takes into accounts commercial activity characteristics (gross revenue, marketing costs, gross expenditures) [3]. Marketing potential includes estimations of: marketing researches; marketing information system; segmentation of target market; an enterprise production policy; pricing; merchandising; personal sales; advertising; sale stimulation; formation of public opinion.

3.4 Competitiveness of staff. A methodology taking into account the expert estimation of a competitive advantage of staff is used [2].

Stage 4. Calculation of the integral index of competitiveness. The integral competitiveness index is often determined as[4]:

$$K = \sum_{i=1}^N W_i K_i$$

K_i — particular competitiveness indexes of individual enterprise activities, $i=1..N$,

W_i — weight of individual indexes in general sum.

One variant of using the method [5]:

$$K = 0,15K_n + 0,29K_f + 0,23K_m + 0,33K_g$$

K_n — a coefficient of competitiveness of personnel; K_f — a coefficient of competitiveness of finances; K_m — a coefficient of competitiveness of marketing; K_g — a coefficient of competitiveness of goods.

Coefficients 0,15; 0,29; 0,23; 0,33 were defined by expert method by the way of logical comparison [5]. In work [4] the modified calculation of an integral competitiveness index is presented as:

$$K = K_m^{W_1} \times K_f^{W_2} \times K_n^{W_3}$$

In this stage it is necessary to determine the interdependency of the competitiveness indices. For this it is necessary to accomplish the integral analysis of the integral competitiveness index of an enterprise. For a small enterprises it

is possible to limit oneself with the simple factor analysis but for bigger enterprises a multiple-factor analysis is necessary. It is also recommended to make flexibility analysis of competitiveness indices. Similarly to a cross flexibility of demand it is suggested to calculate the rate of competitiveness flexibility of goods, finances, staff, marketing. The cross flexibility of competitiveness of goods and finances can be calculated in the following way:

$$E_{m/f} = \frac{K_m}{K_f}.$$

Indices of a cross flexibility of competitiveness of finances and goods, staff are calculated similarly. The analysis shows how components of competitiveness of an enterprise can change the integral competitiveness index. Showing components interdependence it is possible to develop a plan on improvement competitiveness components of an enterprise.

Stage 5. SWOT- analysis. At this stage the report (SWOT matrix) resulting from stages 1-4. Then the comparison with competitor (standard) data is held and directions of raising competitiveness of an enterprise in whole and on individual components of competitiveness of an enterprise are developed

Stage 6. Designing a development strategy of an enterprise. On basis of the SWOT- analysis on competitiveness components strategies of individual directions are developed.

6.1 Development a strategy on product improvement. The model «attractiveness – competitiveness» (Mac Kinsky matrix) is used. It allows to define market attractiveness, competitiveness of an enterprise, priority at resources distribution etc.

6.2 Development of a strategy on finances improvement. At this stage recommendations on improvement of individual financial indices indexes and financial coefficients are used. It is recommended to carry out a preliminary factor analysis of the enterprise profit. It is allowed defining more «influential» costs and interdependency of the most important financial coefficients.

6.4 Development a strategy on marketing improvement. Recommendations on introduction of marketing strategy are used.

Stage 7. Elaboration of development scenarios of an enterprise. Prediction of external environment of an enterprise (pessimistic, optimistic and realistic) is carried out. For different variants of prediction they develop possible scenarios provided that the status of the enterprise does not change. Than probable development scenarios and desired scenarios are compared. It is possible to use the method of hierarchy analysis (Saaty method) and other approach are used.

In paper [5] the system optimization approach for construction of development trajectory is used. The market research will allow to construct the directive area that we will review from the point of view of competitors and

consumers. The results of analysis of the enterprise production activity will allow to construct the enterprise area defined by constraints of existing enterprise resources. To solve the stated problem, the enterprise management should consider two development strategies:

- a strategy of entering the market (i.e. presence in the market);
- a strategy of the market expansion segment (the greatest possible capture of the market).

Two development trajectories correspond to these two strategies. The first trajectory is characterised by minimum expenses related to the minimal increase of production potentiality that will enable production. The second trajectory assumes the maximum increase of the production potentiality that will allow maximum production for the maximal capture of the market.

Stage 8. Elaboration, estimation and choice of investment projects that realize the development trajectory (a development scenario).

Stage 9. Determination of the financing scheme of the investment projects of an enterprise development. [6]

Stage 10. Realization, evaluation, control of the strategy implementation.

3. Strategic decision support system. Decision Support System (DSS) for elaboration of development strategy of an enterprise is used. DSS is the aggregate procedures on data processing and opinions that help manager in a decision making process. It is generated using mathematical models and algorithms.

Figure 3 shows DSS as the "Complex Strategy" program. model in UML notation was implemented.

The algorithmic module consists of the following blocks.

1. Block «Competitiveness»: calculation of an integral index of competitiveness on basis of four components: products, finances, staff, marketing.
2. Block «Prediction»: determination of predictable values of sales for a strategic period. Expert methods, statistic and of neural network technologies are realized.
3. Block «Expenditures»: Determination of cost function using regression analysis and a prediction of cost behavior in the future.
4. Block «Profit factor analysis»: determination of the type of the most influencing costs and coordination of these costs with the enterprise strategic plans.
5. Block «Development trajectory»: the development trajectory represents the quantity of monetary resources allocated on each interval of the time, providing necessary capacities for the planned throughputs. Having generated a strategy of the enterprise, the administration can choose one of the development trajectory variants.

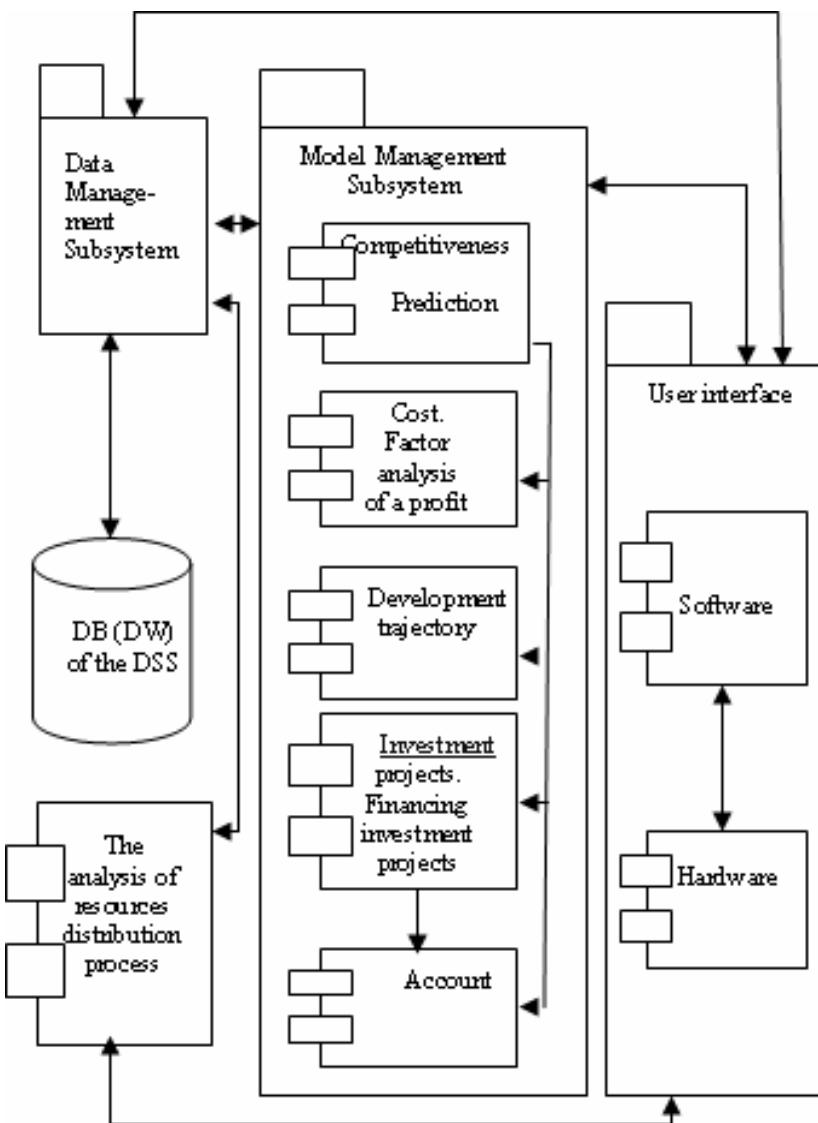


Fig.3 Enterprise resource management DSS

6. Block «Investment projects». The estimation of investment projects is considered in two aspects. The first aspect is the estimation of the efficiency of the investment projects. The second one is evaluation the risk of the investment projects.

7. Block «Financing investment projects»: elaboration of different financing schemes for the enterprise investment projects.

8. Block «Reports». Different reports on individual stages of the strategic process are created.

Each of the listed blocks can be used independently. The blocks are oriented for solving local problems. So each block can correspond to decision support system on each direction. For example, for solving local finance problems a database has to keep big volume finance information that is not used for strategy solutions.

It is offered to create a local database that keeps necessary information for realization of blocks of the DSS algorithmic module. For management solutions on enterprise development strategy it is offered to process aggregative information on directions (goods, finances, staff, marketing) in an analytic database (Fig.4).

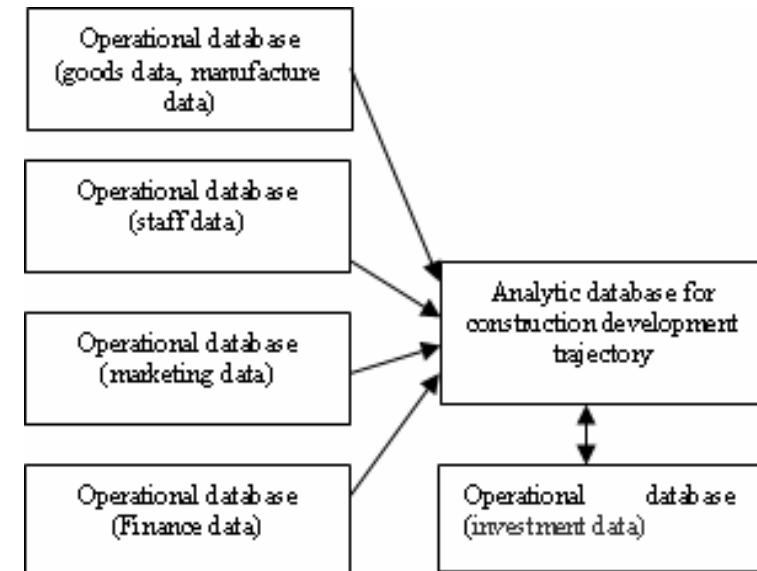


Fig.4. Schematic presentation of architecture of an analytic information system

Analytical Processing. OLAP technology is a tool of the DSS design. Today OLAP mechanism is one most spread methods of data analysis. As opposed to classic techniques, the database inquiry is formed not on basic of strictly specified forms but with the help of flexible unregulated approach. OLAP provides revelation of associations, appropriateness, trends, classification, generalization or detailization, making forecasts. OLAP gives a tool for management of an enterprise in real time [7]. Today a whole number of different OLAP systems is available: ROLAP (relational OLAP), MOLAP (multidimensional OLAP) — Oracle Express, Essbase (Arbor Software), MetaCube (Informix) and other.

There are two principal approaches: Multidimensional OLAP (MOLAP) realizes mechanism of multidimensional database on the side of the server and Relational OLAP (ROLAP) suppose to construct cubes on the basis of SQL inquiry to a relational database. It is suggested to use ROLAP technology.

4. Conclusions. DSS developed allows to plan on the basis of analysis of information on competitors and consumers in the market, to define and choose strategies for an enterprise development, and analyze consequences of the decisions made. In this way the presented DSS allows to improve effectiveness of planning at an enterprise. In order to speed up data processing and to reduce the acceptance time for the strategic decisions, it is rational to divide the selected labour resource, financial and material resources.

References. 1. Tompson A., Striklend A. Strategic management. – M.: Bank and exchange, 1998. – 576 p. 2. Fathutdinov A. Strategic marketing. – M.: Infra, 2002. – 508 p. 3. Moshnov V. Complex valuation of competitiveness of an enterprise //http://www.efin.ru. 4. Zulkarnaev I. Method of calculation of integral competitiveness of an industrial, commercial and financial enterprises // Marketing in Russia and abroad. – 2001. – № 4. – P. 21-24. 5. Moskalenko V., Moskalenko V. Informational-Analytical Decision Support Of Strategic Acceptance Process At The Enterprise //Information systems technology and its applications. International conference ISTA'2007.- P.140-151. 6. Godlevskiy M., Moskalenko V., Kondrashchenko V. Modeling of the analytical data of investment project financing process //Information systems technology and its applications. International conference ISTA'2007/- P.78-90. 7. Power D. Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers: Quorum Books, Greenwood Publishing, 2002, - 272 p.

Поступила в редколлегию 27.02.08

UDC 681.3.06

V.V.MOSKALENKO, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine,
T.V.ZAKHAROVA, NTU "KhPI", Kharkiv, Ukraine.

TOWARDS DEVELOPING A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR STRATEGIC INVESTMENT APPLICATIONS

В даній статті пропонується система підтримки прийняття інвестиційних рішень. Ця система дає можливість оцінки ефективності та ризику інвестиційних проектів. Також система має можливість провести аналіз чутливості інвестиційного проекту, розробляючи рекомендації по збільшенню ефективності та зменшенню ризику проекту та формування портфелю.

In this paper the investment decision support system is offered. This system gives the opportunity of estimation of the efficiency and risk of investment projects. The system can also carry out the sensitivity analysis of the investment project working out the recommendations for increasing the efficiency of the project and portfolio foundation.

1. Introduction. Any enterprise in a certain extent is connected with the investment activity. The investment decisions are carried out almost every day at large and small enterprises. They are current decisions on purchasing fixed capital, variation of funds, changing the equipment and purchasing the technologies etc. Special attention is devoted to the strategic planning decisions, which are touched on a long-term period and connected with huge capital investments. They are characterized as the decisions with high risk.

Real investment is the main form of realization of the strategy of economic development of the enterprise. The process of strategic development of the enterprise represents the totality of investment projects which are realized during a period. Exactly this form of investment allows the enterprise successfully penetrates into new trade and regional markets and secures constantly increasing its market cost [1].

Making up the investment decisions, as any other kind of administrative activity, is based on using different formalized and unformalized methods. For transformation huge volume of data, storing the data, its processing and solution difficult management tasks with the help of different mathematic methods the decision support systems (DSS) are used. Modern DSS is the instrument of strategic management. The elaboration of investment decision support system is considered in this paper.

2. The task and algorithms of its solving. The problem of formation of the investment decisions is examined. For its solution the tasks of estimation of the

investment projects and portfolio foundation are studied. The aim of the task is to realize the strategic enterprise targets.

The estimation of the investment projects will be considered in two aspects. The first aspect is the estimation of the efficiency of the investment projects. The second one is evaluation of the risk of the investment project.

The strategic direction projects are examined. So estimation of the efficiency of the project will be made with the help of net present value (NPV) and profitability index (PI) Eqs. (1) and (2). This choice is caused by the possibility of estimation of the project from the point of view of the capital investments profitability.

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} - I_0 \quad (1)$$

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i}}{I_0} \quad (2)$$

Usually input data of the project is fuzzy determined. So the efficiency of the project is offered to estimate accounting accuracy and subjectivity of information with the help of corrected Net Present Value [2].

$$NPV_{CE} = \sum_{t=1}^n \frac{(1-U_t)CF_t}{(1+r)^t} - (1-U_0)I_0 \quad (3)$$

where U_t - the influence of discrepancy of the information.

It is possible to use for estimation of the risk of the project either probability methods or fuzzy set tool. Using both of this methods is depended on different available project input data.

Project risk is computed on the base of expert methods by this formula:

$$\sigma_{NPV} = \sqrt{\sum_{i=0}^n \frac{\sigma_i^2}{(1+r)^{2i}}} \quad (4)$$

The risk of the project is estimated with the help of value of non-receipt of the expected degrees of profit and profitability if input project data is triangular fuzzy numbers [3].

$$\begin{aligned} [NPV_1, NPV_2] &= (-)[I_1, I_2] (+)(\sum_{i=1}^n) \left[\frac{CF_{i1}}{(1+r_{i2})}, \frac{CF_{i2}}{(1+r_{i1})} \right] (+) \left[\frac{\Delta C_1}{(1+r_{n+1,2})}, \frac{\Delta C_2}{(1+r_{n+1,1})} \right] = \\ &= -I_2 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_{i1}}{(1+r_{i2})^i} + \frac{\Delta C_1}{(1+r_{n+1,2})^{n+1}}, -I_1 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_{i2}}{(1+r_{i1})^i} + \frac{\Delta C_2}{(1+r_{n+1,1})^{n+1}} \end{aligned} \quad (5)$$

$$[PI_1, PI_2] = (\sum_{i=1}^n) \left[\frac{CF_{i1}}{(1+r_{i2})/I_2}, \frac{CF_{i2}}{(1+r_{i1})/I_1} \right] = \left[\sum_{i=1}^n \frac{CF_{i1}}{(1+r_{i2})^i/I_2}, \sum_{i=1}^n \frac{CF_{i2}}{(1+r_{i1})^i/I_1} \right], \quad (6)$$

To make administrative decision to decrease the risk you need to carry out the analysis of the influence of different parameters of the investment project on the values of the efficiency and risk of the project. First quantitative changes of project data are determined (ΔI_0 , Δr , $\{\Delta CFT\}$, Δn), resulting in change of NPV and σ_{NPV} values to critical or wishful (recommended). Then the recommendations on changing project parameters in order to decrease risk of project failure are working out on the basis of these values.

The efficiency and risk administrative manipulations are elaborated on the basis of received values.

So, the investment project safety margin is determined with the help of sensitivity analysis.

Having received and analyzed investment projects you can form portfolio on the base of criteria maximization of income and minimization of risk of the project.

$$f_1 = \sum_{i=1}^n NPV_i \cdot x_i \rightarrow \max \quad (7)$$

$$f_2 = \sum_{i=1}^n \sigma_{NPV_i} \cdot x_i \rightarrow \min \quad (8)$$

$$x_i = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n r_i \cdot x_i \leq R \quad (10)$$

where $x_i = 0$ – if the project isn't accepted, and $x_i = 1$ – if the project is accepted, r_i - initial investments on i project, R - money resources, allocated for investment, σ_{NPV_i} - the mean-square deviation of net present value on i project.

This model is transformed into single criterion optimization task by means of changing risk minimization criterion into constraint.

As a result of solution multicriteria task (7)-(10) effective set of portfolios is formed. Each portfolio corresponds to the certain investment policy of the enterprise.

Thus the task of the acceptance of the investment decisions is solved. The task consists of such business-processes as estimation the efficiency of the investment projects, evaluation of the investment risk, analysis of the efficiency and risk, portfolio foundation.

3. The creation of the application. Decision support system for automation all the calculations is offered. In the base of this system offered algorithms are put down. The scheme of proposed decision support system conception is presented on fig. 1.

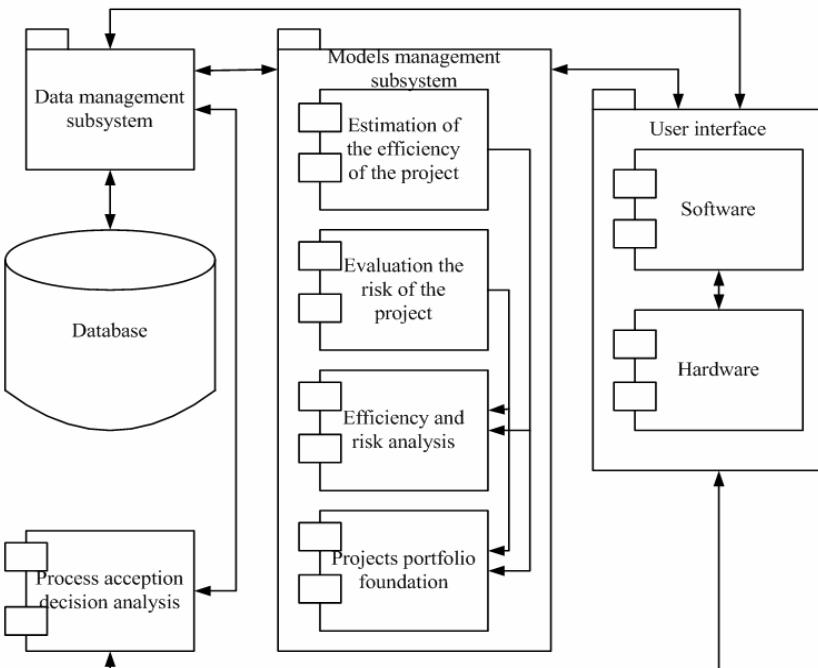


Fig. 1 The structure of decision support system to support the acceptance of the investment decisions

The application is implemented on C# in Microsoft Visual Studio 2005 with the help of .NET technology. It is offered for implementation the algorithms and realization automation the calculations.

The choice of this environment is made taking into account possibility of using different languages and applications in it.

Friendly user interface is elaborated for providing entering input data into database, their actualization, for visualization the calculation process and getting resulting efficiency and risk indexes, and for carrying out investment project sensitivity analysis, and portfolio foundation. The main functions of the application are presented in UML notation in view of use case diagram (fig. 2) [4].



Fig. 2. The key functions of the application

The object-oriented approach was used for development the application. The components diagram is presented on Fig. 3.

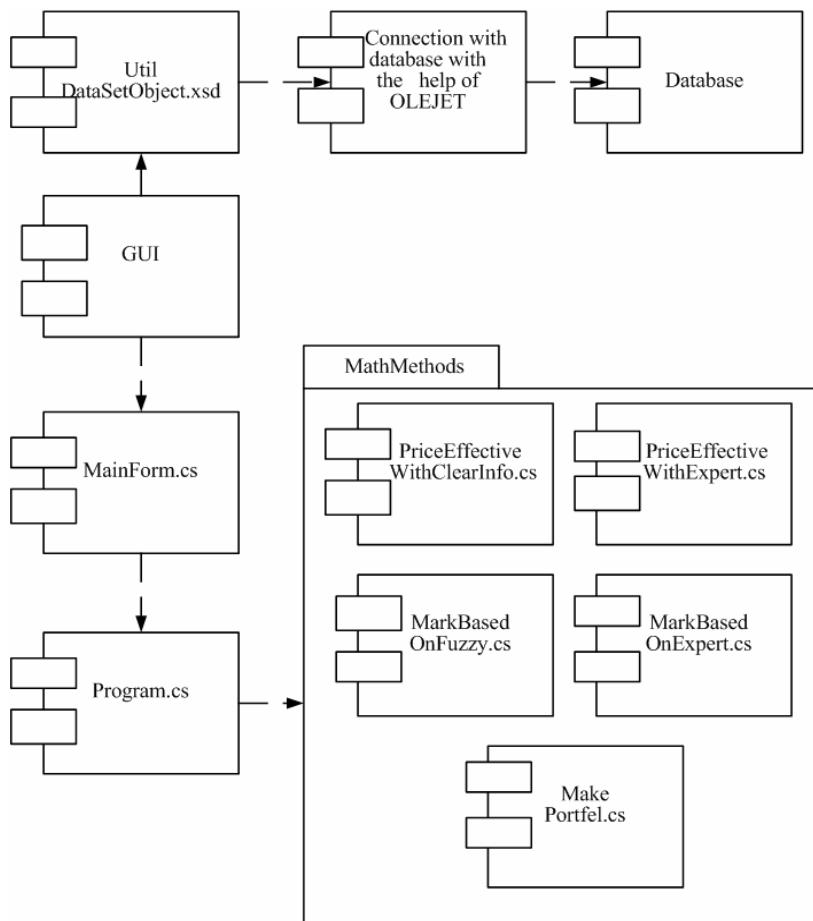


Fig. 3. Components diagram

Let us consider the main application modules. Application consists of database and program. The program consists of user interface and program code, which realizes the functions of user interface.

GUI is the module which realized graphic user interface. Util module with DataSetObject class is used for connection and working with database. Module MathMethods implements all the necessary mathematic methods for solving the acception investment decision task. Mainform is used for describing the main

application form. Program consists of main function, which provides the work of application.

All the necessary data for working with the system are stored in the database. Data modeling is realized with the help of CASE-tool ER-win. IDEF1X - model is presented on fig. 4.

Database is developed in Microsoft SQL Server 2005. Microsoft Visual Studio 2005 gives the opportunity of using ADO technology with the help of ADO OLEJET drivers. The elaborated application performs the existing database files as xml-files.

Database tables' description is presented in Table 1.

Table 1

Brief entity description

Project	The entity describes the project and its main properties
Project_with_precise_data	Certain (precise) input project data
Cash_flow_project_precisedata	Cash flows of project with precise data
Project_with_expert_data	Expert input data
Expert	Information about experts, which take part in project estimation
Expert_Probability	Forecasting by experts project parameters
Project_with_fuzzy_data	Input project data in terms of fuzzy sets
Initial_investments	Initial investments values for project in terms of fuzzy sets
Cash_flow	Cash flows values for project in terms of fuzzy sets
Rate_of_interest	Rate of interest values for project in terms of fuzzy sets
Liquidation_cost	Liquidation cost values for project in terms of fuzzy sets

The elaborated application is designed for acception the investment decisions support. Let us perform user work with this decision support system. On the main form of the user interface such tabs as "Efficiency estimation", "Risk evaluation", "Efficiency and risk analysis", "Portfolio foundation" are given. Choosing a tab the panel has changed. Each panel realizes certain functionality.

For chosen project the efficiency indexes are calculated. The possibility of report generating on all the projects with their calculated indexes is expected. It gives the opportunity of carrying out the comparative analysis.

In risk estimation a user choose the evaluation method depending on input data character. In the case of evaluation the risk on the basis of fuzzy sets you need to determine acceptable levels of efficiency on net present value and prof-

itability and weights of these criteria (fig. 5). As projects estimation is realized by different methods depending on input data so message “The lack of data for this project” will appear and form for filling the data will be shown.

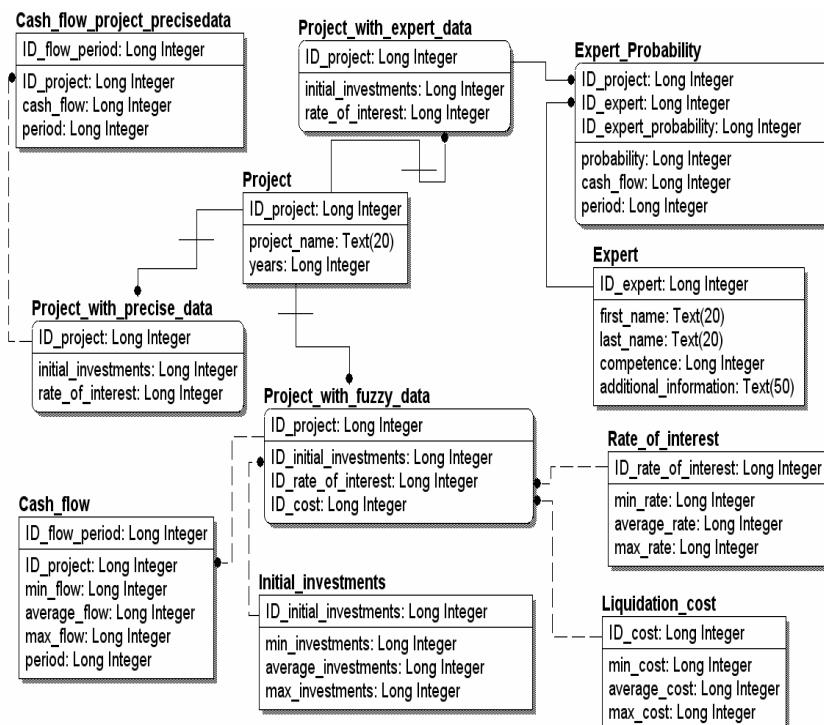


Fig. 4. IDEF1X-model (physical view)

On “Efficiency and risk analysis” panel choosing the project you have to determine wishful level of the efficiency and press “Calculate” button. As a result you’ll see the factors deviation leading to efficiency rising and risk falling. It is foreseen to give recommendations on changing project parameters if the project safety margin is low.

Before investment portfolio foundation begins a user has to set the acceptable risk levels and to choose input data character on the basis of which risk and efficiency marks are determined. There is an opportunity of portfolio foundation for projects with precise and expert input data. Pressing on button "Calculate" we receive projects portfolio satisfying the risk constraint (fig. 6).

So setting different risk levels effective set of portfolios will be formed. Each of these portfolios will be provide investment enterprise policy. For example, if the risk degree is high then projects with high efficiency and risk will form the portfolio, which will be correspondent to aggressive investment policy. On the contrary, if the risk degree is low then the projects portfolio will be correspondent to conservative investment policy.

Estimation of the investment projects

Risk evaluation

- On the basis of expert marks
- On the basis of fuzzy data

Efficiency estimation

Risk evaluation

Efficiency and risk analysis

Portfolio Foundation

Choose the project

Project name

Computation results

NPV constraint	0
PI constraint	0
weight of NPV	0.5
weight of PI	0.5
NPV levels	[1643.87675377851 ; 1797.14498163027]
PI levels	[1.07438016299419 ; 1.17768594783827]
Total risk	0

Calculate

Fig. 5. Screen form of estimation the risk of the project

On the basis of the received results a user can generate reports. These reports will be used in the process of acceptance of the administrative decisions to implant investment projects for enterprise's development and in the process of the risk management of the chosen projects.

4. Conclusion. The process of the acceptance of the investment decisions is examined. Also decision support system is created. It allows to store and process data on investment projects, and to estimate investment projects from the point of view of efficiency and risk, to form real investments portfolio on the

basis of chosen enterprise policy. The application can be used by managers for acceptance of the investment decisions in the theme of commercial enterprise development strategy.

The work on improvement the system is continued. The decision support system, using OLAP-technologies, will be proposed.

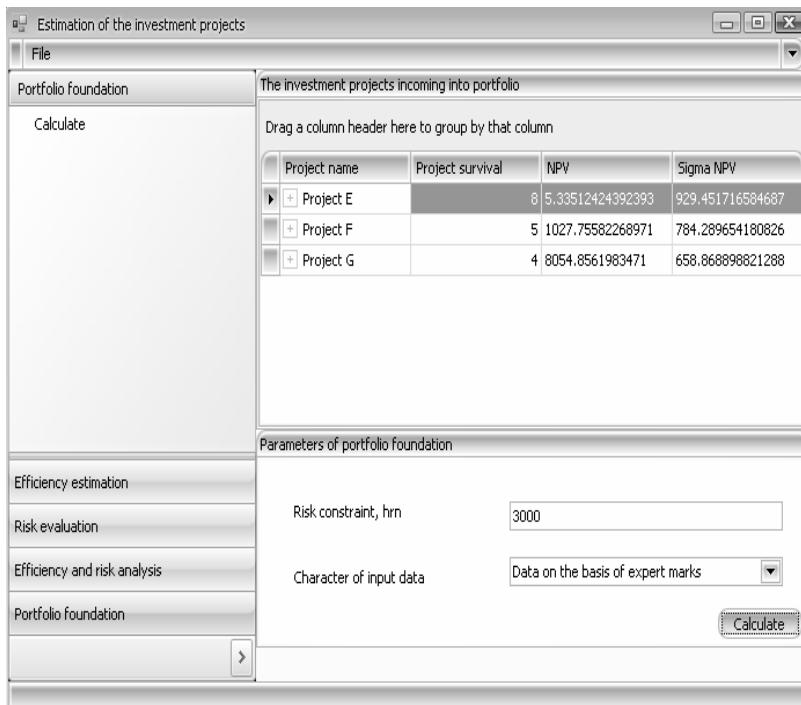


Fig. 6. Screen form of investment projects portfolio foundation

References: 1. G. Birman, S. Shmidt Economic Analysis of the Investment Projects/Transl. from eng. edit. L.P. Belykh. – M.: Banks and Exchanges, UNITI, 1997. – 631 p. 2. D.A. Endovitskiy Complex Analysis and Control of the Investment Activity: methodology and practice / edit. prof. L.T. Gilyarovskaya. – M.: Finances and Statistics, 2001. – 400 p. 3. A. Kofman Introduction into Fuzzy Sets Theory. – M.: Radio and Communication, 1982. – 432 p. 4. G. Booch, J. Rambough, I. Jacobson The Unified Modeling Language User Guide, Addison-Wesley, 1998. 5. P.P. Ed Chen Entity-Relationship Approach to Information Modeling and Analysis, Amsterdam, North-Holland, 1993. 6. J. Richter CLR via C# Programming on C# Microsoft.Net Framework 2/0 platform, 2007. – 656 p.

Поступила в редакторство 27.02.08

УДК 681.3.06

А.А. БЛАЖКО, канд. техн. наук, ОНПУ, Одесса, Украина
Дж.Т. Д. АЛЬСАФФАДИ, аспирант, ОНПУ, Одесса, Украина

ТИРАЖИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ СОГЛАСОВАНИЯ В ГЕТЕРОГЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ

У статті розглядається проблема проектування розподілених баз даних з тиражуванням, які складаються з множини локальних баз даних, що містять логічно різні, але семантично еквівалентні структури даних, та знаходяться під керуванням систем баз даних різних виробників. Запропоновано розширення моделі процесу тиражування даних, яке включає: відповідності між БД з різними структурами, правила перетворення даних та функціональні правила обміну даними та між цими базами даних.

There is described development problem of replication databases, which consist of local databases with logically different, but semantic equivalent data structures, and managed by database systems of different vendors. There is offered expansion replication data process model, which includes: schema matching between databases with different structures, rules data conversion and functional rules data exchange between databases.

Введение. Корпоративная информационная система (ИС), которая разрабатывается на протяжении десятилетий, часто управляет данными, расположеннымными на множестве автономных (локальных) баз данных (ЛБД). При этом все БД могут содержать логически разные, но семантические эквивалентные структуры данных и поддерживаться системами управления (СУБД) от разных производителей. Для обеспечения согласованности данных в ИС необходимо поддерживать тиражирование операций согласования данных в гетерогенной распределенной базе данных (РБД), что является трудоемкой задачей при отсутствии соответствующих инструментальных средств. Существующие системы тиражирования OpenSource-типа, которые являются расширением стандартных библиотек доступа к БД, требуют перепроектирования существующих программ [1], а специализированные не поддерживают гетерогенности [2]. Для объединения свойств этих систем была разработана система [3]. При увеличении размерности ЛБД и числа типов СУБД процесс администрирования гетерогенной РБД становится трудоемким. В статье предлагается механизм сокращения трудоемкости за счет формализации процессов гетерогенного тиражирования операций согласования ЛБД.

1. Расширенная модель процесса гетерогенного тиражирования данных. Для решения поставленной задачи предлагается на основе модели

РБД создать формализованную структурную модель процесса гетерогенного тиражирования данных, которая должна включать описания:

- соответствия между ЛБД с разными структурами, которые входят в РБД;
- правил преобразования данных между ЛБД с разными структурами на основе их структурной модели соответствия;
- функциональных правил обмена данными между ЛБД под управлением СУБД разных производителей без учета встроенных систем тиражирования.

Представим расширенную модель процесса гетерогенного тиражирования операций согласования ЛБД в виде семерки

$\langle LS, DS, RS, SM, TT, AQ, MQ \rangle$,

где LS (*Local Schema*) – взвешенный граф описания структуры ЛБД;

DS (*Distributed Schema*) – множество элементов-описаний РБД;

RS (*Replication Schema*) – множество элементов-описаний схемы тиражирования;

SM (*Schema Matching*) – множество элементов-описаний соответствия между логическими структурами ЛБД;

TT (*Trigger Template*) – множество элементов-описаний шаблонов программного кода триггеров СУБД, которые согласовывают ЛБД;

AQ (*Asynchronous Queue*) – упорядоченное множество элементов-описаний операций асинхронного согласования ЛБД;

MQ (*Meta Query*) – множество элементов-описаний *SQL*-запросов к СУБД для получения мета-описания логической структуры ЛБД.

Элемент $ls \in LS$ представим в виде тройки

$\langle R, L, SR \rangle$

где R – множество вершин описаний структур таблиц БД, элемент $r_i = \langle rname, aname, atype, ftype \rangle$, где $rname$ – имя таблицы, $aname$ – имя атрибута, $atype$ – тип атрибута, $ftype$ – признак вхождения атрибута в первичный ключ;

L – множество дуг-связей между таблицами БД, элемент $l_{ij} \in L$, если $\exists r_i \in R_i$ и $r_j \in R_j$: $ftype_i = PK$, $ftype_j = FK(r_i)$, где PK – Primary Key, FK – Foreign Key;

SR – упорядоченное множество описания иерархической зависимости номеров таблиц, которое определяет порядок выполнения запросов на внесение данных в таблицы (или удаление данных из таблиц) и учитывает связи между таблицами из множества L .

Элемент $sr \in SR$ представим в виде двойки $\langle r_i, level \rangle$, где $r_i \in R$, $level$ – порядковый номер, определяющий уровень иерархической зависи-

мости таблиц, при этом таблица, которая не связана с другими таблицами по связи *Foreign Key*, характеризуется нулевым уровнем.

Элемент $ds \in DS$ представим в виде двойки $\langle dbname, dbtype \rangle$, где $dbname$ – физическое имя ЛБД и сетевой адрес расположения ее СУБД; $dbtype$ – тип СУБД (например, *oracle*, *postgresql*, *mysql*, *firebird*).

Для обеспечения работы системы тиражирования в условиях гетерогенности структур ЛБД предлагается в каждой ЛБД создавать копии-таблицы из других ЛБД. Процесс преобразования содержания операций согласования между таблицей-издателем и таблицей-подписчиком с разными структурами зависит от свойства СУБД, управляющей ЛБД-издателем.

Если СУБД обладает механизмами перехвата с передачей в другие СУБД, то выполняется следующая последовательность действий:

- преобразование операции для согласования копии таблицы-подписчика в ЛБД с использованием преобразующего (гетерогенного) триггера (П-триггер);
- передача операции согласования между таблицей-копией в ЛБД-издателе и таблицей-подписчиком ЛБД-подписчика с использованием согласующего (гомогенного) триггера (С-триггер).

Если СУБД обладает механизмами перехвата без передачи в другие СУБД, то выполняется следующая последовательность действий:

- преобразование операции для сохранения в универсальном журнале хранения операций с использованием триггеров журналирования;
- запаздывающее восстановление операции согласования из журнала;
- перенос операции в таблицу-копию в ЛБД-подписчика с использованием С-триггера;
- преобразование операции для согласования таблицы-подписчика в ЛБД с использованием П-триггера.

Элемент $rs \in RS$ представим в виде четверки

$\langle pubdb, subdb, ro, trtype \rangle$,

где $pubdb \in DDB$, $subdb \in DDB$ – ЛБД-издатель, ЛБД-подписчик, соответственно;

$ro \in R$ – имя тиражируемой таблицы ЛБД;

$trtype$ – метод передачи операций согласования (синхронный, асинхронный-*pull*, асинхронный-*push*).

Процесс согласования РБД при синхронном методе передачи операций допускает использование протокола двухфазной фиксации изменений, когда у ЛБД-издателя операция модификации завершается одновременно с операциями согласования, отправленными в ЛБД-подписчики. В асин-

хронном-*pull* методе инициатором процесса согласования является ЛБД-подписчик, а при асинхронном-*push* методе – ЛБД-издатель.

Элемент $sm \in SM$ представим в виде двойки $\langle sa, AM \rangle$, где $sa \in R$ – атрибут БД-подписчика; AM – упорядоченное множество преобразований с элементами $F(pa)$, $pa \in R$ – атрибут ЛБД-издателя, F – функция преобразования атрибута.

Элемент $tt \in TT$ представим в виде тройки $\langle rtype, trtype, def \rangle$,

где $rtype$ – тип СУБД (например, *oracle*, *postgresql*, *mysql*, *firebird*); $trtype$ – метод передачи операций согласования (синхронный, асинхронный); def – описание шаблона программного кода триггера. Элемент $mq \in MQ$ представим в виде тройки $\langle mqtype, rtype, metaSQL \rangle$, где $mqtype$ – подкласс метаописания $mqtype = \{"struct", "link"\}$, ("struct" – метаописание структуры таблицы, "link" – мета-описание связей между таблицами); $rtype$ – тип СУБД;

2. Автоматизация процессов управления. Для автоматического заполнения элемента LS заданной ЛБД, управляемой СУБД типа $type$, предлагается алгоритм со следующей последовательностью шагов.

Шаг 1. Получение из множества MQ элемента $mq = \langle mqtype, rtype, metaSQL \rangle$, для которого $rtype = type$ и $mqtype = "struct"$.

Шаг 2. Выполнение запроса из $metaSQL$ и сохранение результата в $result$.

Шаг 3. Формирование множества вершин R на основании $result$.

Шаг 4. Получение из множества MQ элемента $mq = \langle mqtype, rtype, metaSQL \rangle$, для которого $rtype = type$ и $mqtype = "link"$.

Шаг 5. Выполнение запроса из $metaSQL$ и сохранение результата в $result$.

Шаг 6. Формирование множества дуг L на основании $result$.

Для автоматического заполнения множества SR заданной ЛБД предлагается алгоритм, который рекурсивно просматривает содержимое множества L , начиная с таблиц из множества $RM = \{rm_j\} \subseteq R: \exists l_{ij} \in L$. Для указанных таблиц устанавливается $level = 0$. Для таблиц, имеющих связи с данными таблицами, устанавливается $level$ на единицу больший.

Для автоматического создания программного кода триггеров в таблице $table$ заданной ЛБД, управляемой СУБД типа $type$, предлагается алгоритм со следующей последовательностью шагов.

Шаг 1. Получение из множества TT описания заголовка программного кода триггера для $rtype=type$.

Шаг 2. Получение из множества TT для $rtype=type$ описания шаблона операции сравнения атрибутов и внесения в AQ -очередь.

Шаг 3. Получение из множества R списка атрибутов с $rname = table$.

Шаг 4. Для каждого атрибута формирование операции сравнения атрибутов и внесения в AQ -очередь на основании шаблона.

Шаг 5. Получение из множества TT для $rtype=type$ описания завершения программного кода триггера.

Шаг 6. Регистрация программного кода триггера в СУБД.

3. Система тиражирования в гетерогенной базе данных. На основе предложенной модели разработано программное обеспечение системы гетерогенного тиражирования операций согласования, схема работы которого представлена на рисунке 1. Анализ программного обеспечения доступа в БД (*ODBC*, *JDBC*, *DBI*, *BDE*, *ADO*), выполненный по критерию кросс-платформенности, *OpenSource*, производительности и поддержки в программном коде триггеров СУБД, определил в качестве программной архитектуры библиотеку *DBI* языка *Perl*, которая предоставляет программные шлюзы для большинства СУБД. При этом лишь СУБД *PostgreSQL* обладает *OpenSource*-механизмами перехвата операций модификации ЛБД с передачей в другие СУБД. Остальные СУБД (*non-PostgreSQL*) обладают *OpenSource*-механизмами перехвата операций модификации ЛБД без передачи в СУБД других типов.

Система гетерогенного тиражирования включает модули:

- модуль согласования РБД методом «мгновенного снимка» (*snapshot*);
- модуль генерации программного кода триггеров по перехвату операций модификации в ЛБД, которые обеспечивают асинхронный-*pull* метод согласования на основе множеств LS , DS , SM , RS , TT ;
- модуль генерации программного кода синхронного тиражирования в виде триггеров по перехвату операций модификации в ЛБД и их синхронной передачи в удаленные ЛБД на основе множеств LS , DS , SM , RS , TT ;
- модуль согласования ЛБД по асинхронному-*push* методу операциями из множества DQ ;
- модуль согласования ЛБД по асинхронному-*pull* методу операциями из множества AQ , которые были отложены на заданный период или из-за недоступности ЛБД-подписчика.
- БД шаблонов программного кода триггеров содержит описания:
- синхронного и асинхронного-*push* методов передачи операций согласования для СУБД *PostgreSQL* на основе библиотеки *Perl DBI-DBD*;
- асинхронного-*pull* метода передачи операций согласования для СУБД *Oracle v.10g*, *PostgreSQL v.8.2*, *MySQL v.5.0*, *FireBird v.2.0*.

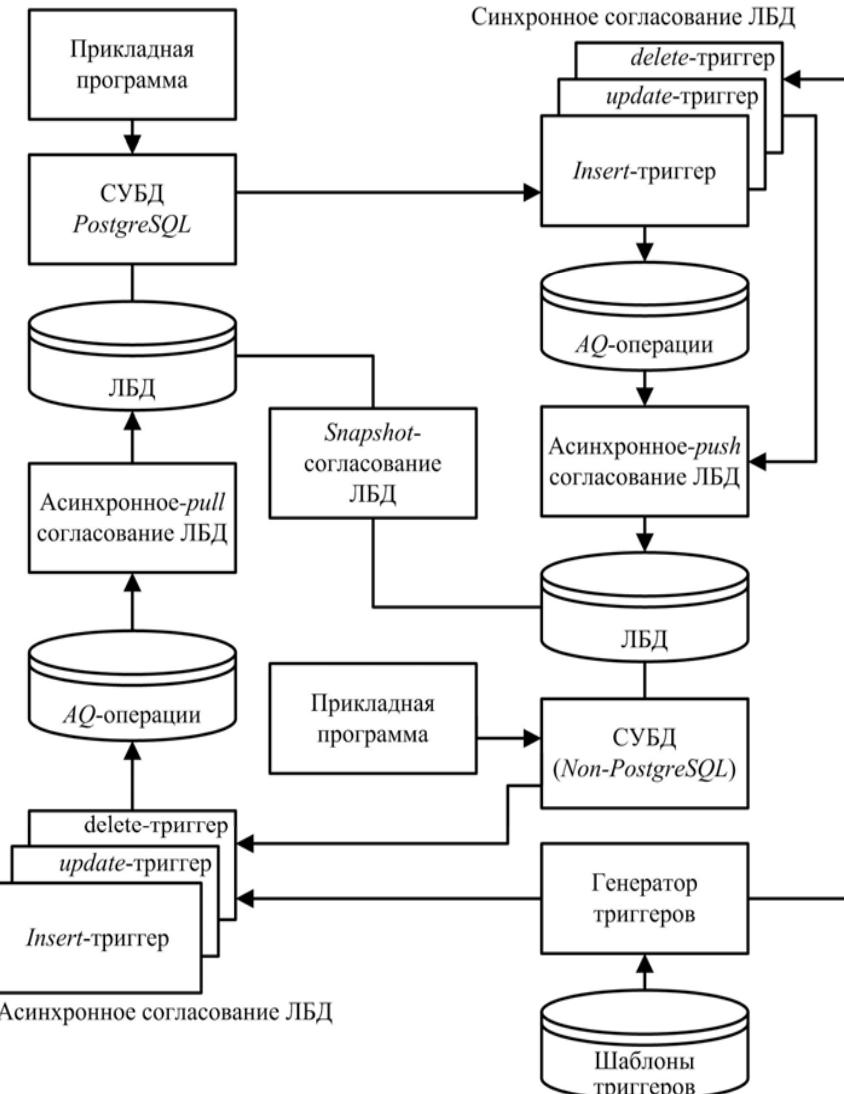


Рис. 5. Система тиражирования гетерогенной базы данных

Выводы. Разработанная система проходит тестовую эксплуатацию в ИС Вуза ОНПУ, которая содержит программы под управлением разных СУБД: «Отдел кадров» (СУБД *PostgreSQL v.8.2*), «Библиотека» (СУБД *Oracle v.10g*), «Бухгалтерия» (СУБД *FireBird v.2.0*). Для автоматической генерации кода преобразующих триггеров согласования РБД потребовалось ручное формирование соответствия между структурами данных БД «Отдел кадров», «Библиотека» и «Бухгалтерия». Структурная формализация процесса гетерогенного тиражирования данных, предложенная в работе, позволила провести унификацию программных компонент тиражирования для СУБД разных производителей и создать основу для последующего создания алгоритмов согласования ЛБД с разными структурами. Использование системы не требует перепроектирования прикладных программ, работающих с ЛБД, поэтому работа системы обеспечивает прозрачность тиражирования.

В дальнейшем для автоматизации процесса установления соответствия между структурами данных ЛБД предполагается разработать алгоритм анализа *SQL*-запросов формирования объектов тиражирования в РБД.

Список литературы: 1. C. Plattner, G.Alonso. Ganymed: Scalable Replication for Transactional Web Applications // The Proc. of 5th ACM/IFIP/USENIX International Middleware Conference, 2004. 2. S.Wu and B. Kemme. Postgres-R(SI): Combining Replica Control with Concurrency Control Based on Snapshot Isolation // Proc. 21st International Conference on Data Engineering. - Р. 422 – 433. 3. Джайяб Т.Д. Альсаффаді, О.А.Блажко Підтримка гетерогенних розподілених баз даних з тиражуванням // The Procs. of International Conferences on Computer Science and Information Technologies. – Lviv, Ukraine, 2007. – С. 237–240

Поступила в редколлегию 19.02.08

О РАЗРАБОТКЕ ПРОТОТИПА ИМИТАЦИОННОЙ СРЕДЫ ДЛЯ СБОРА ТРЕБОВАНИЙ КАЧЕСТВА

В статті розглянута задача реалізації прототипу інтерактивного імітаційного середовища, за допомогою якого користувачі інформаційних систем, що розробляються, будуть мати можливість випробувати різноманітні варіанти взаємодії з імітаційними моделями цих систем з метою надання оцінки різним аспектам якості моделей, які потім будуть використані для розробки вимог якості до системи, що розроблюється. Наведена архітектура інтерактивного середовища, а також можливі шляхи його програмної реалізації.

In this paper, the problem of constructing a prototype of parameterized online simulation environment (POSE). Using this environment, stakeholders can try different approaches to interaction with the simulation models of the system under development (SUD) and make assessments of various aspects of quality of this system. These assessments are supposed to be used for eliciting the quality requirements to the SUD. Some issues in implementing the architecture for this prototype are considered and possible program solutions are discussed.

Введение. Выделение требований качества при разработке программного обеспечения является сложной задачей. Проблема заключается в том, что заинтересованные лица не всегда готовы к тому, чтобы сформулировать требования к качеству предполагаемой системы, если они не сталкивались на практике с системами такого рода. Традиционный подход к разработке требований, который заключается в тесном общении с заинтересованными сторонами, не обязательно является лучшим, а тем более единственным из возможных вариантов. Для разрешения задачи необходимым является поиск такого решения, которое бы отличалось от традиционных технологий сбора требований [1,2].

В качестве альтернативного варианта предлагается идея виртуальной среды, в которую может быть занесена начальная версия функциональных требований к компьютеризированной системе. Эта среда, опираясь на интегрированный имитационный компонент, даст возможность заинтересованным сторонам оказываться в предполагаемых рабочих ситуациях и на основании этого опыта оценивать качество разрабатываемой системы.

В связи с этим предполагается разработать интерактивную имитационную среду [3,4], при помощи которой возможно проводить эксперименты с моделями реальных систем для выявления требований качества, предъявляемых к этим системам. В данной статье рассмотрены вопросы реализации прототипа такой системы.

1. Базовая идея системы. Интерактивная имитационная среда может использоваться в трех различных режимах:

- в режиме адаптации, в котором происходит адаптация среды имитационного моделирования для конкретной задачи;
- в режиме эксперимента, предназначенном для интерактивного сбора требований в ходе взаимодействия заинтересованных лиц с имитационными моделями, для которых определены различные значения ключевых параметров;
- в режиме анализа, который используется для анализа результатов экспериментов и формулирования требований, собранных в ходе этих экспериментов.

Организация рассматривается как система, в которой выполняется определенный набор бизнес-процессов. Как следствие, для создания имитационной модели организации необходимо смоделировать ее структуру, ресурсы (в том числе людские), которые она использует, ее бизнес-процессы, процессы поддержки и процессы управления.

Для моделирования процессов предлагается использовать ассемблер процессов, который сохраняет модели процессов, описанные на различных языках моделирования процессов, и дает возможность отображать модели, представленные с использованием одного языка, на другой язык при условии, что выразительные средства языка позволяют выполнять такое отображение, и в системе зарегистрированы соответствующие драйверы для отображения. Основная цель разработки интерактивной имитационной среды в том, чтобы дать возможность потенциальным пользователям разрабатываемой системы получить опыт взаимодействия с имитационной моделью, которая опирается на ключевые параметры использования системы.

Одной из наиболее важных задач, которую должны решить пользователи имитационной среды, является начальное определение области предполагаемого моделирования, то определение того, что считать моделируемой организацией. Эта задача требует понимания бизнес-процессов, для участия в которых предполагается использовать разрабатываемую систему. В режиме адаптации, следовательно, необходимо определить и formalизовать бизнес-процессы данной организации.

В режиме эксперимента производится имитационное моделирование процессов, определенных в режиме адаптации. По выбору пользователей, модели компонентов разрабатываемой системы, зарегистрированных в имитационной среде, могут сопровождаться графической анимацией или выполняться как реальные компоненты. Возможно переопределение значений параметров, заданных на этапе адаптации. Кроме того, пользователе-

ли могут оставлять комментарии по поводу их впечатления от характеристик качества системы. Для этого предлагается дать им возможность формального оценивания зарегистрированных компонент разрабатываемой системы.

В режиме анализа пользователи анализируют данные, полученные в режиме эксперимента. Для таких пользователей (как правило, это инженеры по сбору требований), имитационная среда предоставляет ряд отчетов с анализом результатов экспериментов. Каждый такой отчет включает номер версии модели, а также набор оценок значений всех параметров качества, которые использовались в данном эксперименте.

2. Обзор пакетов приложения. Для реализации возможности создания и проведения экспериментов с имитационными моделями необходима разработка рабочей среды, взаимодействующей с пользователями посредством веб-интерфейса. Приложение разрабатывается на основе объектно-ориентированного подхода с использованием языка Java, обеспечившего возможность развертывания приложения практически на любой программно-аппаратной платформе и применением шаблона проектирования MVC – «модель-представление-контроллер» [5]. В качестве эталонной архитектуры приложения выбрана трехуровневая архитектура с тонким клиентом и выделенным сервером приложений.

Классы приложения распределены по пакетам, в соответствии с выполняемой бизнес-логикой. Диаграмма пакетов показана на рисунке 1. Для хранения данных как режима адаптации, так и режимов эксперимента и анализа используется реляционная база данных, разработанная средствами СУБД MySQL. Для подключения и работы с базой данных используются классы пакета pose.database.

Пакет pose.util содержит классы утилитарного характера, применяемые в различных частях системы независимо от функциональности, возложенной на эти части. Пакет pose.forms содержит классы java beans, необходимые для получения и отправки данных на веб-страницы приложения. Пакет pose.controller содержит классы контроллеров, управляющих потоком выполнения системы. Пакет pose.users используется для обеспечения функциональности системного администратора. Пакет pose.sim является основным пакетом подсистемы моделирования, так как содержит классы, предназначенные для работы с имитационными моделями. Пакет pose.process является основным пакетом подсистемы формирования и сопровождения моделей, содержит классы, необходимые для работы с моделями бизнес-процессов и моделью организации.

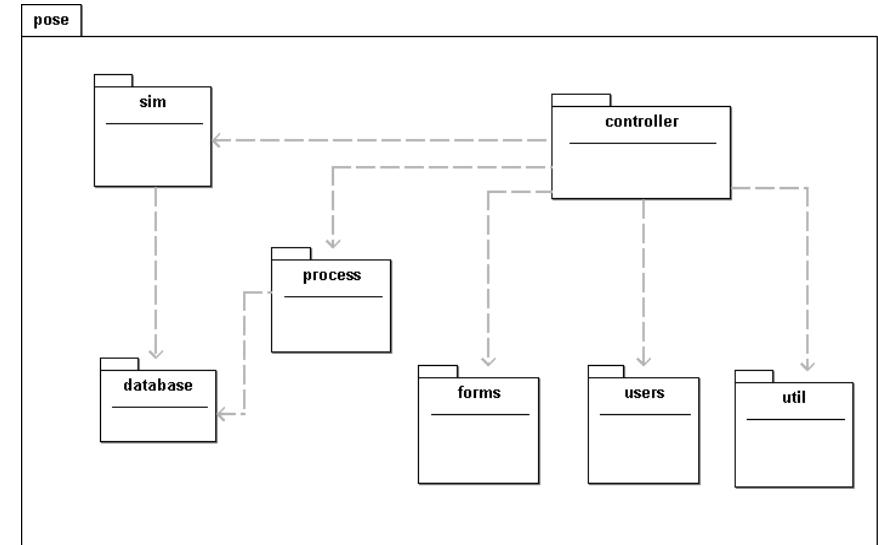


Рис. 1. Пакеты интерактивной имитационной среды

3. Реализация подсистемы формирования и поддержки моделей. Среди основных функций системы, относящихся к этапу адаптации, можно выделить формирование процессов использования и сборку имитационной модели [6]. Эти функции реализованы классами пакета pose.process.

Первым этапом работы является получение моделей процессов использования с ассемблера посредством интерфейса веб-сервисов. Полученные модели процессов использования регистрируются в системе и становятся доступными для дальнейшего использования. Для работы с моделями процессов в системе разработан класс Process.

К моделям процессов, размещенным в хранилище системы, могут быть подключены компоненты процессов использования, несущие в себе функциональность моделируемой системы. Они могут быть компонентами как разрабатываемой системы, так и уже существующей. Для работы с компонентами процессов использования в системе предусмотрен класс ProcessComponent. Модели процессов также связываются с определенными подразделениями организации, для чего в пакете pose.process предусмотрен класс OrganisationUnit. Модели процесса использования могут быть присвоены метки: «хорошо», «плохо», «нейтрально».

После завершения работ по формированию моделей процессов, пользователи системы определяют наборы процессов использования и связи-

вают их с моделью организации. Для выполнения этих действий используется классы ProcessSet и OrganisationStructure. Набору процессов использования могут быть присвоены метки «как есть» или «на будущее»

Завершающим этапом режима адаптации является формирование имитационной модели. На этом этапе пользователь системы определяет, какие наборы процессов использования, подразделения организации будут входить в модель, в каком формате будет представлена модель. Данный процесс является итеративным, пользователь пошагово может уточнять модель, разрешать возникающие конфликтные ситуации. После завершения определения набора объектов, составляющих модель, система формирует физическое представление модели, в соответствии с выбранным форматом и загружает модель в среду выполнения. Таким образом, итогом данного этапа является готовая к выполнению модель, развернутая в среде выполнения. В последствии модель может быть отредактирована, собрана и снова загружена в среду выполнения. Функциональность, отвечающая за формирование и сборку модели, реализована в классе ModelBuilder.

4. Реализация подсистемы моделирования. К основным функциям подсистемы моделирования относятся организация процесса оценивания качества и непосредственно оценивание качества [7]. Реализация этих функций осуществляется при помощи классов пакета pose.sim.

Первым этапом работы системы является параметризация модели. При этом выделяется набор оцениваемых характеристик качества, каждой из которых ставится в соответствие некий параметр, используемый во время моделирования, и задаются начальные значения этих параметров. Для проведения этих действий в системе предусмотрен класс Parameters.

Управление работой имитационной модели осуществляется при помощи класса Simulation, содержащего методы, необходимые для запуска и остановки модели, создания сессии моделирования и начала взаимодействия заинтересованных сторон с выполняемой моделью. В процессе работы модели с целью проведения экспериментов к ней могут подключаться различные пользователи, для каждого из которых создается начальный набор оценок характеристик качества, которые затем будут изменены пользователем при помощи методов класса Assessments. Работа заинтересованного лица с моделью сводится к выполнению управляющих воздействий в соответствии с логикой работы системы, а также периодическое оценивание характеристик качества путем обработки специальных механизмов, названных «перехватчиками».

Итогом работы пользователя с моделью является отчет о результатах эксперимента, содержащий набор пар «значение параметра – оценка па-

метра», формируемый на основе объектов классов Parameters и Assessments, и обрабатываемый при помощи методов класса Report. Полученные оценки качества могут быть расценены как удовлетворительные и стать основой для требований качества, или неудовлетворительные, что приведет к необходимости проведения дополнительных экспериментов.

5. Выводы. При организации процесса разработки прототипа интерактивной имитационной среды было проведено разделение процесса сбора требований качества на отдельные этапы: адаптация моделей, эксперимент и анализ результатов. Было принято решение реализовывать каждый из этих этапов при помощи отдельного набора классов. Для режима адаптации рассмотрены принципы функционирования подсистемы формирования и сопровождения имитационной модели, начиная от получения процессов функционирования системы от ассемблера процессов и заканчивая формированием работоспособной имитационной модели. Для режимов эксперимента и анализа результатов рассмотрены принципы выполнения моделей, взаимодействия с ними заинтересованных сторон, получение на основании такого взаимодействия пользовательских оценок качества, а также последующий анализ пользовательских оценок с целью выявления и формализации требований качества.

При развитии прототипа планируется добавить поддержку новых форматов представления имитационных моделей, применить к разработанной системе технологию AJAX [8], позволяющую улучшить качество пользовательского представления данных и снизить нагрузку на сеть.

Список литературы: 1. Методы получения требований. <http://www.caseclub.ru/articles/trebmethd.html>, 20.06.2007. 2. Wiegert K. Writing Quality Requirements // <http://www.proces-simpact.com/articles/qualreqs.html>, 29.12.2006. 3. Шеховцов В.А., Кащек Р., Златкин С.А., Долгарев А. О сборе требований качества с использованием имитационного моделирования // Вестник Национального технического университета "ХПИ". Системный анализ, управление и информационные технологии-2007.-№7.-С.17-31. 4. Shekhotov, V.; Kaschek, R.; Zlatkin, S. Constructing POSE: a Tool for Eliciting Quality Requirements. // Proc. ISTA'2007, LNI P-107, GI-Edition, 2007. – Р. 187-199. 5. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений.– М.: Вильямс, 2006. 6. Векшин А.В. Разработка архитектурных моделей и программных решений формирования имитационных моделей для системы сбора требований качества // Бак. работа. - Харьков.: НТУ «ХПИ», 2007. 7. Семенок А.Д. Разработка архитектурных моделей и программных решений имитационного моделирования бизнес-процессов для системы сбора требований качества // Бак. работа. - Харьков.: НТУ «ХПИ», 2007. 8. Крейн Д., Паскарелло Э. Ajax в действии.– М.: Вильямс, 2006.

Поступила в редакцию 26.02.08

A.A. ЗЕМЛЯНОЙ, аспирант, НТУ "ХПИ" (г. Харьков),
H.B. ТКАЧУК, д-р. техн. наук, НТУ "ХПИ" (г. Харьков),
P.A. ГАМЗАЕВ, аспирант, НТУ "ХПИ" (г. Харьков)

КОМПЛЕКС МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОТОТИПИРОВАНИЯ ДЛЯ АДАПТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОНЕНТНЫХ ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ

У процесі адаптивної розробки програмного забезпечення його архітектура та компоненти перетерплюють зміни в міру зміни пропонованих системних вимог. У статті представлений новий підхід до адаптивного проектування, заснований на технології прототипування. Представлені моделі та технології дозволяють створювати, конфігурувати, виконувати та аналізувати прототипи системи, що розроблюється, з метою зменшення ресурсів, необхідних для її розробки.

В процессе адаптивной разработки программного обеспечения его архитектура и компоненты претерпевают изменения по мере изменения предъявляемых системных требований. В статье представлен новый подход к адаптивному проектированию, основанный на технологии прототипирования. Представленные модели и технологии позволяют создавать, конфигурировать, выполнять и анализировать прототипы разрабатываемой системы с целью уменьшения ресурсов, необходимых для ее разработки.

During the adaptive development process software components and system architecture constantly change with respect to corresponding changes in system requirements. In the paper we present a new design approach for adaptive software development which is based on prototyping technology. Models and technologies integrated into the approach provide processes of system prototypes building, configuring, execution and estimation aiming to reduce development costs and needed resources.

1. Постановка проблемы, цели и актуальность исследования. В настоящее время для проектирования, разработки и сопровождения сложного программного обеспечения (ПО) широко используются гибкие, ориентированные на повторное использование компонентов технологии. Гибкость процессов и повторное использование компонентов особенно важны в случаях, когда программная система разрабатывается с учетом существующих унаследованных систем, в условиях постоянно меняющихся внешней среды системы и предъявляемых к ней системных требований (СТ). Проблемой в таких условиях является то, что разрабатываемая система должна в полной мере соответствовать изменяющимся СТ. Разработка моделей и технологий, обеспечивающих возможность такой адаптации и предполагающей выполнение ряда критериев качества и стоимости по-

лучаемых программных решений, являются весьма актуальной научно-технической проблемой [1].

Учитывая современные тенденции в разработке ПО и основываясь на опыте разработки сложных распределенных информационно-управляющих систем (ИУС) в ходе выполнения проектов автоматизации объектов добычи нефти и газа в Харьковской области [2,3] была разработана макро-технология адаптивного проектирования (МТАП) компонентных программных решений (КПР), используемая в процессах адаптивного проектирования ИУС [3]. Одной из важных составляющих этого подхода является предложенная в [4] интегрированная технология эволюционного прототипирования (ИТЭП) КПР.

Цель данной работы - обосновать методологические подходы к созданию ИТЭП и представить модели, разработанные для формализации ее основных этапов.

2. Обзор современных средств и методов прототипирования ПО. Прототипирование как один из эффективных подходов к моделированию сложных систем используется для согласования требований с заказчиком, определения видения будущей системы, а так же для получения и сбора отзывов о системе. Прототипирование обычно используется, когда СТ полностью не ясны, либо не могут быть сразу определены. Среди наиболее часто используемых методов прототипирования можно выделить: *быстрое прототипирование* (rapid prototyping или throwaway prototyping), *эволюционное прототипирование* (evolutionary prototyping) и *инкрементное прототипирование* (incremental prototyping). При этом следует отметить, что одной из наиболее важных целей каждого из методов прототипирования является задача валидации СТ. На рис. 1 представлена одна из возможных классификаций моделей и инструментальных средств, используемых при этих подходах.

Быстрое прототипирование применяется с целью уменьшения количества рисков связанных со сбором СТ, при этом созданная модель системы практически никогда не входит в окончательную версию программного продукта.

Целью эволюционного прототипирования является создание надежного прототипа системы в структурированной форме и постоянное его совершенствование. При разработке системы с использованием эволюционного прототипирования ПО на каждом шаге совершенствуется и перестраивается. Этот метод позволяет команде разработчиков добавлять новые возможности в систему, а так же вносить изменения, которые могут быть не видны на этапе сбора системных требований. Преимущество эво-

люционного прототипирования по сравнению с быстрым прототипированием в том, что в ходе него появляется функциональная система, она может быть использована как начальный базис для будущей системы.

Инкрементное прототипирование подразумевает, что конечный продукт в целом создается как набор прототипов. Такой подход позволяет выявлять сложности в реализации целевой системы еще на ранних стадиях ее создания.

Для создания прототипов существуют различные системы, одной из первых была Computer-Aided Prototyping System (CAPS), разработанная в Школе повышения квалификации ВМС США (Naval Postgraduate School) [5], для быстрого прототипирования встроенных систем реального времени, таких как системы наведения ракет, космических челночных систем авионики, и т.д. В ней используется эволюционный подход к прототипированию, основанный на языке описания прототипов (PSDL). Он используется для анализа СТ, технико-экономического обоснования и разработки больших встроенных систем.

Система SLAM [6] позволяет эффективно использовать формальные методы для быстрой разработки программного обеспечения. Эта система включает выразительный объектно-ориентированный язык, спецификации и среду разработки, которая среди прочего, может создавать код на языках высокого (Java, C++ и т.д.). Дополнительным преимуществом является то, что используемый метод прототипирования является эволюционным и отдельные его части могут быть напрямую использованы в конечной системе.

Axure RP Pro [7] - это программный продукт позволяющий быстро создавать прототипы пользовательского интерфейса для Web-приложений без написания кода, создавать структурные схемы страниц, диаграммы и спецификацию к Web-сайтам. iRise Studio [8] – средство используемое бизнес-аналитиками и руководителями проектов, для быстрого определения и визуализации программного обеспечения. iRise может быть использован для создания полностью интерактивной модели целевого применения системы, эта модель создается в интерактивном режиме и не требует написания программного кода.

Хочется отметить, что почти все перечисленные системы прототипирования, в основном используются для моделирования и валидации функциональных СТ. Такие инструменты как CAPS основываются на использование методов формализации и применяются для исследования систем реального времени, а Axure RP и iRise созданы для быстрого прототипирования пользовательского интерфейса, что может служить основой для дальнейшего совершенствования требований к системе.

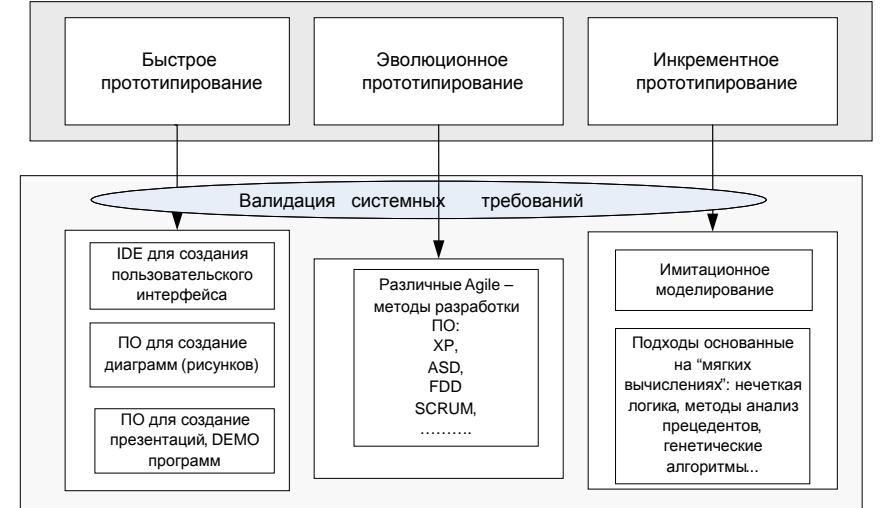


Рис. 1. Классификация моделей и средств прототипирования СТ

3. Концепция макро-технологии адаптивного проектирования. МТАП может быть представлена в виде схемы адаптивного управления с обратной связью, включающей метрики и модели оценки эффективности такого управления [2]. Модели отображаются в соответствующие проекции многомерного информационного пространства, состоящего из четырех локальных пространств [3]: $P1$ – пространство моделей системных архитектур [2], $P2$ – пространство моделей системных требований, $P3$ – пространство методов проектирования, $P4$ – пространство моделей оценок и метрик. Все четыре пространства объединяются системной траекторией, которая задает конкретный вариант процесса адаптивной разработки КПР.

Пространство $P2$ строится на основе трех критериев оценки СТ, инвариантных по отношению к предметной области разрабатываемой ИУС. Этими критериями являются: 1) полнота спецификаций – определяет степень завершенности и полноты проектных спецификаций, 2) степень формализации – определяет, насколько формальным является представление СТ, 3) мера согласованности – определяет насколько согласованы между собой СТ с точки зрения различных специалистов, принимающих участие в их разработке (эксперты предметной области, аналитики, программисты и т.д.). Для анализа СТ был предложен эффективный метод оценки, основанный на аппарате нечеткой логики [9].

Пространство $P3$ предназначено для принятия решений в области выбора проектного решения с учетом необходимых конструкционных параметров и имеющихся методов проектирования. Это пространство включает каталог шаблонов проектирования, необходимых для создания распределенных многоуровневых архитектур ИУС.

Пространство $P4$ включает набор метрик, моделей и технологий для оценки атрибутов качества проектируемой ИУС, включая такие характеристики как производительность и надежность.

В соответствии с концепцией многомерного информационного пространства [3] МТАП реализует следующую последовательность операций в обозначенных пространствах. Появляющиеся системные конфликты представляются в виде нечеткого описания соответствующих СТ в пространстве $P2$. Далее при помощи разработанных методик определяется допустимая область, в рамках которой это требование выполняется. При помощи методов устранения нечеткости генерируется значение системного свойства, соответствующее поставленным требованиям. Затем при помощи одного из методов проектирования в пространстве $P3$ строится набор допустимых проектных решений. Для каждого проектного решения производится процедура оценивания его атрибутов качества, включая производительность и надежность. Если результаты оценивания указывают на недопустимые значения атрибутов качества, то происходит возврат на предыдущий шаг в пространство $P3$, производится корректировка и построение новых проектных решений. Итеративный процесс продолжает до тех пор, пока не будет найдено соответствующее проектное решение. Когда такое решение найдено и согласованы другие параметры процесса разработки, включая финансовые ресурсы, график работ, решение документируется, шаг проектирования завершается и происходит переход на последующие шаги создания ИУС. Если требуемое проектное решение не может быть найдено, то происходит возврат в пространство $P2$, где выполняется корректировка СТ. На рисунке 2 показана графическая интерпретация этого процесса.

Далее мы более подробно рассмотрим локальные модели, разработанные для формализации процессов ИТЭП, которые итерационно протекают в пространствах $P3-P4$ и тем самым обеспечивают получение адаптивных КПР.

4. Модели логических блоков интегрированной технологии эволюционного прототипирования (ИТЭП). С технологической точки зрения локальные пространства $P3-P4$ представляются наборами соответствующих моделей, алгоритмов и инструментов. Так, например, пространство

$P3$ содержит ряд шаблонных архитектур для КПР в ИУС, при помощи которых создаются новые решения на основе существующих повторно используемых программных компонентов. На рисунке 3 показан пример шаблонной архитектуры КПР для построения межрегиональной распределенной ИУС реального времени [2]. На узле базового уровня, где происходит непосредственный обмен данными с Программируемыми Логическими Контроллерами (ПЛК) в режиме реального времени, ИУС содержит компоненты таких типов как Сервер Обработки Данных (СОД), Сервис Визуализации Данных (СВД), Сервис Архивирования Данных (СЗД), Сервис Синхронизации Данных (ССД), Интегрированная База Данных Узла (ИБДУ). СОД в свою очередь состоит из двух компонентов нижнего уровня – XProtocol и TechXObject. Перечисленные компоненты были реализованы с использованием технологий и программных решений Microsoft COM/DCOM, IIS, SQL Server, IE а также языков программирования и разметки данных C++, JavaScript, HTML [2].

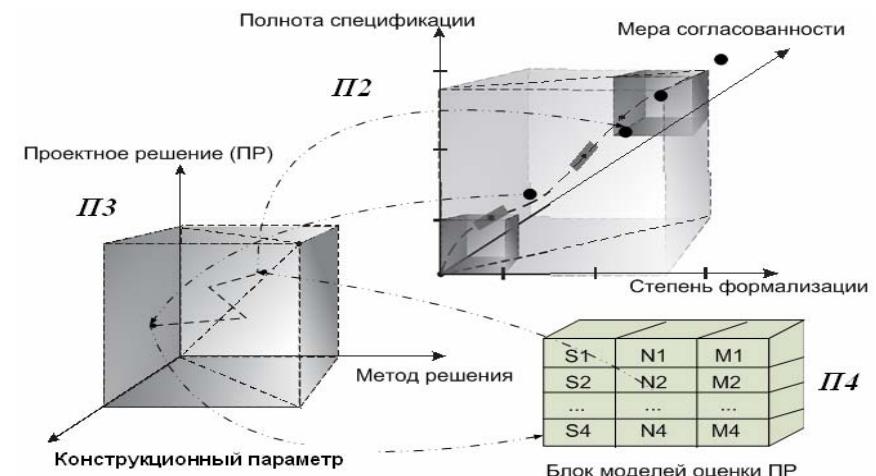


Рис. 2. Концептуальная модель технологии адаптивного проектирования

Пространство $P4$ включает модели, алгоритмы и программные инструменты, предназначенные для оценивания атрибутов качества проектируемой ИУС. Этот инструментальный комплекс состоит из специализированной среды моделирования и моделей различного типа, которые могут быть выполнены в среде моделирования. Среда моделирования поддержи-

вает выполнение метрических и имитационных моделей, а также прототипов ИУС.

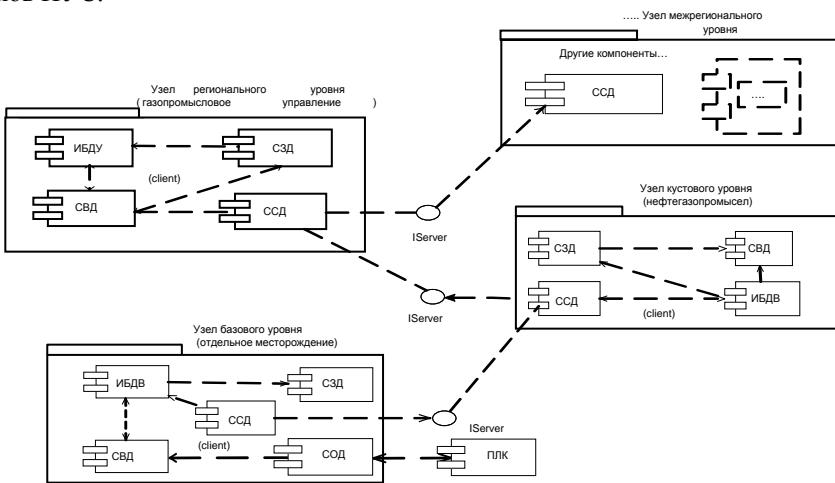


Рис. 3. Шаблонная архитектура распределенной ИУС реального времени

Имитационные модели играют значительную роль в процессах исследования отдельных атрибутов качества проектируемой ИУС [2,10]. Этот подход наилучшим образом подходит для моделирования сложных динамических систем, для которых построение адекватных аналитических математических моделей затруднено. Разработанный комплекс имитационного моделирования (КИМ) [10] является интегрированным программным пакетом, который включает в себя как реальные компоненты ИУС, которые исследуются, так и соответствующие имитационные модели с визуальной CASE-средой моделирования. КИМ позволяет исследовать свойства КПР и сделать вывод об удовлетворении предъявляемых к ним требований в условиях изменяющихся характеристик внешней среды ИУС. Помимо неоспоримых преимуществ имитационный подход имеет также ряд недостатков, основным из которых является то, что реализация имитационных моделей непосредственно не обеспечивает требуемой функциональности КПР, хотя по затратам может быть сопоставима с их непосредственной разработкой. В такой ситуации эффективным подходом является использование прототипирования искомых КПР [4].

ИТЭП обеспечивает возможность исследования атрибутов качества КПР, их нефункциональных свойств и сопоставления полученных результатов с предъявляемыми СТ. Для этого ИТЭП использует существующие

реальные компоненты, что позволяет эффективно использовать ресурсы, так как после прототипирования проектируемая ИУС в процессе разработки может эволюционировать непосредственно из готового прототипа. Основная идея ИТЭП состоит в отображении нефункциональных СТ в множество целевых свойств ИУС или ограничений. Структура прототипа создается на основе одного из архитектурных шаблонов, таким образом, чтобы выполнялись функциональные требования к ИУС. Затем неизвестные свойства прототипа исследуются в процессе его выполнения. Итерационный процесс прототипирования заканчивается, когда найдено решение со свойствами, удовлетворяющими поставленным СТ, после чего происходит переход к реализации ИУС на основе полученного прототипа. Структурно ИТЭП состоит из логических блоков PREPARE, BUILD, CONFIG, EXECUTE, ANALYSE, каждый из которых решает специфические задачи в ходе итеративного процесса прототипирования.

Блок PREPARE предназначен для получения области целевых свойств ИУС $TSP \subset PIRSP$ для множества свойств $MRSP = \{(rsp)_i\}, i = 1, |MRSP|$ в пространстве на множестве свойств $PIRSP = D_{(mrsp)_1} \times \dots \times D_{(mrsp)_{|MRSP|}}$ (где $D_{(mrsp)_i} = \{d_j\}, j = 1, N_{(mrsp)}$ – домен значений i -го свойства) на основе результатов экспертной обработки предъявляемых нефункциональных требований $MSRS = \{(srs)_i\}, i = 1, |MSRS|$. Обработка требований проводится при помощи стандартных процедур инженерии требований. Экспертная процедура обработки связана с тем, что зачастую СТ формируются в неформализованном виде, при помощи естественных языков, что вносит в спецификации СТ неоднозначность и зависимость от контекста.

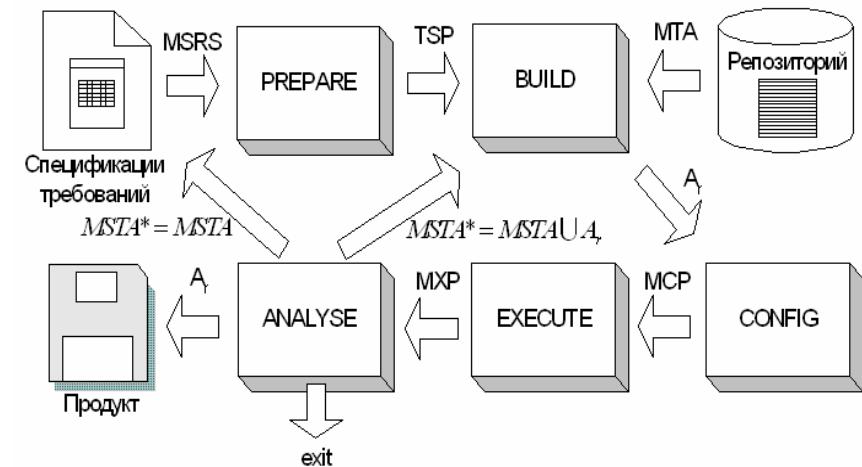
Блок BUILD предназначен для выбора архитектуры прототипа. Каждый из компонентов, поддерживающих ИТЭП, обладает свойствами трех типов – статические, конфигурируемые, неизвестные. К статическим относятся такие неизменные свойства компонентов, которые зависят от внутренней реализации компонента и не могут быть изменены без изменения реализации компонента. Значения конфигурируемых свойств могут быть заданы на этапе настройки прототипа перед его выполнением и сохраняют свои значения в процессе выполнения и исследования прототипа. Неизвестные свойства – это те характеристики ИУС, которые должны быть найдены в процессе прототипирования, в том числе включающие искомые атрибуты качества исследуемой ИУС. Архитектура A , выбирается подмножества MSTA множества имеющихся в репозитории шаблон-

ных архитектур МТА, $MTA = \{(mta)_i\}, i = 1..|MTA|$. MSTA – множество архитектур, статические свойства компонентов которых удовлетворяют поставленным требованиям $MSTA \subset MTA / MSTA^*$, где $MSTA^*$ - исследованные и отброшенные на предыдущих итерациях архитектуры. Процесс выбора одной архитектуры из доступного подмножества осуществляется при помощи методов принятия решений.

Блок CONFIG предназначен для задания значений конфигурируемых свойств компонентов архитектуры, найденной на предыдущем шаге. Значения конфигурируемых свойств могут определяться как допустимой областью значений, указанной в спецификациях требований, так и значениями свойств по умолчанию. $\forall k_i \in AK_r : \forall (mcp)_j \in MCP_{K_i} : (cp)_{k_i j} \in CFS((mcp)_j)$, где AK_r - множество компонентов выбранной архитектуры, $CFS((mcp)_j)$ - процедура поиска значения $(cp)_j$ конфигурируемого свойства компонента $(mcp)_j$ по области допустимых значений TSP, $(cp)_j \in D_{(mcp)_j}$. Поскольку каждое свойство зачастую может иметь более одного допустимого значения, то для поиска окончательной конфигурации необходимо применение методов параметрического поиска.

После того, как прототип сконфигурирован, при помощи блока EXECUTE производится его установка в среду выполнения и запуск. Этот блок реализует ряд алгоритмов профилирования и сбора данных, необходимых для нахождения неизвестных свойств прототипа. Данные, собранные в процессе ряда запусков выполнения прототипа, имеют стохастический характер, поэтому их анализ и нахождение значений неизвестных свойств производится при помощи методов математической статистики.

Неизвестные свойства прототипа являются ключевыми в рассматриваемом итерационном процессе. Именно по значениям этих свойств определяется степень выполнения поставленных СТ и делается вывод о пригодности прототипа как основы для реализации ИУС. Если же прототип не удовлетворяет поставленным СТ, то происходит переход на один из предыдущих шагов и процесс прототипирования повторяется. Анализ и сравнение найденных характеристик производится в блоке ANALYSE. Решение принимается на основе критериев с использованием механизмов нечеткой логики. Ниже на рисунке 4 представлена общая блочная модель технологии.



В качестве примера рассмотрим упрощенную модель процессов, происходящих в блоках EXECUTE и ANALYSE. Положим $U = \{u_i\}$ - множество неизвестных свойств, которые могут быть найдены в процессе исследования прототипа, что поддерживается как реализацией компонентов, так и настройками среды выполнения. $P = \{p_k\}$ – подмножество свойств выбранных для исследования в рамках определенной сессии прототипирования ($P \subset U$). В процессе выполнения прототипа накапливаются точечные значения v_i^k для каждого параметра k : $\forall p_k \in P : \exists V^k = \{v_i^k\}$. Точечные значения для всех профилируемых параметров могут быть заданы матрицей V :

$$V = \begin{bmatrix} v_1^1 & v_2^1 & \dots \\ v_1^2 & v_2^2 & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

Для анализа данных и нахождения неизвестных свойств имеется множество методов анализа $M = \{m_i\}$. Матрица $MP = \{mp_k^i\}$ определяет, какие методы анализа могут применены к каждому из неизвестных параметров, что зависит от природы свойства, вида собранных данных, реализации самого метода. mp_k^i будет иметь значение 1 если метод k применим

для параметра i и 0 в противном случае. После вычислений мы получим результирующую матрицу $R = \{r_k^i\}$, где r_k^i - результат вычислений для свойства i с применением метода k : $r_k^i = F(V^k, mp_k^i, m_i)$.

Выводы. В результате проведенных исследований показаны методологические основы необходимости и целесообразности применения ИТЭП в общей схеме МТАП сложных ИУС, создаваемых с использованием КПР. Представлены также разработанные модели, позволяющие формализовать все основные этапы ИТЭП. Научная новизна данного подхода заключается в применении современных методов прототипирования к области исследования атрибутов качества ПО. Практическая значимость результатов состоит в повышении эффективности процессов создания ИУС путем сокращения затрат ресурсов и повышения качества получаемых проектных решений. Перспективой дальнейших исследований в этом направлении является совершенствование полученных моделей и разработка методики многокритериального сравнения эффективности различных способов обеспечения атрибутов качества КПР.

Список литературы: 1. Амблер С. Гибкие технологии: экстремальное программирование и унифицированный процесс разработки. – СПб.: Питер, 2005. – 412 с. 2. Архитектуры, модели и технологии программного обеспечения информационно-управляющих систем / Н.В. Ткачук, В.А. Шеховцов, Д.В. Кукленко, В.Е. Сокол / Под ред. М.Д. Годлевского. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2005.- 546 с. 3. Ткачук Н.В., Годлевский М.Д. Адаптивная технология разработки и реинжиниринга сложных ИУС в среде многомерного информационного метапространства // Труды 7-й международной научно-практической конференции «Современные информационные и электронные технологии», 22-26 мая 2006 г., г. Одесса. - Т.1 - С. 13. 4. Ткачук Н.В., Земляной А.А., Гамзаев Р.А. Технология эволюционного прототипирования компонентных программных решений для информационно-управляющих систем. // Тезисы докладов IX международной научно-технической конференции «Системный анализ и информационные технологии», НТУУ «КПИ», Киев, 15-19 мая 2007 г. - с. 206. 5. Luigi, R., Steigerwald, G., Hughes, V., Berzin A. CAPS as a Requirements Engineering Tool.. Proc. Conference on TRI-Ada, San Jose, CA, 75-83, 1991. 6. Herranz, A, Moreno-Navarro, J. Rapid Prototyping and Incremental Evolution Using SLAM, Proc. 14th IEEE International Workshop on Rapid Systems Prototyping, San Diego, 201-209, 2003. 7. Axure Software Solutions, <http://www.axure.com/products.aspx>. 8. iRise Company, <http://www.irise.com/>. 9. Ткачук Н.В., Гамзаев Р.А. Нечеткий подход к решению задачи анализа системных требований в процессах разработки и сопровождения информационных систем // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – Харьков: ХНУРЭ. – 2006. - Вып. 134. - С. 64- 70. 10. Ткачук Н.В., Горелый А.В., Земляной А.А. Комплекс имитационных моделей для исследования компонентных программных решений в ИУС АСУ ТП // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". - Харків: НТУ "ХПІ". – 2004. - № 18, – С.145-152.

Поступила в редакколлегию 24.02.08

УДК 004.4'22

В.В. ЛАНИН, Пермский государственный университет,
г. Пермь, Россия

Л.Н. ЛЯДОВА, канд. физ.-мат. наук, АНО науки и образования
“Институт компьютинга”, г. Пермь, Россия

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ CASE-СРЕДСТВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АДАПТИРУЕМЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Представлено підхід до створення інтелектуальних інформаційних систем, що є основою CASE-технології METAS, призначеної для підтримки життєвого циклу динамічно адаптуємих розподілених інформаційних систем. Системи, створені за допомогою CASE-засобів METAS, функціонують у режимі інтерпретації. Вони базуються на багаторівневих метаданих, які описують предметну область системи. можливості адаптації реалізуються через засоби реструктуризації даних, настроювання користувальницького інтерфейсу, генерації запитів і звітів, динамічного підключення програмних компонентів сторонніх розроблювачів. Одна з найбільш важливих - підсистема керування документами, що забезпечує можливості інтелектуального пошуку, аналізу автоматичної класифікації й каталогізації документів, заснована на використанні онтології й агентного підходу.

Представлен подхід к созданию интеллектуальных информационных систем, являющийся основой CASE-технологии METAS, предназначенней для поддержания жизненного цикла динамически адаптируемых распределенных информационных систем. Системы, созданные с помощью CASE-средств METAS, функционируют в режиме интерпретации. Они базируются на многоуровневых метаданных, которые описывают предметную область системы. Возможности адаптации реализуются через средства реструктуризации данных, настройки пользовательского интерфейса, генерации запросов и отчетов, динамического подключения программных компонентов сторонних разработчиков. Одна из наиболее важных – подсистема управления документами, обеспечивающая возможности интеллектуального поиска, анализа автоматической классификации и каталогизации документов, основанная на использовании онтологий и агентного подхода.

An approach to development of intelligent information systems is presented. This approach is the base of CASE-technology METAS intended for support of adaptable distributed information systems life cycle. Information systems created with METAS CASE-tools operates in interpretation mode. It's based on multilayer metadata which describes universe of discourse for the information system. The adaptation capabilities are realized by means of data restructuring tools, interface generation and tuning, query builder and reports generation, dynamic linking of program components developed by exterior application designer. Document management subsystem is one of the most important. It includes tools of storing documents in database, business intelligent means, automatic classification and intelligent search of electronic documents. This subsystem is based on ontologies and multi-agents architecture.

Введение. Адаптируемость является важнейшим свойством современных информационных систем (ИС), которое проявляется как нефункциональ-

ные требования для различных классов информационных систем, систем e-learning и электронной коммерции и т.п.

Все программные системы функционируют в определенном окружении, поэтому адаптируемые системы должны настраиваться на изменения среды, чтобы обеспечить развитие и повысить «живучесть». Понятие адаптируемости рассматривается очень широко, в него включаются такие взаимосвязанные требования, как гибкость, расширяемость, способность к развитию, интероперабельность систем и переиспользование компонентов и т.п. Это делает адаптируемость систем не только интересным, но и критичным свойством в практике разработки новых систем и сопровождения существующих. Адаптируемость обеспечивает более простое и эффективное сопровождение и разработку программного обеспечения. Настройка программных систем является неизбежным процессом, обеспечивающим соответствие меняющимся потребностям пользователей, условиям эксплуатации.

Таким образом, существует необходимость в создании технологии, обеспечивающей соответствие требованиям адаптируемости. Первым шагом в создании программного решения является разработка архитектуры системы, которая позволяла бы адаптировать к меняющимся условиям как используемые для разработки инструментальные средства, так и создавать с их помощью адаптируемые информационные системы. Далее технология создания информационных систем должна поддерживать изменения модели предметной области ИС в соответствии с новыми требованиями, появляющимися в процессе ее эксплуатации. Одной из важнейших сторон создания адаптируемых систем является обеспечение пользователей средствами управления интерфейсом, его настройкой.

В данной статье описывается технология, которая обеспечивает разработчиков и пользователей средствами для эффективной настройки информационных систем, созданных на базе этой технологии.

1. Технология создания адаптивных систем. Средства, используемые для создания крупных распределенных информационных систем, состоящих из отдельных территориально распределенных подсистем, должны удовлетворять требованиям, обеспечивающим возможности их настройки на различные условия эксплуатации и потребности пользователей как в процессе установки, так и динамически, в ходе функционирования ИС.

Если информационная система создается для установки в организациях, являющихся бизнес-партнерами, но обладающих различными техническими возможностями, занимающихся различными видами деятельности и т.п., то процесс ее разработки и сопровождения значительно ус-

ложняется. Реализация перечисленных выше требований обеспечивает эффективность вложений в создание и сопровождение системы, повышает ее живучесть.

Максимальная адаптируемость ИС может быть достигнута, если как при разработке системы, так и в ходе ее эксплуатации применяются *метамодели* и *метаданные*, описывающие особенности предметной области, для которой создается система, условия ее работы.

CASE-технология METAS (METAData System), разработанная АНО «Институт компьютеринга», – это основа для создания систем, управляемых метаданными. Ключевым моментом технологии является использование *взаимосвязанных многоуровневых метаданных*, описывающих информационную систему, созданную для определенной предметной области, с различных точек зрения и на разных уровнях детализации.

Основное отличие данной CASE-технологии от многих существующих, генерирующих код приложений на каком-либо языке программирования по некоторым спецификациям (метаданным), описывающим предметную область, состоит в том, что данная система использует это описание *во время своей работы*, выполняя функции отображения данных, их поиска и обработки по определенным этими метаданными правилам, *интерпретируя* их [1].

Применение метаданных в режиме интерпретации дает возможность *гибкой динамической настройки приложения*, его функциональности, реструктуризации информационных объектов, описанных метаданными.

Кроме того, при таком подходе к разработке ИС проект обладает высокой степенью «обратной связи», так как разработчик, меняя метаданные, сразу видит соответствующие изменения в ИС, реализуемой на основе данной технологии (в ее информационных объектах и связях между ними, интерфейсе пользователя и т.п.). Разработчик фактически работает с той же системой, что и пользователь, но он имеет права на использование специального CASE-инструментария системы, как при создании ИС, так и в ходе ее эксплуатации.

Это создает хорошие предпосылки для создания «интеллектуальной» системы, которая может настраиваться на потребности пользователя и меняющиеся условия эксплуатации *в ходе работы с ней пользователей*.

Метаданные – это *формализованное описание* ИС, используемое для настройки приложения на условия его эксплуатации в процессе его разработки, а затем – загрузки и выполнения. Метаданные описывают объекты предметной области ИС и их поведение; визуальный интерфейс пользователя ИС; бизнес-операции и бизнес-процессы предметной области; первичные и сводные документы и отчеты и т.п. Метаданные представляют

модели (рис. 1), каждая из которых описывает определенную часть, «срез» ИС (некоторые модели могут описывать одни и те же части ИС, но с различных точек зрения).

Модели разделены на *слои*, образующие иерархию. Их описание хранится в базе метаданных (БМД) системы. Основные модели METAS:

- *Физическая модель* (Physical Model) – представлена метаданными, описывающими представление объектов ИС (описание таблиц, в которых хранятся данные об объектах, связей между ними и пр.) в базе данных (БД).
- *Логическая модель* (Logical Model) – описание сущностей предметной области, для которой создается ИС, их поведения (через операции), а также общие операции ИС. Данная модель основывается на нотациях языка UML.
- *Презентационная модель* (Presentation Model) описывает визуальный интерфейс пользователя при работе с объектами ИС.
- *Модель репортинга* (Reporting Model) – представлена с помощью метаданных, описывающих запросы, шаблоны документов и отчеты, формируемые в ходе выполнения бизнес-операций и бизнес-процессов, используемые для визуализации и анализа данных ИС.
- *Модель бизнес-процессов* (Workflow Model) – описание бизнес-операций и бизнес-процессов, поддерживаемых ИС. Бизнес-процессы включают бизнес-операции и стандартные блоки управления, объединяющие их. С бизнес-процессами связываются потоки данных, документов, которые формируются и обрабатываются при выполнении бизнес-процессов.

Модели могут изменяться и расширяться при создании новых компонентов ИС (например, Web-компонентов), или изменении существующих.

Web-модель обеспечивает доступ к ресурсам ИС для удаленных пользователей через Web-интерфейс.

Отдельная модель используется для обеспечения функционирования средств защиты ИС. *Модель защиты* (Security Model) представляет пользователей системы и их права на доступ к БД, выполнение операций над объектами ИС или на доступ к моделям метаданных.

Программные компоненты ИС работают с моделями соответствующего уровня (или нескольких взаимосвязанных уровней). Метаданные позволяют представить свойства, взаимосвязь и взаимодействие компонентов системы.

Компоненты интеграции – это NET-компоненты, которые подключаются к системе и получают доступ к моделям (метаданным). Они могут подписываться на различные события и расширять функциональность

через добавление нестандартных действий. Кроме общих компонентов интеграции используются также пользовательские *бизнес-операции*, *триггеры* и *ограничения*, позволяющие добавлять в приложения нестандартную, специфичную для конкретной ИС логику.

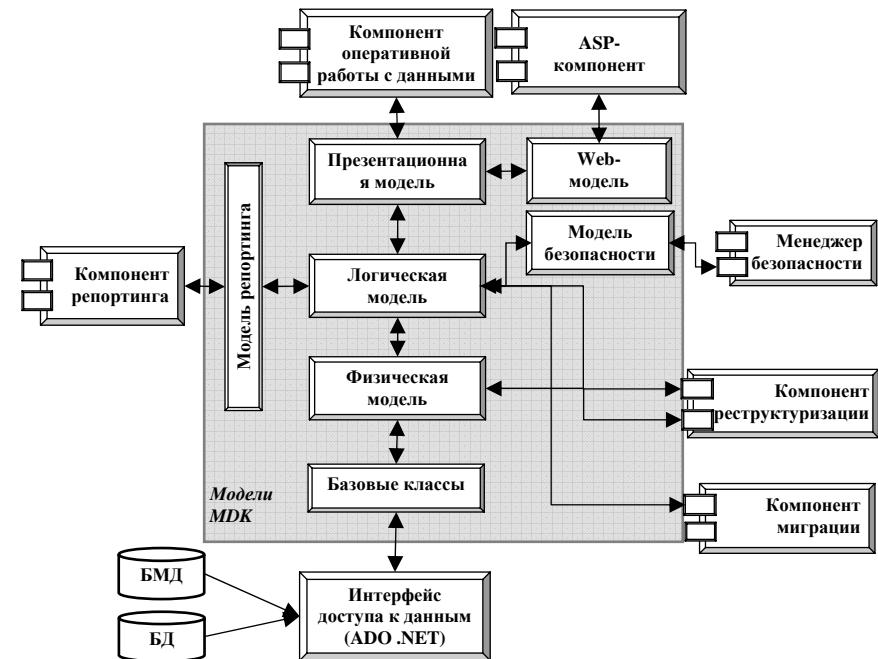


Рис. 1. Модели метаданных и программные компоненты METAS

Система реализована на платформе DOT NET Framework. Для работы с СУБД используется технология ADO.NET. Клиент-серверное взаимодействие основано на технологии DOT NET Remoting.

Использование CASE-технологии METAS позволяет создать ИС, архитектура которой представляет собой клиент-серверное приложение, разбитое на *домены*. Развитие на домены ориентирована на реализацию распределенных ИС, включающих автономно функционирующие, не имеющие оперативной связи подсистемы с архитектурой клиент-сервер. Интеграция доменов осуществляется на основе технологии *BizTalk* (сервер BizTalk является отдельным приложением). Для связи BizTalk-серверов может использоваться любой транспортный протокол, поддерживаемый

конкретным сервером BizTalk (обычно список протоколов достаточно широк).

2. Система управления документами и динамическая настройка информационных систем. Подсистема управления документами CASE-системы METAS включает средства репортинга [2], поиска, анализа и классификации и каталогизации документов [3].

Одной из проблем, препятствующих полномасштабному переходу к электронным документам, является отсутствие в современных системах управления документами средств, позволяющих работать с электронными документами с учетом семантики их содержания. На сегодняшний день фактически все преимущества электронных документов вытекают только из формы их представления (удобство хранения, поиска по ключевым словам, копирования, передачи и т.п.). С других точек зрения (возможность автоматизации обработки, классификации, каталогизации, анализа и пр.) большинство электронных документов практически аналогичны по возможности их использования традиционным «бумажным» документам, то есть содержание документа может быть воспринято и обработано только человеком («документ для человека»).

Большинство документов ориентировано на восприятие человеком, так как в них отсутствует дополнительная информация об их структуре и содержании, которая может помочь в автоматическом извлечении информации компьютером. Из сказанного выше следует, что извлечение информации из слабоструктурированных документов на сегодняшний день является чрезвычайно актуальной и, в то же время, сложной задачей. Таким образом, необходимы дополнительные средства описания семантики информации, содержащейся в документах.

Современный электронный документ кроме собственно данных требует наличия метаданных, описывающих структуру документов и семантику содержащихся в них данных. За счет такого подхода эффективность работы с электронными документами может быть резко повышена, т.к. станет возможным *автоматический анализ информации, содержащейся в документе* («документ для человека и для системы»).

Одним из возможных решений указанных выше проблем может служить комплексный подход, основанный на методах искусственного интеллекта и различных парадигмах представления знаний [3, 4].

Актуальность разработки интеллектуальных систем, решающих задачи управления документами на основе комплексного подхода, интегрированных в информационные системы, автоматизирующие деятельность сотрудников предприятий, организаций (бизнес-систем) при выполнении

ими типовых операций (бизнес-операций) и аналитической обработке данных, вызвана следующими факторами:

- Получение *результатов обработки данных*, хранящихся в базе данных (БД), хранилище данных – одна из основных информационных потребностей пользователя любой информационной системы. Следовательно, нужны средства *формирования запросов* для получения необходимой пользователю информации из базы данных или хранилища. По возможности *запросы должны формироваться в терминах предметной области*, в которой работает пользователь.
- Результаты, получаемые на основе данных, должны быть определенным образом *представлены* – выведены в форме документов различных форматов в зависимости от потребностей пользователей. Следовательно, нужны *средства подготовки и генерации отчетов*, по возможности, не требующие навыков программирования, доступные пользователям, умеющим работать в среде современных офисных продуктов.
- Пользователи ИС имеют дело с множеством документов, как создаваемых в самой системе описанными выше средствами, так и получаемых в различных форматах из внешних источников. Отсюда следует необходимость решения задачи их *унифицированного хранения, классификации и каталогизации в базе данных ИС*, позволяющей выполнять эффективный поиск документов пользователями, а также их последующую обработку, анализ.
- Деятельность любой бизнес-системы строится на основе нормативных документов. Поддержка бизнес-операций средствами информационной системы требует *отражения в модели данных информационной системы норм, закрепленных в нормативно-справочных данных, распорядительных документах*, в виде ограничений, налагаемых на данные (атрибуты, свойства объектов предметной области, информация о которых хранится в БД, а также связи между ними) и операции, выполняемые над ними. Эти ограничения вносятся в модель данных ее разработчиками, которые должны при создании модели выполнить анализ предметной области (а это, прежде всего, – *анализ документов*, регламентирующих деятельность бизнес-системы) и построить в результате этого анализа модель предметной области или обновить ее в соответствии с новыми требованиями, условиями деятельности системы, которые меняются в результате изменений нормативной базы. Если поставить задачу динамической настройки информационной системы на меняющиеся условия, то основа реализации средств ее динамической адаптации – средства

реструктуризации данных в БД ИС. А эти средства позволяют вносить изменения в модель данных на основе результатов анализа предметной области, нормативно-справочных и распорядительных документов, регламентирующих деятельность в этой области. Отсюда следует необходимость поддержки в динамически адаптируемых системах одного из самых сложных и трудоемких этапов разработки ИС – этапа анализа.

Поддержка возможности динамической адаптации может быть основана на средствах анализа документов (в частности, нормативно-справочных) [4]. В результате анализа должна быть построена система взаимосвязанных документов:

- относящихся к определенным направлениям деятельности бизнес-системы (к определенным понятиям, объектам предметной области);
- отражающих связи между этими понятиями (с каждым понятием может быть связан документ или совокупность документов, связи между документами отражают связи между понятиями);
- содержащих нормативную информацию, которая также может быть выделена на основе анализа содержания документов.

На основе построенной системы взаимосвязанных документов можно частично автоматизировать процесс анализа изменений предметной области и внесения изменений в модель предметной области ИС (т.е. реализовать поддержку процесса разработки и адаптации ИС).

Таким образом, система управления документами становится не только «надстройкой» над ИС и ее БД, позволяющей получать результаты обработки данных, хранящихся в БД ИС, в удобной для пользователей форме, но и основой средств разработки ИС – средств создания и изменения моделей ИС.

Первые две задачи решаются *средствами репортинга*, которые включаются в большинство ИС, но, в основном, их реализация такова, что для создания новых отчетов и запросов необходимо вмешательство программиста. Особенностью предлагаемого подхода является обеспечение интерфейса пользователя, облегчающего пользователям-непрограммистам подготовку отчетов, в том числе достаточно сложных [2].

Задача *поиска документов* в существующих информационно-поисковых системах решается в основном на основе концепции ключевых слов, т.е. без учета семантики.

В соответствии с предлагаемым подходом для описания семантики данных документа и его структуры используется *онтология* [3, 4]. В качестве подхода к решению описанной выше задачи был выбран онтологиче-

ский подход, в котором онтология описывает как структуру, так и содержание документа. Учитывая специфику решаемых в данной работе задач, будем считать, что онтология – это спецификация некоторой предметной области, которая включает в себя словарь терминов (понятий) предметной области и множество связей между ними, которые описывают, как эти термины соотносятся между собой в конкретной предметной области.

Для построения иерархии понятий онтологии используются следующие базовые типы отношений: «класс–подкласс», «часть–целое», «экземпляр–класс», «причина–следствие». Следует учесть, что данные типы отношений являются базовыми и не зависят от онтологии, но необходимо предоставить пользователю возможность добавления новых отношений, которые бы учитывали специфику описываемой предметной области. Кроме отношений любая онтология включает в себя два типа вершин. К первому типу отнесем вершины, описывающие структуру документа. Например: таблица, дата, должность и т.д. – они представляют собой общие понятия, не зависящие от конкретной предметной области. Другим типом будут являться вершины, содержащие понятия документа.

Фактически в данном контексте онтология – это *иерархическая понятийная основа рассматриваемой предметной области*. Онтология документа используется для анализа документа, благодаря ей из документа можно получить требуемые данные: известно, где искать данные и как они могут быть интерпретированы. Если представлять документ с использованием онтологий, то задача сопоставления онтологии и имеющегося документа сводится к задаче поиска понятий онтологии в документе. Как следствие, системе необходимо ответить на вопрос: описывает ли данная онтология документ или нет. На последний вопрос можно ответить утвердительно, если в процессе сопоставления в документе были найдены все понятия, включенные в онтологию.

Прежде, чем производить поиск вершин, содержащих понятия документа, необходимо провести поиск вершин, описывающих структуру документа. Таким образом, исходная задача сводится к задаче поиска в тексте документа общих понятий на основе формальных описаний.

Для решения проблемы выделения общих понятий на основе формальных описаний предлагается агентный подход [4]. Базу знаний агента для поиска общих понятий онтологии удобно представлять также в виде онтологии. Для предоставления пользователю возможности добавления новых шаблонов необходимо выделить базовые понятия для формирования общих.

Список литературы: 1. Lyadova L. The Multilevel Metadata as the Basis of Technology for Creation of Information Systems // Information Technologies and Telecommunications in Science and Education (IT&T ES'2005). Materials of the International Scientific Conference / Turkey, 2005. Moscow: VIZCOM, 2005. Pp. 83-86. 2. Ланин В. Архитектура и реализация средств отчетности в динамически настраиваемых информационных системах // Proceedings of the Fifth International Conference "Information Research and Applications" i.TECH 2007. V. 2. Varna, 2007. Pp. 348-356. 3. Lanin V., Lyadova L. Intelligent Search and Automatic Documents Classification and Cataloging Based on Ontology Approach // International Journal "Information Theories & Applications". V. 14/2007, Number 1. Pp. 25-29. 4. Ланин В. Интеллектуальное управление документами как основа технологий создания адаптируемых информационных систем // Сборник трудов международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'07) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2007). Научное издание в 4-х томах. Т. 2. М.: Физматлит, 2007. С. 350-357.

Поступила в редакцию 18.02.08

УДК 512.086

Г.МАЙШМАЗ, НТУ «ХПІ»

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Розробка програмного забезпечення завжди пов'язана з прийняттям важливих керівницьких та інженерних рішень. Від цих рішень суттєво залежить якість програмного продукту та риски, пов'язані з його розробкою. Пропонується автоматизувати процес прийняття рішень в процесі розробки програмного забезпечення з використанням формальних методів, що дозволить приймати рішення на основі об'єктивного аналізу фактів, чітко обґрунтовувати зроблені висновки і оцінювати наслідки прийнятих рішень, їх цим зводити до мінімуму ризики, пов'язані з розробкою програмного продукту.

Software development always relates to important management and engineering decisions. The quality of software and risks related to its development considerably depend on these decisions. It's proposed to automate the process of decision making during software development process using formal methods of decision making. This will allow to make decisions basing on objective analysis of facts, clear ground made conclusions and estimate consequences of the decisions, and minimize hereby risks related to development of software.

1. Введение. На данный момент существует множество программных продуктов, применяемых для поддержки и сопровождения различных этапов создания ПО: анализа системных требований, моделирования системы, ее отладки и тестирования. Данные программы являются CASE (Computer-Aided Software Engineering) средствами.

Все современные методы создания ПО используют соответствующие CASE-средства: редакторы нотаций, применяемые для описания моделей,

модули анализа, проверяющие соответствие модели правилам метода, и генераторы отчетов, помогающие при создании документации на разрабатываемое ПО. Кроме того, CASE-средства могут включать генератор кода, который автоматически генерирует исходный код программ на основе модели системы, а так же руководство пользователя. [1]

Сравнительная характеристика и возможности современных CASE-средств представлена в источнике [2].

Процесс разработки должен быть построен таким образом, чтобы обеспечить возможность измерения качества продукта. В практике программирования наиболее часто в роли метрики качества продукта выступает остаточная плотность ошибок, то есть плотность ошибок на тысячу строк кода или на одну функциональную точку. Однако если под качеством понимать степень удовлетворения требований, то мы должны изменять выполнение требований в конечном продукте.

В полной мере управлять качеством можно, если оно измеряется на всех этапах жизненного цикла. Качество к промежуточному продукту может быть установлено на основе отраслевых стандартов, в данном случае стандартов программирования (например, ISO или IEEE). [3]

CASE-средства позволяют автоматизировать многие рутинные операции на различных этапах разработки программного обеспечения, однако они слабо ориентированы на поддержку процесса принятия решений. Однако разработка ПО на разных этапах требует принятия сложных управленических и инженерных решений. Это особенно важно для ранних стадий разработки ПО, т.к. ошибки на этом этапе связаны с серьезными рисками и могут привести к значительному увеличению затрат на разработку, или даже к краху проекта.

Эффективность выбора таких решений можно повысить за счет использования формальных методов — объективный анализ фактов, обоснование сделанных выводов и оценка последствий различных действий позволяют свести к минимуму риски, связанные с разработкой программного продукта. [4]

Управляющие проектами принимают множество решений в процессе разработки системы, которые влияют на итог проекта. Успешность проекта часто зависит от верности и точности этих решений. Исследования показывают, что управленические факторы проекта обычно более критичны, чем поведенческие факторы, для успеха проекта. Принятие решений в процессе разработки особенно сложно в условиях не полной информации при наличии ресурсных и временных ограничений. Исследования показывают, что большинство сложностей возникают на ранних стадиях разработки.[5]

Выбор метода разработки ПО - одна из сложных задач принятия управленческого решения в условиях неопределенности. Человеческий разум в некоторых случаях хорошо, а в некоторых плохо справляется поставленными задачами. Исследователи определили некоторые ментальные процессы, которые могут определенно влиять принятие решений. [6]

Существуют методики принятия решений при разработке ПО, основанные на анализе рисков. К ним относится методика, основанная на модели обнаружения и предотвращения дефектов. Данная модель предназначена для анализа решений на ранних стадиях жизненного цикла, которые охватывают создание плана, который удовлетворяет ограничениям по ресурсам, расписанию и обеспечивают достижение целей проекта.[7]

Безусловно, не каждая проблема требует проведения структурированного анализа — обычно использование формальных методик бывает обосновано, если затраты на процесс принятия решения меньше стоимости последствий принятия неправильного решения, т.е с высокими проектными рисками. [4]

2. Выбор критериев. Решение можно абстрагировать как выбор из альтернатив, что требует сравнения. С этой точки зрения, главными элементами в процессе принятия решений являются альтернативы (как минимум две) и критерии выбора. Другими словами, мы принимаем решение, сравнивая альтернативы на основе соответствия их определенным критериям и выбора альтернативы, которая лучше всего соответствует нашим предпочтениям. [8]

Задача выбора критериев является одной из самых важных и в то же время сложных, так как, с одной стороны, необходимо произвести всесторонний анализ проблемы, а с другой — сфокусироваться на наиболее значимых аспектах, не распыляясь на второстепенные характеристики. Критерии для анализа могут быть как количественными (например, стоимостные оценки или показатели производительности системы), так и качественными, отражающими субъективные оценки (например, оценки по сложности разработки). Выбор критериев обычно основан на глубоком анализе функциональных и бизнес-требований к продукту, целей проекта, сценариев развертывания и эксплуатации системы, технических ограничений и рисков. [4]

Выбор критериев детально рассмотрен в источнике [9].

3. Выбор методики принятия решения. Выбор методики принятия решения зависит от многих факторов, среди которых можно выделить следующие:

- признание методики заинтересованными сторонами, вовлеченными в принятие, одобрение и реализацию решения;
- наличие экспертизы в предметной области, знание методик принятия решений;
- стоимость применения методики;
- временные ограничения.

Подготовка нескольких альтернатив на ранних стадиях процесса позволяет повысить вероятность принятия адекватного решения с четким пониманием всех возможных последствий и рисков. [4]

При анализе альтернативных решений используется ранее выбранная методика. Важно отметить, что зачастую для выбора окончательного решения может понадобиться несколько итераций. При этом, на каждой итерации можно уточнять и изменять ранее выбранные аналитические параметры (например, критерии и их веса).

4. Формальные методики принятия решений. Формальные методы будут особенно полезны при разработке архитектурных и проектировочных решений.

Результат анализа покажет, насколько каждый из выбранных критериев реализован в каждой из рассмотренных альтернатив.

Возможны ситуации, при которых результаты «взвешивания» нескольких решений могут оказаться очень близкими. В данном случае необходимо провести дополнительный анализ, с привлечением экспертов и представителей заинтересованных сторон, выявляя и добавляя новые критерии выбора.

Принимая решение необходимо учитывать как краткосрочные, так и долгосрочные перспективы выбора конкретной альтернативы.

Существует множество формальных методик принятия решения, среди которых в первую очередь можно выделить анализ рынка, аддитивную методику с использованием весов, дерево решений.

Анализ рынка представляет собой метод оценки альтернатив на основе использования равнозначных критериев, при этом все критерии делятся на «обязательные» (да/нет) и «желательные». Если альтернативное предложение не выполняет требования хотя бы одного из «обязательных» критериев, эта альтернатива автоматически убирается из рассмотрения. Оставшиеся варианты оцениваются по «желательным» критериям, и предложение, набравшее наибольшее количество баллов, «побеждает». Плюсом этой методики является ее простота, однако без определения важности критериев выбора может сложиться ситуация, когда решение будет принято на основании второстепенных критериев.

Аддитивная методика с использованием весов подразумевает добавление весовых коэффициентов выбранным критериям. Наряду с анализом рынка, аддитивная методика относится к многокритериальным методам принятия решений. Она включает в себя следующие шаги: выбор критериев оценки, выбор оцениваемых альтернатив (W_j), ранжирование относительной важности каждого критерия (весовой коэффициент), оценка критерия для альтернатив (X_{ij}), подсчет аддитивности $D_i = \sum W_j * X_{ij}$.

Принцип аддитивности означает, что оптимальное решение получается при максимальной сумме нормированных критериев. Расстановка весовых коэффициентов обычно производится путем экспертной оценки.

Дерево решений — метод, помогающий выбрать одно из нескольких направлений действий. Методика состоит из следующих этапов.

- Создание дерева решений. Дерево решений представляет собой граф, в корне которого лежит поставленная проблема. Каждый узел дерева — это многовариантное решение, которое надо принять и которое определяет, в какой узел осуществляется дальнейший переход. Результатом является путь от начального узла к конечному, состоящий из последовательности решений.
- Оценка дерева решений. На этом этапе необходимо оценить каждый полученный результат по двум параметрам: приносимая выгода (в денежном или балловом эквиваленте) и вероятность реализации решения. Значение результата получается умножением выгоды результата на его вероятность. Дополнительно оценивается стоимость каждого узла решений.

Оптимальной является опция с наиболее выгодным результатом и с наименьшей стоимостью решения.

Плюсы этой методики заключаются в ее наглядности — при построении дерева решений получаем максимальное количество решений и результатов, каждый из которых анализируется и оценивается. Методика позволяет оценить возможные последствия решений или, другими словами, оценить риски, и дает возможность принять решение как на основе существующей информации, так и на основе сделанных предположений.

Используя данные методики можно автоматизировать процесс принятия решений, например, при выборе модели жизненного цикла разработки, выбор архитектуры разрабатываемого продукта и др.

Выбор технического решения реализуемой системы является ключевым аспектом разработки. Требования к продукту преобразуются в архитектуру и дизайн системы. От того, насколько удачным будет выбор технического решения, во многом зависит успех всего проекта, поэтому представляется целесообразным проводить более детальную проработку

возможных альтернатив. В зависимости от сложности системы возможно проведение структурированного анализа как для всей системы в целом (например, выбор архитектуры), так и для отдельных наиболее важных компонентов. Критерии, используемые для выбора технического решения, обычно основаны на оценках стоимости разработки, специфических характеристик системы, ее технических ограничений, на возможностях дальнейшего развития, расширения и масштабирования продукта, рисках, сопряженных с разработкой и внедрением продукта. Критерии выбора формируются также на основании опыта технических специалистов проекта, их понимания предметной области и перспектив развития технологий и продуктов. [4]

5 Выводы и перспективы дальнейшей работы. Таким образом, можно сделать вывод, что на данный момент, особенно актуальной является проблема разработки системы поддержки принятия решений при автоматизированной разработке программного обеспечения, т.к. от объективности и ясности решений, принимаемых на различных этапах разработки ПО, существенно зависят стоимость конечного программного продукта и риски связанные с его разработкой. Особенно важным в данном случае является выбор методики принятия решения. Планируется разработать систему поддержки принятия решений, которая позволит автоматизировать процесс принятия решений для некоторого множества типовых управлений и инженерных задач при разработке ПО.

Список литературы: 1. И.Соммервилл Инженерия программного обеспечения. М.: Издательский дом «Вильямс» 2002 2. J.Rech, E.Ras, B.Decker Intelligent Assistance in German Software Development:A Survey <http://paper.joerg-rech.com>, accessed on 01.03.2008 3. В.Вайнштейн Управление качеством в процессах разработки программного обеспечения, "Компьютерра" №4, 2003 4. А.Бабкин, Е.Беляева Методики принятия решений при разработке ПО «Открытые системы» №07, 2007 5. R.L.Purvis, G.E.McCray, T.L.Roberts Heuristics and Biases in Information Systems Project Management, Engineering Management Journal Vol. 16 No. 2 June 2004 pp.19-21 6. P. Wendorff, D. Apshvalka Human Knowledge Management and Decision Making in Software Development Method Selection http://integrative-para-digm.org/papers/Vm2005_259_I.pdf, accessed on 01.03.2008. 7. J.D.Kiper, M.S.Feather A Risk-based Approach to Strategic Decision-Making for Software Development, Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Sciences – 2005 8. K. Papamichael, V. Pal, N. Bourassa, J. Loffeld, An Expandable Software Model for Collaborative Decision Making During the Whole Building Life Cycle, Proceedings of the ACADIA 2000 Conference, 2000. 9. S.Sedigh-Ali, A.Ghafoor, R.A.Paul Metrics-Based Framework for Decision Making in COTS-Based Software. Systems Proceedings of the 7th IEEE International Symposium on High Assurance Systems Engineering (HASE'02), 2002.

Поступила в редакцию 28.02.08

С.М. ГРИША, д-р. техн. наук, НТУУ «КПІ», Київ

О.С. РОДІЧЕВА, НТУУ «КПІ», Київ

Д.І. ПРИЛІПКО, НТУУ «КПІ», Київ

ТЕХНОЛОГІЧНО ІНТЕЛЕКТУАЛІЗОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БІЗНЕСОМ (ІСУБ) НА ОСНОВІ АЛГЕБРИ ПОКАЗНИКІВ

В статті розглядається оригінальна технологія побудови прикладного програмного забезпечення (ППЗ) систем управління бізнесом, яка дозволяє створювати та оперативно змінювати ППЗ без залучення програмістів та ІТ-технологів шляхом автоматичного синтезу та оптимізації коду ППЗ та структури бази даних (БД) за допомогою спеціальної технологічної бази знань (БЗ).

Article describes original technology of application software (software) construction of business management systems, which allows to create and operatively change software without involving programmers and IT-technologists by an automatic synthesis and code optimization and database (DB) structure optimization using the special technological knowledge base (KB).

1. Архітектура ІСУБ та проблема ефективності. При оцінці ефективності ІСУБ зараз покладаються на показники вартості та швидкості створення, розвитку, адаптації до зміни середовища. Ці показники залежать від вибору архітектури ІСУБ та концепції операцій при створенні, розвитку та адаптації.

Системна модель архітектури сучасних ІСУБ має вигляд сімки

$$\langle D_1, D_2, S_{1 \rightarrow 2}, T, Z_{d \rightarrow t}, Z_{t \rightarrow d}, Z_{t \rightarrow t} \rangle, \quad (1)$$

Де: D_1, D_2 – вхідні (первинні) та вихідні (похідні) документи системи, семантику яких задають користувачі чи експерти із змісту бізнесу та менеджменту;

$S_{1 \rightarrow 2}$ – семантичний опис бізнес-правил отримання похідних документів із первинних чи інших похідних, джерело якого аналогічне попередньому;

T – таблиці БД, які задаються інформаційними технологами шляхом відображення D, S на T виходячи з міркувань «фізики» обробки [1];

$Z_{d \rightarrow t}, Z_{t \rightarrow d}, Z_{t \rightarrow t}$ – запити на маніпуляції з даними в БД відповідно у випадку внесення користувачем змін у первинні документи, формування

похідних документів та формування матеріалізованих віртуальних подань [1].

Характерним недоліком моделі (1) є еклектичність елементів D_1, D_2 , які є продуктом суб'єктивних поглядів користувачів на зручність отримання інформації для управління бізнесом. Ця еклектичність полягає в тому, що документ – це довільна колекція певних економічних чи технічних показників[6], яка може змінюватись і не має суттєво впливу на філософію управління.

В наслідок цього пропонується модель (2), доведення права на існування та перспективності якої є однією з цілей статті.

$$\langle P_1, P_2, D_1 = A(P_1), D_2 = A(P_2), S_{P1 \rightarrow P2}, T, Z_{d \rightarrow t}, Z_{t \rightarrow d}, Z_{t \rightarrow t} \rangle \quad (2)$$

Модель (2) відрізняється тим, що користувач спочатку описує простір вхідних та похідних показників P_1, P_2 , документи задаються у формі виразів алгебри показників $D_1 = A(P_1), D_2 = A(P_2)$, семантика оброблення даних задається в термінах показників $S_{P1 \rightarrow P2}$ і це, як буде показано далі, дає можливість не тільки формалізувати діяльність інформаційних технологів, але й здійснити ефективне відображення бізнес-правил на технологічну підсистему, тобто структуру БД та прикладне програмне забезпечення. Це дає нам право говорити про інтелектуалізованість запропонованої технології.

2. Технологічна та функціональна інтелектуалізованість. Інтелектуалізованою (ІС) назовемо системи, побудовані на основі інженерії знань. Знання формалізуються у формі правил та фактів, а для обробки застосовуються абстрактні механізми висновків, що суттєво поліпшує гнучкість і внаслідок цього застосуваність, а з нею і економічну конкурентоздатність ІТ.

Сучасні ІС є переважно функціонально інтелектуалізованими, тобто вони мають справу із знаннями про функціонування об'єкту управління, в даному випадку, бізнес системи. Але успіху (розповсюдження та проникнення в практику) заважає, серед іншого, не дуже висока ефективність оброблення знань, недостатній рівень їх формалізації, дуже великий обсяг (більше сотень тисяч фактів) та високий темп реального часу оперативного контуру управління (секунди, хвилини, години).

Що стосується інформаційно-технологічної складової знань, то по-перше, вони мають значно менший обсяг, по-друге, більш високий рівень формалізації і, по-третє, ці знання можливо обробляти не в оперативному

контурі системи, а в стратегічному, для якого темп реального часу є значно повільнішим (дні, тижні, місяці).

3. Концептуальна модель операцій при створенні ІСУБ із застосуванням існуючих технологій. Ця модель має такий вигляд.

- 3.1. Користувачі описують $D_1, D_2, S_{1 \rightarrow 2}$ моделі (1);
- 3.2. Інформаційні технологи розробляють структуру БД (T);
- 3.3. Аналітики роблять постановки задач для програмістів спираючись на побудовану БД;
- 3.4. Програмісти розробляють ППЗ у формі компонентів на мовах програмування високого рівня або у формі скриптів для компонентів, що управлюються мета даними;
- 3.5. Аналітики здійснюють тестування семантики ППЗ і після виправлення помилок програмістами воно приймається за критерієм коректності;
- 3.6. ІТ тестиють ППЗ за критерієм швидкодії і при необхідності ставлять задачу програміста щодо внесення змін в ППЗ та БД, після чого попередні пункти повторюються до повного задоволення вимог або їх пом'якшення;
- 3.7. Система остаточно приймається і впроваджується, але при потребі її розвитку та адаптації до змін середовища все повторюється а якщо це не можливо зробити оперативно, то система на певний час функціонально деградує.

Недоліки такої схеми операцій є причиною великої вартості систем та їх адаптацій. Прогрес відбувається без зміни схеми, а виключно в сфері інструментальних засобів а також у можливостях стандартних ERP.

4. Концептуальна модель операцій при створенні технологічно інтелектуалізованих ІСУБ. Ця модель має такий вигляд.

- 4.1. Користувачі описують $P_1, P_2, S_{P1 \rightarrow P2}$ моделі (2);
- 4.2. Аналіз цілісності під моделі $P_1, P_2, S_{P1 \rightarrow P2}$ здійснюється автоматично і при необхідності аналітики пояснюють користувачам суть проблем;
- 4.3. Користувачі описують D_1, D_2 моделі (2);
- 4.4. Інформаційні технологи лише при необхідності уточнюють технологічну БЗ, структура якої буде розглянута далі;
- 4.5. Автоматично генерується БД та ППЗ;

4.6. Програмісти розробляють ППЗ у формі компонентів на мовах програмування високого рівня лише для обмеженої функціональності із врахуванням 4.4;

4.7. Аналітики здійснюють тестування семантики ППЗ виключної частини функціональності і після виправлення помилок програмістами воно приймається за критерієм коректності;

4.8. Відповідність ППЗ за критерієм швидкодії забезпечується оптимізаційними правилами технологічної БЗ;

4.9. Система остаточно приймається і впроваджується, і при потребі її розвитку та адаптації до змін середовища здійснюється часткове повторення описаних операцій.

Перевага такої схеми операцій полягає у зменшенні кількості потенційно похибко-небезпечних комунікацій між спеціалістами та в цілому зменшенні залежності від суб'єктивного фактору, яким виступають ІТ-спеціалісти. У порівнянні із застосуванням стандартних ERP суттєво збільшується рівень адаптованості ІТ до потреб конкретного бізнесу, крім того відомим є досить висока трудомісткість адаптації таких систем, як значні втрати часу на адаптацію, проте ці системи виконують роль акумулятора прогресивного управлінського досвіду.

5. Базові властивості алгебри показників. Показники варто використати в якості головного формалізму систем даного роду з таких причин:

- В термінах показників формулюється бачення економістів та бізнесменів про нормативний процес управління;
- Показники є узагальненням лінійної алгебри, а вона є конструктивним апаратом для планових розрахунків;
- Властивості алгебри показників базуються на властивостях реляційної алгебри, а вони глибоко опрацьовані в роботах Кодда [2].

Треба також брати до уваги, що документи (основні інформаційні інструменти управління бізнесом) представляють собою не що інше, як колекції показників у формі їх «природного сполучення» [1].

Таблиці БД, отримані в результаті нормалізації [1] також є природними сполученнями показників, а показники – це елементарні відношення, що знаходяться щонайменше в третій нормальний формі [1], тобто не підлягають нормалізації.

Треба також брати до уваги, що при описі ПО у формі показників процес побудови нормалізованої БД відбувається за синтетичним сценарієм [3], а не за декомпозиційним [1], а отже відпадає необхідність розв'язання багатьох комбінаторних задач [1].

На відміну від [3], вважати, що синтез реалізується не тільки за рахунок природного сполучення, але й об'єднання, як показано у наступних правилах (3,4).

$$x = \bigtriangleright \triangleleft_{i \in I} x_i \Rightarrow x_i = \pi_{sh(x_i)}(x), \quad (3)$$

$$x = \bigcup_{i \in I} x_i \Rightarrow x_i = \sigma_{f(x_i)}(x), \quad (4)$$

де $f(x_i)$ – обмеження цілісності для показника x_i .

6. Правила висновків для технологічних методаних. Роль правил у запропонованій теорії полягає у перекладі описаних показників на мову програмування та формування таблиць БД. Критеріями доцільності побудованої ІСУБ є:

- Відповідність оперативності масштабу реального часу;
- Мінімальний обсяг обчислювальної роботи системи в період пікового навантаження.

Беручи до уваги те, що гнучкість системи та відповідно витрати із супроводу є продуктом застосування інтелектуалізації, врахування зазначених критеріїв забезпечує мінімізацію вартості володіння ІТ.

Якщо не враховувати час реакції системи та обсяг роботи, тобто вважати що всі проблеми вирішуються за рахунок потужності сервера, що у великій кількості випадків цілком допустимо, то діють правила організації показників в таблиці (5,6) а правила отримання документів визначаються за допомогою (3,4).

$$\forall i(shr(x_i) = k) \Rightarrow \exists(T = \bigtriangleright \triangleleft_{i \in I} x_i), \quad (5)$$

$$\forall i(sh(x_i) = k) \Rightarrow \exists(T = \bigcup_{i \in I} x_i), \quad (6)$$

де $shr(x_i)$ – реляційна складова показника x_i (ключ),

$sh(x_i)$ - схема відношення x_i .

Якщо враховувати тільки критерій мінімізації обсягу роботи, тобто вважати що тільки проблеми оперативності вирішуються за рахунок потужності сервера, то діють складніші правила організації показників в таблиці (7,8), а документи визначаються за допомогою правил (3,4).

$$\begin{aligned} shr(x_i) = shr(x_j) \wedge \exists d(x_i = \pi_{sh(x_i)}(d) \wedge x_j = \pi_{sh(x_j)}(d)) \Rightarrow \\ \exists T(x_i = \pi_{sh(x_i)}(T) \wedge x_j = \pi_{sh(x_j)}(T)) \end{aligned} \quad (7)$$

Тобто, якщо існує документ, в якому показники з однаковими реляційними складовими з'єднані, то має існувати таблиця БД, в якій вони з'єднані, в іншому випадку обсяг обчислень системи зростає на величину необхідних з'єднань.

$$\begin{aligned} sh(x_i) = sh(x_j) \wedge \\ \exists d(x_i = \sigma_{f(x_i)}(\pi_{sh(x_i)}(d)) \wedge x_j = x_i = \sigma_{f(x_j)}(\pi_{sh(x_j)}(d))) \Rightarrow \\ \exists T(x_i = \sigma_{f(x_i)}(\pi_{sh(x_i)}(T)) \wedge x_j = x_i = \sigma_{f(x_j)}(\pi_{sh(x_j)}(T))) \end{aligned} \quad (8)$$

Тобто, якщо існує документ, в якому показники з однаковими схемами об'єднані, то має існувати таблиця БД, в якій вони об'єднані, в іншому випадку обсяг обчислень системи зростає на величину необхідних об'єднань.

Зрозуміло, що нас має цікавити мінімальна множина таблиць, які задовільняють умовам (7,8). Її можна отримати шляхом поглинання.

Нетривіальною є проблема спрощення алгебраїчних виразів в наслідок того, що правила еквівалентних перетворень алгебраїчних виразів, досліджені та описані в [1], орієнтовані виключно на проблемі зменшення реактивності запитів. При цьому задача спрощення виразів судячи з аналізу публікацій ще не ставилась.

Розглянемо технологію спрощення виразів на основі поглинання при природному сполученні, яка є дуже важливою у контексті теми, оскільки при прямому виконанні операцій з показниками, які є фактично проекціями таблиць БД довелось би виконувати багато зайвих операцій.

$$\begin{aligned} x_i &= \pi_S(\sigma_f(T)) \\ \pi_{S_1}(T_1) \triangleright \triangleleft \pi_{S_2}(T_2) &= \pi_{S_1 \cup S_2}(T_1 \triangleright \triangleleft T_2) \\ T_1 = T_2 &= T \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \pi_{S_1}(T) \triangleright \triangleleft \pi_{S_2}(T) &= \pi_{S_1 \cup S_2}(T \triangleright \triangleleft T) \\ T \triangleright \triangleleft T &= T \\ \pi_{S_1}(T) \triangleright \triangleleft \pi_{S_2}(T) &= \pi_{S_1 \cup S_2}(T) \end{aligned} \quad (10)$$

В результаті спрощення дві проекції та природне сполучення в лівій частині (9) замінено на одну проекцію в (10).

Аналогічні правила спрощення можливо побудувати для операції об'єднання \cup та селекції по ортогональним умовам .

$$\sigma_{f_1}(T_1) \cup \sigma_{f_2}(T_2) = \sigma_{f_1 \vee f_2}(T_1 \cup T_2)$$

$$T_1 = T_2 = T$$

$$\sigma_{f_1}(T_1) \cup \sigma_{f_2}(T_2) = \sigma_{f_1 \vee f_2}(T \cup T)$$

$$T \cup T = T$$

$$\sigma_{f_1}(T) \cup \sigma_{f_2}(T) = \sigma_{f_1 \vee f_2}(T)$$

7. Приклад опису показників, документів та побудови БД та ППЗ. Для прикладу візьмемо спрощений опис виробництва продукції. Нехай основними показниками виробництва є норма виробництва («норма»), та кількість виробленої продукції («вироблено»). Ці показники задаються на відношеннях атрибутів цех, тип продукції, період виробництва, які мають відповідні домени.

Із описаних атрибутів можна утворити два показники :

- «норма» («цех», «тип продукції», «період виробництва»)
- «вироблено» («цех», «тип продукції», «період виробництва»)

Нехай ці два показники є первинними показниками, тобто їх не можна вивести із інших, а треба вводити в систему, як відображення подій на об'єкті. Ці показники зручно вводити через документи «Нормативи виробництва» та «Виробництво продукції». Документи мають додаткову інформацію – дату документу, код та коментар. Також потрібен звіт, в якому відображається нормативи для виробленої продукції та співвідношення нормативного виробництва (ще один показник «продуктивність») до фактичного для оцінки продуктивності виробництва за певний період.

Відповідно до п.п. 4.1. описуємо модель (2). Для цього необхідно задати P_1, P_2 .

Вхідні показники:

$$P_1 = \{"норма", "виробництво"\} = \{x_1, x_2\}$$

$$sh(x_1) = \{"цех", "тип продукції", "період виробництва", "кількість", "одиниця виміру"\} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$$

$$sh(x_2) = \{"цех", "тип продукції", "період виробництва", "кількість", "одиниця виміру"\} = \{a_1, a_2, a_3, a_4', a_5\}$$

Тут «кількість» позначено літерою зі штрихом. Цим позначено те, що кількість така ж сама як і в показнику «норма», але використовується в ролі виробленої кількості, а не планової.

Вихідні показники:

$$P_2 = \{"продуктивність"\} = \{x_3\}$$

$$sh(x_3) = \{"цех", "тип продукції", "період виробництва", "кількість планова", "кількість факт.", "одиниця виміру", "виконання плану у відсотках"\} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_4', a_5, a_6\}$$

Задамо $S_{P1 \rightarrow P2}$:

$$a_6 = a_4 / a_4'$$

Далі відповідно до п.п. 4.2 система проведе аналіз цілісності опису показників. Після цього, відповідно до п.п. 4.3. користувач описує D_1, D_2 моделі. В алгебрі показників це буде виглядати наступним чином:

Вхідні (первинні) документи системи

$$D_1 = \{"Нормативи виробництва", "Виробництво продукції"\} = \{d_1, d_2\}$$

$$d_1 = x_1$$

$$d_2 = x_2$$

$$shr(x_1) = \{"цех", "тип продукції", "період виробництва"\} = \{a_1, a_2, a_3\}$$

$$shr(x_2) = \{"цех", "тип продукції", "період виробництва"\} = \{a_1, a_2, a_3\}$$

У всіх документів мають бути системні атрибути такі як код документу, дата та назва. Але так як вони у всіх документів присутні з розгляду в прикладі можна опустити, зазначивши те що вони мають бути в таблиці, де будуть зберігатись реквізити документу (iv).

Вихідні (похідні) документи системи

$$D_2 = \{"\text{Звіт"}\} = \{d_3\}$$

$$d_3 = x_1 \triangleright \triangleleft x_2 \triangleright \triangleleft x_3$$

$$sh(d_3) = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_4', a_5, a_6\} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_4', a_5, a_4/a_4'\}$$

$$shr(d_3) = \{a_1, a_2, a_3\}$$

Спочатку описуються інтуїтивно зрозумілі та необхідні показники. Після цього вони деталізуються, тобто отримуються нові показники. Далі описуються вхідні та вихідні документи.

Документи – це також показники. Різне позначення вхідних показників та документів необхідне для наочного відділення їх, але оперувати ними можна однаково.

Відповідно до п.п 4.4. технологи уточнюють технологічну БЗ. В даному простому прикладі нічого уточнювати не потрібно. Після цього автоматично генерується БД та ППЗ.

Повний алгоритм побудови БД та ППЗ виходить за межі цієї статті. Тут лише приведено виведення за допомогою вищеописаних правил.

За правилом (6) отримаємо:

$$sh(x_1) = sh(x_2) \Rightarrow \exists(T = x_1 \cup x_2) \Rightarrow sh(T) = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$$

За правилом (5) отримаємо:

$$shr(x_1) = shr(x_3) \Rightarrow \exists(T = x_1 \triangleright \triangleleft x_3) \Rightarrow sh(T) = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6\}$$

$$shr(x_2) = shr(x_3) \Rightarrow \exists(T = x_2 \triangleright \triangleleft x_3) \Rightarrow sh(T) = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6\}$$

Але, як було зазначено вище, така схема створення БД є найпростішою і потрібно використовувати більш жорсткі правила.

Відповідно до правила (7) можемо записати для показників x_1 , x_3 та звіту d_3 :

$$shr(x_1) = shr(x_3) \wedge \exists d(x_1 = \pi_{sh(x_1)}(d_3) \wedge x_3 = \pi_{sh(x_3)}(d_3)) \Rightarrow$$

$$\exists T(x_1 = \pi_{sh(x_1)}(T) \wedge x_3 = \pi_{sh(x_3)}(T)) \Rightarrow$$

$$sh(T) = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6\}$$

Отримали таблицю T , в якій будуть ті ж самі атрибути, що й при використанні правила 5. Але тут враховано використання показників в документах. Тобто, якщо б не знайшлося жодного документа в якому показники x_1 та x_3 поєднані, то їх значення можна було б зберігати в окремих таблицях та позбутися зайвих проекцій.

Висновки.

1. Побудова ІСУБ, керованих безпосередньо бізнес-персоналом без залучення ІТ-технологій поліпшує вартісні показники систем при одночасному покращенні якості їх функціонування в результаті глибшої та оперативнішої адаптації інформаційної технології до змін оточення та процесів розвитку.
2. Конструктивною лінгвістичною основою для вирішення задачі може бути поняття показника, оскільки управління бізнесом організується навколо моніторингу певних економічних, технічних та технологічних показників бізнес-процесів.
3. Показники можливо представити, як спеціальні реляційні проекції, що дає можливість застосувати напрацьований апарат еквівалентних перетворень реляційної алгебри для автоматизації рішень на основі технологічної бази знань.
4. Існуючі правила в контексті описаних задач мають бути доповнені запропонованої в статті правилами висновків, щодо структури БД та правилами спрощення виразів алгебри показників.

Список літератури: 1. Гарсіа-Молина Г., Ульман Д., Уидом Д. Системы баз данных. Полный курс. – М.: Вильямс, 2002. – 1088 с. 2. Кодд Э.Ф. Расширение реляционной модели для лучшего отражения семантики // СУБД. –1996. – № 5-6. –С. 163 – 192. 3. Мейер Д. Теория реляционных баз данных. – М.: Мир, 1987. – 608 с. 4. Теленик С.Ф. Логики представления процессов функционирования интеллектуальных систем // Системные технологии. Компьютерная обработка экспериментальных данных: Сб. научн. тр. - Днепропетровск, 1999. – Вып 7. 5. Лузан А.В., Теленик С.Ф., Цокол С.Л., Асельдерова И.М. Языковые средства общения пользователя с экономическими информационными системами // Проблемы развития АСУ и информационных услуг в новых условиях хозяйствования: Тез. докл. – Душанбе: Таджик НИИНТИ, 1989.- С.64-65. 6. В.И. Скурихин, А.А. Павлов, Э.П. Путилов, С.Н. Гриша. Автоматизированные системы управления гибкими технологиями. – К.: Техника, 1987. – 166 с., ил. – Бібліогр.: с. 162–164.

Надійшла до редакції: 30.01.08

О ПОДХОДАХ К УЧЕТУ ТРЕБОВАНИЙ КАЧЕСТВА ПРИ КОНЦЕПТУАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Процес розробки, вибору та розміщення програмних систем традиційно супроводжується контролем якості. Для того, щоби бути конкурентоспроможними на ринку програмного забезпечення країни, у якій вони розробляються та на світовій арені, програмні системи повинні бути розробленими у відповідності до одного з визнаних стандартів якості. У наші дні значно зростають витрати на супровід програмних систем через недостатній ступень врахованості вимог якості. Використання одного з підходів до врахування вимог якості сприятиме зниженню витрат на супровід складних систем та збільшить їх конкурентоспроможність на ринку.

The process of development, choosing and deployment of software is traditionally followed by the quality control. To be competitive on the domestic and world software market, software products should be developed corresponding to one of the world-accepted quality standards. Nowadays costs for maintenance of software products are extremely growing because of insufficient level of suitability of quality requirements. Using one of this approaches will contribute to decreasing maintenance charges and increase competitiveness on software market.

1. Введение. В настоящее время к программным системам и к технологическим процессам их производства применяются различные методики контроля качества (стандарты ISO, EFQM [1,2]; модели зрелости CMMI [3,4]) для повышения конкурентоспособности этих систем на рынке. Требования к программным системам принято делить на функциональные (некоторые требования к функциональности системы в соответствии с областью ее применения) и нефункциональные. Следует отметить, что корректней рассматривать функциональные и не функциональные требования вместе, так как пренебрежение определенной группой требований может привести к неконкурентоспособности системы на рынке программного обеспечения.

Подходы к учету требований качества при концептуальном проектировании и реализации программного обеспечения могут быть разделены на три группы. К первой группе можно отнести подходы, сводящиеся к выбору архитектуры разрабатываемой системы из множества эталонных архитектур, заранее оцененных по ряду критериев. К этой же группе могут быть отнесены подходы, при которых на основе заданных требований качества и имеющихся шаблонов программного кода, осуществляется «сборка» каркаса программной системы. Ко второй группе могут быть

отнесены подходы, позволяющие отображать заданные требования качества в некоторые элементы программного кода. Третью группу образуют подходы, позволяющие преобразовывать требования качества в некоторое множество внешних или внутренних тестов. В соответствии с типом программной системы могут применяться различные вариации и комбинации подходов к учету требований качества.

План работы. В разделе 2 мы рассмотрим подходы к выбору архитектуры программной системы на основании требований качества. В разделе 3 мы обсудим возможность отображения требований качества в программном коде системы. Раздел 4 посвящен разработке программного обеспечения, управляемой тестами, созданными на основе требований качества.

2. Подходы к выбору архитектуры программной системы на основании требований качества. Здесь требования качества представляются в качестве некоторых параметров некоторой задачи выбора либо одной из эталонных архитектур программной системы, либо композиции каркаса программной системы на основе готовых блоков.

В первом случае необходимо иметь множество уже готовых *эталонных архитектур*, которым в соответствие поставлены некоторые оценки их характеристик качества. Для этого могут применяться различные методы оценки архитектур программных систем, такие как АТАМ [5]. В зависимости от того, в каком виде получены эти оценки (например, нечеткие, вероятностные) могут применяться соответствующие методы принятия решений. Данные подходы скорее работают на уровне общей концепции, чем уже завершенного программного продукта. Они могут быть использованы как первый шаг при создании программного обеспечения на основе требований качества. Примеры применения данных подходов рассмотрены в [6,7].

Во втором случае нужны некоторые, настраиваемые в соответствии с определенными файлами настроек, *шаблоны функциональных блоков* программной системы. Такими функциональными блоками могут быть например настраиваемые блоки доступа к данным или некоторые элементы пользовательского интерфейса [8]. Главная проблема здесь – оценка этих функциональных блоков, т.к. необходимо учитывать, как добавление того или иного блока скажется на всей системе. Следует отметить, что применение метрик качества непосредственно программного кода (таких как расширяемость, переносимость и т.д.) здесь вряд ли позволит получить какие-либо выгоды от применения данной группы подходов. Поэтому функциональные блоки должны быть логически обоснованными от других

участков программного кода и оцениваемыми в соответствии с выдвигаемыми требованиями качества.

3. Подходы, позволяющие отображать заданные требования качества в некоторые элементы программного кода. В данном случае требования качества добавляются некоторым образом в программный код. В данном случае возникает не только проблема формализации требований качества, но и способов их отображения в программном коде, а также интерпретации этого отображения. В большинстве своем подходы данной группы ориентированы на языки программирования, в программный код на которых есть возможность добавлять такие объекты как *аспекты* и *аннотации*. В качестве примера можем привести такие языки программирования как Java и C#.

Наиболее простым способом отображения является добавление в каркас программного кода некоторых комментариев, содержащих информацию о соответствующих ограничениях. В данном случае функцию интерпретатора выполняет сам разработчик. Отличие от записи данных требований в проектной документации заключается в том, что комментарии могут находиться в области зрения программиста непосредственно в процессе разработки соответствующих элементов системы.

Более сложным в реализации является преобразование требований в некоторую интерпретируемую метаинформацию. Одним из возможных вариантов решения является применение аннотаций. Аннотации можно поставить в соответствие конкретным элементам программной системы. В соответствии с информацией, заключенной в аннотации к элементу, возможны, например, различные способы его обработки, передачи по сети, хранения и т.д.

Также определенный интерес представляют генерация предупреждений и ошибок компиляции. Безусловным минусом тут будет то, нам необходимо ориентироваться на механизмы генерации предупреждений и ошибок компиляции, которые могут достаточно сильно отличаться друг от друга. Не стоит, однако, полагать, что в данном случае мы обречены на работу непосредственно с компилятором и должны работать исключительно на «низком» уровне. Механизмы объявления предупреждений и ошибок компиляции предоставляет нам аспектно-ориентированное программирование. Например, такие механизмы есть в AspectJ [9].

При использовании генерации предупреждений и ошибок компиляции внимание разработчика все время будет привлекаться к требованиям качества, которым должен соответствовать программный продукт им разрабатываемый. Генерация предупреждений и ошибок компиляции предос-

тавляет достаточно широкое поле для внедрения требований качества в программный код вплоть до проверок на соответствие части программного кода определенным шаблонам проектирования.

4. Подходы, использующие различные виды тестов, разработанных на основе требований качества. В данном случае можно говорить о разработке, управляемой тестами (этот общепринятый сейчас термин впервые стал применяться в экстремальном программировании [10]). В данном случае этап разработки системы тестов предшествует разработке непосредственно программного кода. Это позволяет выявлять несоответствия требованиям качества на ранних стадиях разработки.

Тесты в значительной степени зависят от архитектуры разрабатываемой системы. Создание тестов для распределенных приложений представляется достаточно проблематичным [11].

Тесты можно условно разделить на внешние и внутренние. Внешние тесты применяются, как правило, к собранным элементам системы или ко всей системе. Внутренние тесты применяются для тестирования определенной функциональности системы, путем создания и последующей работы с экземплярами элементов системы.

Внешнее тестирование программного обеспечения, управляемое требованиями качества, подразумевает настройку уже существующих систем внешнего тестирования или создание необходимых внешних тестов. Среди достоинств внешних тестов можем указать отсутствие жесткой привязки к конкретному языку или среде программирования, обособленность по отношению к тестируемой системе и возможность их повторного использования. На данный момент внешние тесты получили достаточно широкое распространение. В соответствии с целью тестирования их можно разделить на несколько подклассов. Границные внешние тесты призваны генерировать для тестируемой системы проблемные ситуации и отслеживать обработку системой этих ситуаций. Функциональные тесты проверяют, насколько хорошо тестируемая система соответствует поставленным перед ней функциональным требованиям (простой пример: существует входной файл с некоторыми исходными данными, которые задаются тестируемой системе, и эталонный выходной файл, который сравнивается с выходом системы). Тесты графического интерфейса имитируют работу пользователя с графическим интерфейсом программного обеспечения. Тесты на загруженность системы позволяют определить максимальную загруженность системы, при которой она работает стабильно. Стресовые тесты близки по воздействию на тестируемую систему к тестам на загруженность, однако, их целью является выявление слабых мест в системе.

Внутренние тесты в наше время принято выделять в отдельные структурные элементы проекта, которые бы можно было безболезненно исключить из поставляемых конечным пользователям вариантов системы. В этой области наиболее часто применяются Unit-тесты, реализации которых существуют в большинстве языках программирования высокого уровня. Ранее также использовались специальные функции для тестирования внутри программного кода самой системы (примером может служить main-тестирование на Java), однако, в настоящее время применение подобной методики тестирования считается дурным тоном. Преимуществом внутренних тестов является то, что они частично или полностью могут быть сгенерированы на основании требований качества. Тестирование с помощью Unit-тестов может быть разделено, в зависимости от уровня доступа к внутренним элементам тестируемого класса, на тестирование «белого ящика» и тестирование «черного ящика».

5. Выводы. Несмотря на то, что стандарты, применяемые при оценке качества программных систем и процесса их производства, используются и в других областях, многие подходы к учету требований качества при концептуальном проектировании и реализации программного обеспечения не имеют аналогов. Наиболее развитый аппарат имеют методы выбора архитектуры системы среди эталонных. Подходы их разных групп применяются на различных стадиях разработки программных систем и не исключают возможность их комбинирования.

Список литературы: 1. В. Липаев. Процессы и стандарты жизненного цикла программных систем. М: СИНТЕГ, 2006. 2. W.Suryn, A.Abran, C.Laporte. A integrated lifecycle model for general public market software products // Proceedings of Software Quality Management XII Conference, 2004. 3. В. Липаев. Модели зрелости программной инженерии — СММI. Содержание и применение // Jet Info, Информационный бюллетень, № 6, 2006. 4. К. Мильман, С. Мильман. СММI – шаг в будущее // Открытые системы, № 5-6 (2005), № 2 (2006). 5. R.Kazman, M.Klein, P.Clemens. ATAM: Method of Architecture Evaluation. Technical Report // CMU/SEI-2000-TR-004, CMU, 2000. 6. T.Al-Haeem, I.Gorton, V.Ali Babar, F.Rabchi, B.Bennatallah. A Quality-Driven Systematic Approach for Architechtng Distributed Software Applications // URL: <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/10409/33070/01553567.pdf>. 7. M.Svahnberg, C.Wholin, L.Lundber. A Quality-Driven Decision-Support Method for Identifying Software. In: Int. Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 2003. 13(5): p. 547-573. 8. J.Herrington. Code Generation in Action. Manning, 2003. 9. R.Pawlak, L.Seinturier, J-Ph.Retaille. Foundations of AOP for J2EE Development. Apress, 2005. 10. K.Back. Extreme Programming Explained: Embrace Changed. Addison-Wesley, 1999. 11. R.Johnson. J2EE Design and Development. Indianapolis: Wrox, 2003.

Поступила в редакцию 24.02.08

УДК 512.086

И. СУРЖЕНКО, О. ГОРЧЕНОК, Е. ЛЮТЫЙ, НТУ «ХПИ»

О ПОДХОДАХ К ОБРАБОТКЕ ТРЕБОВАНИЙ КАЧЕСТВА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА

У роботі розглядаються можливі напрямки досліджень у галузі обробки вимог якості до системи на основі аналізу природної мови. Сформульовано мету дослідження та основні задачі, зокрема, задачі лінгвістичного аналізу тексту, виділення вимог якості, програмного подання семантики тексту.

The paper is devoted to discussing possible research directions in the area of eliciting the quality requirements to the system based on natural language specifications. The main goal and the specific research problems are formulated, in particular, the problem of parsing the specification, eliciting and classifying the requirements, program representation of the requirements semantics.

1. Роль требований качества к программному обеспечению. По традиции главное внимание при разработке программных систем уделялось реализации их функциональных возможностей. Такой подход к проектированию систем можно назвать “разработкой системы, управляемой функциональностью”. В последнее время, однако, ряд исследователей придерживается мнения, согласно которому функциональные возможности можно считать только частью того, что должно управлять процессом разработки программного обеспечения. Наиболее важным управляющим фактором в данном случае выступает *системное качество*.

Качество программной системы в формулировке, использованной Международной организацией по стандартизации (ISO), может быть понято как свойство системы, которое делает эту систему соответствующей ее намеченному или фактическому использованию. Корректное выполнение необходимых функций теперь рассматривается как одна из характеристик качества системы.

Необходимо различать требования качества к системе и характеристики качества системы. Заинтересованные лица формируют требования качества. Разработчики программного обеспечения разрабатывают систему со специфическими качествами (характеристики качества). В пределах ограничений по бюджету, времени и доступным ресурсам создаваемая система должна иметь характеристики, соответствующие требованиям качества. Согласование решений может быть организовано, например, так, как это описано в [1].

Актуален вопрос о реализации автоматизированного сбора требований качества на основе различной информации представленной в матери-

альном виде. В качестве одного из таких направлений выделяют анализ спецификаций требований.

Был предложен подход, предполагающий идентификацию требований качества к программному обеспечению по спецификациям на естественном языке. В основе данного подхода лежит универсальная классификация требований качества, состоящая из четырех граней: вид, представление, удовлетворение, роль [2]. Полная классификация представлена ниже [3].

Грань вида представлена следующими классификаторами: функциональность, надежность, применимость, эффективность, сопровождаемость, переносимость.

- Функциональность включает пригодность для применения, точность, способность к взаимодействию, защищенность.
- Надежность включает готовность, устойчивость к дефектам, восстанавливаемость.
- Применимость включает понятность, простоту в изучении, простоту использования, привлекательность.
- Эффективность включает временную эффективность и использование ресурсов.
- Сопровождаемость включает удобство анализа, изменяемость, стабильность, тестируемость.
- Переносимость включает адаптируемость, простоту установки, существование, замещаемость.

Грань представления представлена классификаторами «оперативное», «количественное», «качественное», грань удовлетворения - классификаторами «жесткое» и «мягкое», грань роли - классификаторами «предписывающая» и «допускающая».

Используя данную классификацию, мы можем четко разделить функциональные и нефункциональные требования. Главный критерий в этом процессе – грань вида. Согласно с ней первые три пункта функциональности являются функциональными требованиями (пригодность для применения, точность, способность к взаимодействию), остальные – нефункциональными.

Другие грани более точно определяют важность требований с точки зрения проектирования системы.

2. Процесс идентификации требований. Процесс идентификации требований качества в соответствии с [3] состоит из двух этапов. На первом происходит заполнение словаря требований. Исходные спецификации на

естественном языке с помощью подсистемы лингвистического разбора преобразуются в набор слов и связей между словами, обладающих лингвистическими характеристиками. Далее производится оценка пользователем исходных предложений, то есть отнесение их к определенному типу требований для каждой грани. После этого происходит расчет весов, характеризующих принадлежность каждого элемента к каждому типу требований по каждой грани. Полученные результаты сохраняются в базе данных, образуя словарь требований.

Второй этап состоит в идентификации требований качества на основе словаря требований. После получения обработанных подсистемой лингвистического разбора спецификаций для каждого элемента предложения находится множество элементов словаря, соответствующих данному элементу. На основе этой информации рассчитываются весовые коэффициенты элементов. Тип требований, получивший наибольший вес для каждой грани, и считается результирующим для данного элемента. Установка значения элемента для каждого среза предполагает сохранение этой информации во внутреннем формате программы.

3. Лингвистический разбор текста. Данное действие подразумевает под собой применение различных методов и алгоритмов с целью получения некоторого формализованного и легко поддающегося обработке представления натурального текста. Суть проблемы кроется в существовании множества различных неоднозначностей внутри естественных языков.

Как показано в работе [4], мысль при передаче от одного субъекта к другому в виде речи на естественном языке терпит два преобразования «один ко многим». Первый переход производится при трансляции источником смысла в текст и обеспечивается механизмом формирования синонимов. Второй переход осуществляется при трансляции приемником текста в смысл и обеспечивается существованием нескольких значений у одного слова или фразы.

Тем не менее, существуют различные гипотезы, которые пытаются так или иначе формализовать процесс моделирования текста в однозначной, математической форме.

Так, например, в [3] предложение рассматривается, как система слов и связей, смысл которой ищется по критерию наибольшей согласованности между словами. Под смыслом в данном случае понимается множество связей, которые присутствуют в предложении. В начале работы метода производится морфологический анализ слов и выделения свойств, которые характеризуют некоторые аспекты смысла и грамматики данного слова. Например, слово может быть существительным, родительного па-

дежа, женского рода, во множественном числе. Далее выполняется сравнение слов между собой и расчет несогласованности, который может характеризовать одновременно, как особенности человеческого мышления данной языковой группы, так и несовместимость слов по критериям оценки. После проведенных расчетов решается оптимизационная задача, которая находит наилучшее сочетание связей, при котором достигается наименьшая суммарная энтропия связей между словами. Также на решение накладывается следующее условие: граф, содержащий в качестве узлов - слова, а в качестве ребер – связи, должен быть связанным деревом.

Данный подход интересен упрощенным, с точки зрения программной реализации, процессом поиска решения, однако имеет ряд трудностей связанных с организацией процесса расчета и сравнения морфологических и семантических характеристик слов.

Существуют также и другие методологии, которые описывают различные формы представления лингвистических конструкций. Например, теория «Смысл-текст» [4], универсальная грамматика [5], основанные на грамматике Хомского (например, грамматика, описанная в [6]) и много других. Однако целью данной статьи является не описание существующих средств, а формулировка сложившейся проблемы и постановка задач для исследований в данной области.

4. Об универсальном представлении текста. Проблемность ситуации заключается не только в разработке подсистем лингвистического разбора текста или анализа смысловых конструкций для извлечения из них требований качества, но и в согласованности данных подсистем. Эта согласованность заключается в формировании общего формата представления семантики. Простейшим способом представления может быть дерево, которое используется в [3], но, например, в [4] используется многоуровневая структура представления, где каждый уровень может описывать одну из следующих составляющих смысла лингвистической конструкции:

- семантика;
- глубокий синтаксис;
- поверхностный синтаксис;
- глубокая морфология;
- поверхностная морфология;
- глубокая фонология;
- поверхностная фонология.

Таким образом возникает задача выбора, которая требует отдельного решения.

Следует отметить, что данный аспект автоматизированной системы сбора требований качества к программному обеспечению на основе спецификаций может привести к потере или искажению данных и при этом внешне создавать иллюзию корректной работы.

Выбор способа представления смысла должен выполняться в соответствии с методологическими средствами, которые реализуются в подсистемах лингвистического разбора и выявления требований качества.

5. Цели исследований и основные задачи. Автоматизированный анализ требований качества является перспективным направлением, которое может открыть новые возможности в области разработки программного обеспечения.

Целью исследовательских групп в данном направлении должна стать разработка наиболее адекватной, достоверной и производительной системы сбора требований качества на основе текста спецификаций.

Можно сформировать постановки задач, которые необходимо выполнять исследовательским группам в данной области для достижения поставленных целей.

Задача 1. Разработать теоретико-практические инструменты для реализации подсистемы лингвистического разбора текста. Результатом выполнения данной задачи должны стать:

- математическое обеспечение морфологического анализа;
- математическое обеспечение синтаксического анализа;
- алгоритмические решения наиболее сложных задач;
- при необходимости: словари, статистическая информация, результаты опроса экспертов.

Задача 2. Разработать теоретико-практические инструменты для реализации подсистемы выявления требований качества. Результатом выполнения данной задачи должны стать:

- математическое обеспечение расчета коэффициентов принадлежности частей текста к грани;
- алгоритмическое обеспечение идентификации частей текста
- при необходимости: словари, статистическая информация, результаты опроса экспертов.

Задача 3. Разработать способ представления программным обеспечением семантики текста. В результате выполнения данной задачи необходимо получить спецификацию модели данных, которая в состоянии адекватно представлять семантику лексических единиц и их совокупности в аспекте разработанного математического обеспечения.

Задача 4. Используя результаты предыдущих задач описать систему выявления требований качества на основе текста спецификаций, как целостной системы «разбор-представление-выявление». Тут необходимо провести операцию интеграции подсистем посредством универсального представления семантической информации. В качестве результата данной задачи должна быть спецификация системы в целом, а также точные спецификации всех подсистем.

Задача 5. Реализовать подсистемы, используя разработанное математическое и алгоритмическое обеспечение. Результатом данного этапа должна стать готовая к внедрению и эксплуатации система выявления требований качества из текстов спецификаций написанных естественным языком.

Выводы. Таким образом, выявление требований качества является неотъемлемой частью разработки программного обеспечения. Однако реализация систем для автоматизации данной задачи весьма усложнена в области выявления требований качества на основе спецификаций написанных естественным языком.

Для создания средств автоматизированного сбора требований качества к программному обеспечению необходимо провести дополнительные исследования по направлениям:

- лингвистический разбор (включает в себя морфологический, синтаксический разборы, а также ряд других алгоритмов, набор которых зависит от конкретной методологии);
- представление семантической информации средствами программного обеспечения;
- автоматизированное исследование синтаксической информации.

В результате проведения данных исследований необходимо получить математическое и алгоритмическое обеспечение системы выявления требований на основе спецификаций с последующей интеграцией и реализацией в виде программного обеспечения.

Список литературы: 1. M.Glinz. Rethinking the Notion of Non-Functional Requirements // Proc. Third World Congress for Software Quality (3WCSQ 2005), p. 55-64 2. Kazman, M.Klein, P.Clemens. ATAM: Method of Architecture Evaluation. Technical Report // CMU/SEI-2000-TR-004, CMU, 2000. 3. A.Kostanyan, V.Shekhtovtsov. Towards entropy-based requirements elicitation // Proc. ISTA'2007, LNI P-107, 2007. – P. 105-116. 4. I. Mel'čuk. Vers une linguistique Sens-Texte. Leçon inaugurale Paris: Collège de France 1997. 5. N. Chomsky. Barriers. Linguistic Inquiry Monograph 13. Cambridge: MIT Press, 1986. 6. С.Пинкер. Язык как инстинкт. М.: Едиториал УРСС, 2004.

Поступила в редакцию 22.02.08

Ю.ТОМИЛКО, НТУ «ХПІ»

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РЕЦЕНЗИРОВАНИЕ ИСХОДНОГО КОДА НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ ПРАВИЛ

В статті коротко розглянута проблема рецензування вихідного коду. Проведен огляд прикладної програми FxCop, яка дозволяє автоматизувати процес рецензування. Показані складності існуючого процесу та запропоноване рішення на основі використання онтології правил. Представлені його переваги та запропоновані майбутні напрямки роботи.

In the paper the problem of code review is briefly reviewed. The survey on FxCop tool that allows automating the process of code review is conducted. The difficulties of the existent process are shown; solution based on the use of rules' ontology is presented. Its advantages are emphasized and future directions of work are outlined.

Введение. Под рецензированием исходного кода (code review) будем понимать следующее [1]: это особый вид инспектирования (inspection), в процессе которого просматривается и проверяется исходный код программ с целью обнаружения и исправления в нём ошибок допущенных при разработке программного обеспечения. В стандарте [2] определены 5 типов рецензирования программного обеспечения (software review - согласно стандарту, процесс, в ходе которого программный продукт подвергается проверке персоналом проекта, менеджерами, пользователями, заказчиками, представителями пользователей и другими заинтересованными лицами для критического разбора или одобрения): административное рецензирование, техническое рецензирование, инспектирование, сквозной контроль и аудит. Рецензирование исходного кода следует рассматривать как вид инспектирования, а не технического рецензирования (technical review). В литературе также используется термин инспектирование программ, см. например [3], т.е. просмотр и проверка исходного кода программного обеспечения с целью обнаружения в нём ошибок. Под рецензированием исходного кода понимается, как правило, менее формальный процесс.

Доказано, что инспектирование является эффективным методом обнаружения ошибок. Оно дешевле тестирования программного обеспечения, в работах [4, 5] показано, что инспектирование программного кода является более эффективным и менее дорогостоящим, чем тестирование. Согласно [6] более 60% ошибок в программном обеспечении можно обнаружить с помощью неформального исследования (инспектирования). Процесс инспектирования также может оценить качественные характеристики

стики систем, соответствие стандартам, переносимость и удобство сопровождения.

Одним из наиболее эффективных и распространённых методов инспектирования является применение контрольных примеров, см. например [7, 8]. Инспекции исходного кода позволяют найти и устранить такие известные уязвимости как: переполнения буфера, утечки памяти, состояния гонки и многие другие.

1. Программное обеспечение поддержки рецензирования. Упростить процедуру рецензирования исходного кода позволяют различные прикладные программы, с помощью которых можно производить автоматизированный поиск известных ошибок, нарушения общепринятых правил и рекомендаций, а также программных конструкций, которые не рекомендуется использовать при программировании. Особое место занимает программный продукт FxCop от Microsoft [9]. Это программное обеспечение позволяет производить проверку .NET кода на предмет нарушения широкого круга правил программирования и соглашений. Правила, которые включены в FxCop построены на основе руководящих указаний Microsoft по проектированию и описаны в [10]. Правила, которые могут быть проверены FxCop, включают следующие группы:

- модельные (Design);
- глобализация;
- интероперабельность (Interoperability);
- соглашения по именованию;
- производительность;
- переносимость;
- безопасность;
- удобство использования.

В отличие от традиционных средств анализа кода (например Flawfinder, Lint) FxCop не анализирует исходный код целевого языка программирования, например C# или VB.NET. Вместо этого производится анализ бинарного CIL языка генерированного .NET компилятором и сохранённого в сборках. Проведение анализа возможно благодаря достаточному количеству метаданных, являющихся частью CIL. Это позволяет анализировать код, написанный на различных .NET языках.

Возможности FxCop охватывают широкий спектр функций по анализу исходного кода. Можно осуществить проверку соглашений по именованию типов, значение параметров, и даже правописание и наличие необходимых XML-комментариев. Доступными для анализа являются как мета-

данные уровня сборки, так и информация об отдельных управляющих конструкциях, операциях и операндах.

Важной особенностью FxCop является то, что пользователь не ограничен набором правил, предоставляемых в составе программного продукта. Разработчики могут определять свои правила, реализуя классы, использующие типы, определённые в FxCop SDK, представляющее собой набор сборок, которые и предоставляют необходимый API.

На наш взгляд FxCop является эффективным решением для проведения автоматизированного рецензирования исходного кода для платформы .NET и является целесообразным использование его как основы для разработки собственной системы правил, исходя из следующих предпосылок:

1. Независимость от целевого языка программирования .NET, поддержка .NET Framework 2.0, 3.0, и 3.5. В случае реализации собственного приложения для анализа исходного кода необходимо разработать парсер для каждого языка, инспекция которого необходима, объектной модели для представления исходного кода в виде некоторой структуры и работы с ним. Эти задачи являются достаточно трудоёмкими и сложными в реализации.
2. Наличие прикладного приложения реализующего оконный интерфейс и позволяющего производить анализ необходимых сборок, создание проектов, позволяющих группировать нужные сборки, генерацию отчётов о найденных ошибках и др.
3. Доступен API, который позволяет разрабатывать собственные правила для инспекции кода.
4. Наличие широких возможностей по анализу программного кода.
5. Наличие более 200-х встроенных правил для проверки исходного кода, возможность отключения проверки правил для заданных сборок.
6. Отсутствие необходимости оплаты за использование FxCop.

2. Постановка задачи исследования. Разработка классов для реализации проверки правил для каждого проекта может быть достаточно трудоёмкой задачей. Необходимо каждый раз писать код взаимодействия с API, реализовывать классы, осуществляющие проверку правил, определять набор необходимых параметров для конфигурации правил. Кроме того, повторное использование разработанных типов, реализующих проверку правил, может оказаться сложной задачей, поскольку для нового проекта в большинстве случаев будут нужны другие правила либо же существующие необходимо будет изменить. В тоже время для каждого проекта может требоваться схожий набор правил, например:

- имена типов удовлетворяют установленными правилам именования;
- используется заданный набор компонент и классов, а не их альтернативы;
- проверка управляющих структур, например ветвлений и циклов, для вычисления метрик кода;
- определение всех методов, которые использует данный класс, а также классов или методов, использующих заданный метод или класс;
- проверка связей между компонентами, например для запрета вызова методов классов уровня доступа к данным классами, отвечающими за создание пользовательского интерфейса, в обход классов, реализующих бизнес-логику.

Целесообразным является создание такого представления информации о правилах, которое позволило бы её дальнейшее повторное использование, расширение, модификацию и эффективный доступ к хранимой информации.

3. Базовые сведения об онтологии. В настоящее время актуальными являются исследования в области онтологий и онтологических систем в различных областях информатики. Достаточно сложно дать точное определение понятию онтология. Существует большое количество определений, предложенных различными авторами и коллективами. Одним из первых определений является определение, данное в работе [11]: онтология определяет базовые понятия и связи, составляющие словарь предметной области, а также правила для комбинации понятий и связей для определения расширений словаря. Это описательное определение предоставляет базовое понимание того, что необходимо сделать для построения онтологии. Наиболее цитируемым в литературе посвящённой исследованиям в области онтологий является определение, данное Т.Грубером [12]: онтологией называется явная спецификация концептуализации. В работе [13] даётся следующее определение: онтология – это формальная, явная спецификация концептуализации. Под концептуализацией понимается некоторая абстрактная модель некоторого феномена, определяющая важные концепции данного феномена. Явная означает, что тип, используемых концепций, а также ограничения на их использование явно определены. Формальная – отражает тот факт, что онтология должна быть представлена в такой форме, чтобы была возможность эффективной компьютерной обработки содержащейся в ней информации. Также подчеркивается тот факт, что онтология содержит согласованные знания.

Следует отметить, что в настоящее время понимание термина онтология различно, в зависимости от контекста и целей его использования.

Различные определения представляют различные, дополняющие друг друга представления об одной и той же сущности. Некоторые определения независимы от процессов, сопутствующих разработке онтологии и её использованию, в то время как другие тесно связаны с процессом разработки. Делая вывод, можно сказать, что целью онтологии является представление согласованных знаний в общей форме таким образом, чтобы она могла быть повторно и совместно использована различными группами людей и программными приложениями [14].

Под формальной моделью онтологии О будем понимать упорядоченный набор трёх объектов следующего вида [15]:

$$O = \langle X, R, F \rangle,$$

где X – конечное непустое множество концептов (понятий, терминов) предметной области, которую представляет онтология O;

R – конечное множество отношений между концептами (понятиями, терминами) данной предметной области;

F – конечное множество функций интерпретации (аксиоматизации), заданных на множествах X и R.

Варьируя свойства указанных множеств можно получать различные виды онтологий. Существует большое число различных видов онтологий. Онтологии могут быть классифицированы по степени формальности, по наполнению, содержимому, по цели создания [16].

4. Использование онтологий для поддержки рецензирования кода. На наш взгляд целесообразным является создание онтологии правил для исходного кода. Под правилами здесь будем понимать конструкции языка программирования, которые запрещено использовать при разработке некоторого приложения. Это может быть использование какого-либо класса, определённая последовательность вызовов методов, вызов определённого метода класса из другого, особенности реализации некоторых классов, например наличие реализации определённых интерфейсов, свойств и т.д. Фактически это контрольные примеры ошибок в некотором обобщённом виде, то, чего делать не нужно при написании исходного кода. Целями создания данной онтологии являются:

- создание согласованного представления информации о недопустимых конструкциях языка программирования;
- создание источника информации для последующего использования прикладными приложениями для автоматизированной проверки исходного кода на наличие определённых ошибок.

Онтология должна содержать информацию о том, как можно используя термины целевого языка программирования (класс, интерфейс, метод, свойство и т.п.), а также дополнительные концепты, конструировать контрольные примеры ошибок. Создание такой онтологии позволило бы решить ряд задач перечисленных выше. Такая онтология могла бы быть совместно использована разработчиками программного обеспечения для создания новых правил, изучения уже существующих и не допущения известных ошибок (нарушения установленных правил) на основе полученной информации. Информация, содержащаяся в данной онтологии, может быть повторно использована и расширена для каждого последующего проекта.

5. Возможные подходы к реализации. На начальном этапе простейшая онтология подобного вида может быть построена на основе XML-схем (XSD). Они позволяют описывать допустимую структуру XML-документов, составляющих их элементов. На значения атрибутов могут накладываться различные ограничения, возможно задание типов данных. В данном случае набор XML-документов соответствующих разработанной схеме будет представлять собой некоторый набор правил. В последующем могут потребоваться более сложные ограничения и использование языков, обладающих большей выразительной мощностью, поэтому целесообразнее использовать языки, специально предназначенные для создания онтологий, например язык OWL.

Существенным является то, как разработанная онтология будет использоваться прикладными программами. Принимая во внимание тот факт, что анализ кода и поиск ошибок осуществляется с помощью FxCop API, одним из возможных решений может быть использование онтологии правил для автоматической генерации исходного кода классов, реализующих проверку правил. Для этого могут быть использованы XSLT-преобразования.

Перечислим преимущества использования XSLT-преобразований для генерации исходного кода классов, реализующих проверку правил:

1. Наличие эффективных средств обработки XSLT-шаблонов. В настоящее время существует большое число реализаций XSLT-процессоров, позволяющих производить преобразования XML-документов. Таким образом, нет необходимости разрабатывать отдельную технологию преобразования информации о правилах, достаточно воспользоваться существующими готовыми решениями.
2. Простота создания, использования, лёгкость модификации и высокая скорость разработки.

3. Переносимость, отсутствие привязки к определённым аппаратным или программным технологиям.

Преимущества предложенного решения в целом состоят в следующем:

1. Программный код для взаимодействия с API, реализации определённых типичных действий создаётся один раз для некоторого набора XSLT-шаблонов. В последующем один и тот же код повторно используется для создания классов, реализующих проверку правил.
2. Упрощается процесс создания новых правил. В случае необходимости создания правил, которые не могут быть описаны с помощью существующих терминов, онтология может быть расширена, необходимо создание новых XSLT-преобразований. В тоже время существующие части кода и отвечающие им XSLT-шаблоны продолжают использоваться. Необходимо только создание кода отвечающего за реализацию проверки новых правил.
3. Упрощается процесс создания правил на основе существующих. Фактически необходима лишь конфигурация существующих правил, которая осуществляется с помощью задания соответствующих параметров экземпляров правил. Нет необходимости каждый раз писать код взаимодействия с API - исходный код классов, реализующих проверку правил, будет генерироваться с заданными параметрами автоматически.

6. Возможные направления дальнейших исследований. Можно выделить два направления развития представленного решения. Первое связано с разработкой прикладного приложения позволяющего пользователю на основе информации представленной в онтологии правил создавать новые правила, используя для этого графический интерфейс. Второе направление связано с разработкой прикладного приложения для вычисления метрик исходного кода с помощью FxCop API. Информация о количестве ошибок, найденных в данном исходном коде, их тип, важность, количество также являются важными индикаторами, на основании которых можно сделать некоторые выводы о качестве исходного кода. На основании информации регулярно получаемой в результате анализа исходного кода можно строить тренд изменения показателей во времени. Данная информация может быть полезна при принятии решений о планировании и прогнозировании необходимого объёма времени для выполнения проекта или его части, количества требуемых ресурсов, учёта и снижения рисков при принятии управленических решений, формировании оценок различных компонент программного обеспечения.

Выводы. Таким образом, в статье был рассмотрен программный продукт FxCop, позволяющий автоматизировать процесс рецензирования исходного кода путём поиска известных ошибок. Была показана необходимость разработки собственных правил, предъявляемых к исходному коду, указанны сложности существующего решения. Предложено решение на основе использования онтологии правил, позволяющее упростить разработку собственных правил, приведены его преимущества. Намечены дальнейшие направления развития работы.

Список литературы: 1. A.Stellman, J.Greene. Applied Software Project Management, O'Reilly, 2005. 2. IEEE Std 1028-1997, IEEE Standard for Software Reviews. 3. И.Соммервил. Инженерия программного обеспечения, 6-е издание. М. Вильямс, 2002. 4. V.R.Basili, R.W.Selby. Comparing the effectiveness of software testing strategies, 1987. SE-13(12). 5. T.Gilb, D.Graham. Software Inspection. Addison-Wesley, 1993. 6. M.E.Fagan Advances in software inspections. – IEEE Trans. on Software Engineering, 1986, SE-12(7). 7. J.Poley Best Practices: Code Reviews, Microsoft Corporation, October 2007, <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/bb871031.aspx>. 8. J.D. Meier et al., How To: Perform a Security Code Review for Managed Code (Baseline Activity), Microsoft Corporation, October 2005, <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/ms998364.aspx>. 9. FxCop Home Page, [http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/bb429476\(VS.80\).aspx](http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/bb429476(VS.80).aspx). 10. K.Cwalina, B.Abrams. Framework Design Guidelines: Conventions, Idioms, and Patterns for Reusable .NET Libraries, Addison-Wesley Professional, 2005. 11. R.Neches, R.E.Fikes et al. Enabling technology for knowledge sharing. AI Magazine 12(3), 1991, p.36–56. 12. T.R.Gruber. A translation approach to portable ontology specification. Knowledge Acquisition 5(2), 1993, p.199–220. 13. R.Studer, V.R.Benjamins, D.Fensel. Knowledge Engineering: Principles and Methods. IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering, Vol.25(1-2), 1998, p.161–197. 14. A.Gómez-Pérez, M.Fernández-López, O.Corcho. Ontological Engineering, Springer-Verlag, London 2004. 15. T.A. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. Базы знаний интеллектуальных систем, СПб.:Питер, 2000. 16. C. Calero, F. Ruiz, M. Piattini. Ontologies for Software Engineering and Software Technology, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2006.

Поступила в редакторство 20.02.08

УДК 004.728.8

К.І. ЯЦЕНКО, аспірант факультету кібернетики Київського Національного Університету імені Тараса Шевченка, kyatsenko@gmail.com

ПРОТОКОЛИ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ІЗ СТАНЦІЯМИ ПО НАДАННЮ ПОСЛУГ ЧЕРЕЗ БЕЗДРОТОВІ ЕЛЕКТРОННІ КАНАЛИ

Запропоновано новий метод в області інформаційних технологій по наданню локальних послуг через безшовну інтеграцію мобільних пристройів. Підхід базується на класі протоколів XDEP (XML data exchange protocol). Основним завданням цього підходу є заміна існуючих методів надання інформації, які функціонують завдяки спеціалізованим пристроям. Пропонується перенести цю функціональність на пристрой масового використання - персональні електронні записники, мобільні телефони, MP3 плесери, та інші.

A new approach in the area of information technologies of providing local services via seamless integration of mobile devices has been proposed. The approach resides on the basis of XDEP (XML data exchange protocol). The solution is intended to substitute existing methods of information services providing, which reside on a specialized hardware. The functionality is to migrate to the commonly used devices like PDAs, Mobile Phones, MP3 players, etc.

1. Вступ. В сучасних динамічних умовах розвитку інформаційних технологій, рівень інтеграції мобільних пристройів, персональних комп'ютерів та серверів через електронні канал є високим. Кожний мобільний пристрой містить персональну інформацію, яку користувачі потребують для вирішення атомарних питань. Персональні комп'ютери акумулюють інформацію, яку користувачі збирають на протязі деякого часу. Серверні системи представляють засіб довготривалого зберігання інформації від різних користувачів. Таким чином, інформацію, яку користувачі потребують в різні періоди часу можна класифіковати на три категорії:

Використання для дій (зберігається на мобільних пристроях)

Використання для діяльності (набір дій, зберігається на персональному комп'ютері)

Використання для історії та планування (набір різних діяльностей, які зберігаються на серверній платформі)

За цією класифікацією, дані зберігаються та організовуються на різних фізичних платформах. Такий підхід до зберігання інформації потребує постійної синхронізації обладнання. Логічний процес взаємодії різних програмно-апаратних комплексів розглядається в цій статті, яка пропонує уніфікований метод його організації.

Клас протоколів XDEP (XML Data Exchange Protocol) вперше представлений під час конференції ICTA 2007 [1]. Головною ідеєю цього класу

є представлення даних в універсальному форматі, який системи, за різними логічною та фізичною будовами, могли б інтерпретувати швидко та безпомилково. Підхід до побудови структури цього класу протоколів був схожий до структури веб-сервісів [3] розроблених W3C. Базою для веб-сервісів є мета опис даних, який легко інтерпретується будь-якою програмою [4].

Для того, щоб висвітлити наступний етап еволюції XDEP розглянемо наступний приклад. В Паризі, Франції, як альтернативу використання транспорту на бензині, комунальні служби запропонували використання велосипедів (послуга Velolib) за дуже символічну платню. Передбачається, що така послуга розвантажить автомобільний трафік та позитивно вплине на навколошнє середовище. Однак, з метою попередження можливості не цільового використання або крадіжки велосипедів, мандрівник має валідувати кредитну картку, перед тим, як скористатися новою послугою громадського транспорту. Велосипед можна взяти безкоштовно на півгодини, після чого, за кожні півгодини починаючи з одного євро, ціна прогресує в арифметичній прогресії. Платформи (місця, де можна отримати та здати велосипед) знаходяться по всьому місту, отже зміна велосипеду не представляє складнощів, та може бути виконана дуже швидко. Проте, мандрівники змушені кожного разу, під час заміни велосипеда повторювати операцію з введенням персональних даних. Такий процес може займати для однієї людьми близько 3 хвилини, що складає 10% від потенційного часу використання послуги. Враховуючи те, що завжди кількість автоматичних пунктів (екрані з клавіатурою) на платформі не перевищує 1, в разі черги, економія часу при використання таких послуг стає дуже сумнівною. На поточний момент єдиною можливістю вирішення цієї проблеми є встановлення додаткових автоматичних пунктів (хоча, в цьому випадку виникають складнощі з синхронізацією дій мандрівників, які хочуть взяти один і той самий велосипед).

В той час, в деяких країнах (таких, наприклад, як Україна) кількість користувачів мобільних телефонів перевишила 100% популяції. Це означає, що кожна людина має як мінімум один мобільний телефон. Як результат кожний користувач має постійно із собою персональну консоль із можливостями вводу та виводу даних. Інтерфейс для представлення даних для використання типу дії (або представлення атомарних послуг), може бути перенесений на будь-який персональний пристрій. Цей підхід відображає наступний крок еволюції XDEP.

2. Структура XDEP. Рис. 1 структурно відображає кон'юнктуру використання протоколів. Кожний протокол передбачений для дії в ролі медіатора

між різними клієнтськими та серверними платформами. Завдяки текстовому формату, протокол може бути легко адаптований під різні системи, що дозволяє його широке використання.

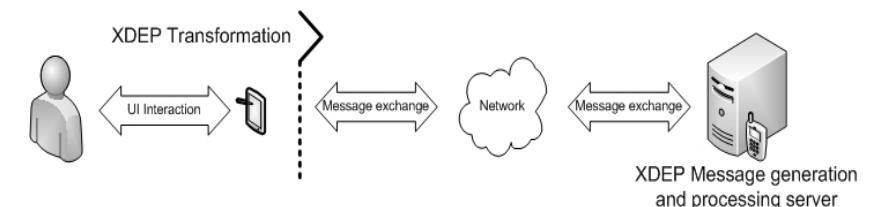


Рис. 1. Кон'юнктура використання протоколів

Для конкурсу Microsoft Imagine Cup 2007 автор удосконалів XDEP для того, щоб надати можливість людям із ускладненнями зору отримувати різні інформаційні послуги використовуючи звичайні портативні пристрої. Інформація із серверної програми подавалася на мобільний пристрій з голосовими можливостями в форматі XDEP, яка представлялась користувачеві через голосовий інтерфейс. Архітектуру цієї системи представлено на Рис.2

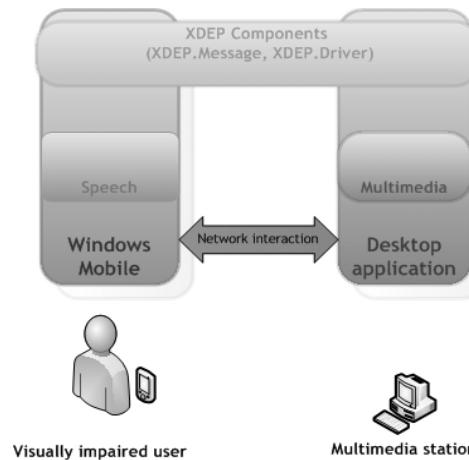


Рис. 2. Архітектура системи допомоги особам із ускладненнями зору

Нижче представлено приклад однієї з команд протоколу XDEP для проекту Fenestra :

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<XDEPDriver ProtocolName ="Fenestra" ServerName="Fenestra Server" start-
command="">
  <Commands>
    <Command>
      <Name>protocol syntax</Name>
      <IsStatic>false</IsStatic>
      <IsDriverDescription>true</IsDriverDescription>
      <IsSilent>false</IsSilent>
      <Description>gets the protocol description</Description>
      <Parameters>
        <param>
          <ParamName>Protocol</ParamName>
          <PredecessorParamReference />
          <ParamType>String</ParamType>
          <ParamDefaultValue = "" />
          <Direction>Out</Direction>
        </param>
      </Parameters>
      <Successors>
      </Successors>
    </Command>
    <Command>
      <Name>music play</Name>
      <IsStatic>true</IsStatic>
      <IsSilent>false</IsSilent>
      <Description>If you want to listen to some music</Description>
      <Parameters>
      </Parameters>
    </Command>
    <Command>
      <Name>music stop</Name>
      <IsStatic>true</IsStatic>
      <IsDriverDescription>false</IsDriverDescription>
      <IsSilent>false</IsSilent>
      <Description>If you want to stop listening to the music</Description>
      <Parameters>
      </Parameters>
    </Command>
  </Commands>
</XDEPDriver>

```

Цей приклад демонструє три команди з самоописуємою структурою. Одна з цих команд protocol syntax – базова команда для всіх протоколів побудованих із-за допомогою правил XDEP. Дві інші (music play команда, яка

запускає програвач музики та music stop, яка зупиняє аудіотрек) – специфічні команди даного прикладу.

При розгляді XDEP необхідно приділити додаткову увагу іменуванню команд, їх опису та параметрам. Може здатись, що досить великий опис команд збільшує їх розмір, таким чином збільшується і мережевий трафік. Однак, враховуючи швидкість росту потужності комп'ютерних мереж, цей факт можна ігнорувати. На противагу, такий підхід дозволяє інтегрувати різні прилади, навіть ті, які орієнтовані для людей з проблемами зору. Як результат клієнтські програми можуть успішно використовувати аудіо інтерфейси, що дозволяє не змінювати представлення даних (мета дані) та адаптувати команди для приладів з різним інтерфейсом.

Наступним кроком вивчення протоколу буде розгляд опису команд в загальному випадку.

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<XDEPDriver ProtocolName="TheNameOfTheCurrentProtocol"
  ServerName ="TheNameOfTheServerDevice"
  startcommand="NameofTheStartingcommand">
  <Command name="CommandName" isStatic="boolean"
  description="userfriendlydescription">
    <parameters>
      <param
        paramName="paramName"
        predecessorParamReference="paramName"
        paramType= "integer|boolean|string|list"
        maximumValues ="integer value"
        minValues="integer value"
        validationRule="regular expression"
        paramDefaultValue= "thevalue"
        direction="in|out|inout">
        <values>
          <value key="value" value="value"/>
        </values>
      </param>
    </parameters>
    <successors>
      <successor commandName="CommandName"
        autocall="bool"/>
    </successors>
  </Command>

```

Комуникація між клієнтськими та серверними програмами виконується, в командному режимі. Нижче пропонується загальний синтаксис запитів та відповідей протоколу: Запит виглядає наступним чином:

```
<XDEPInlineCommand commandName="CommandName">
<parameters>
  <param paramName="paramName" paramValue="theValue"/>
</parameters>
</XDEPInlineCommand>
```

Відповідь:

```
<!--Response sent to the client's command-->
<XDEPInlineResponse commandName="commandName">
<param
  paramName="paramName"
  paramDefaultValue= "theValue">
<!--in case the value is a list-->
<values>
  <value key="value" value="value"/>
</values>
</param>
</XDEPInlineResponse>
```

Перший запит, що відправляється до серверної команди має бути ProtocolSyntax, для того, щоб отримати опис всіх запитів та відповідей доступних в конкретній серверній реалізації протоколу, та порядок їх виконання.

```
<ProtocolSyntax>
<parameters>
  <param paramName="devicename"
paramValue="the_name_of_the_device"/>
</parameters>
</ProtocolSyntax >
```

Так як протокол вимагає виконання команди ProtocolSyntax, вона має бути закодована в клієнтську програму. Відповідь на цей запит надає користувачу синтаксис протоколу. Такий підхід дозволяє в універсальній формі

1. Конструювати інтерфейси користувача не прив'язуючись до конкретного візуального представлення даних;
2. Визначати кроки виконання програми.

Ідея цього підходу нагадує принципи роботи HTTP. Однак, існує три суттєві особливості, що відрізняють XDEP від HTTP [6] та веб-сервісів [2], [3]:

- Команди добре структуровані, що дозволяє їх ефективно оброблювати машиною;
- Інтерфейс користувача конструюється під час роботи програми;
- Чітко визначені кроки виконання та порядку обміну командами.

Третя особливість вимагає додаткового розгляду. Ідентифікація порядку виконання команд досягається через теги startCommand, successors та predecessorParamReference (див. синтаксис протоколу) . Перший тег використовується для визначення першої команди циклу виконання програми. Цю команду клієнт-програма має відправити першою на сервер. Це є початкова точка виконання програми. Наступний тег successors надає перелік команд, які можуть бути виконані після поточної команди. Важливо зауважити, що презентація цієї інформації для користувача повністю залежить від клієнт-програми. Тег successor містить autocall параметер, який визначає - чи виконується наступна команда після закінчення виконання поточної команди автоматично. Така функціональність необхідна в разі, коли програма має виконувати деякий послідовний набір команд. Останній тег predecessorParamReference використовується для визначення параметрів попередньої команди, дані з яких треба передати в поточний параметр. Таке представлення допомагає передати дані з однієї команди до іншої, в разі, якщо ці дані надходять з сервера. Ця особливість ставить XDEP окремо від протоколів, які не підтримують поняття стану[4]. Вона досягається через перенесення логіки послідовності виконання програми на клієнт-частину. Цей підхід виражає поняття сесії, який навіть сьогодні не підтримується в веб-сервісах.

Для того, щоб чітко зрозуміти зміст використання цієї функціональності розглянемо ще раз проект Fenestra. У зв'язку з тим, що клієнт програма працює в аудіо режимі, після виконання кожної з команд користувач від персональної консолі отримує голосове повідомлення про результат виконання запиту та переліком можливих наступних команд. Користувач голосом обирає команду для виконання. Як тільки пристрій успішно розпізнавав голосову команду, користувачу пропонувалось вказати дані для параметрів запиту. В разі, якщо параметри вимагали визначених даних, їх перелік зачитувався користувачеві. Коли всі голосові повідомлення інтерпретувались однозначно, клієнт-програма відправляла команду на сервер і процес починається спочатку.

Табл. 1 містить перелік всіх тегів та коментарі до них, які використовуються в цій програмі.

Кожна команда вимагає введення різних параметрів цілого, строкового, або інших типів. Додатково, деякі параметри можуть мати не одне значення, а їх набір.

Перелік тегів

Таблиця 1.

Назва тегу	Опис
XDEPDriver	Базовий тег для опису протоколу
ProtocolName	Ім'я протоколу
ServerName	Ім'я серверу
startcommand	Стартова команда
Command	Мета опис конкретної команди
Name	Ім'я команди
IsStatic	Визначає чи доступна команда в будь-який момент часу
Description	Опис команди
Parameters	Мета опис параметрів
ParamName	Ім'я параметру
predecessorParamReference	Посилання на параметр з минулої команди
paramType	Тип параметру <i>integer/boolean/string/list;</i>
paramDefaultValue	Значення по-замовчуванню
maxValues	Максимальна довжина значення параметру
minValues	Мінімальна довжина значення параметру
validationRule	Правило верифікації значення визначене через регулярні відносини
Direction	Визначає як оброблюється параметр. Можливі варіанти: <i>in out inout</i>
Values	Тег з переліком передзвізначених значень параметру
Key	Ключ переліку
Value	Значення переліку
Successors	Перелік команд, які доступні користувачеві після закінчення обробки поточної команди
CommandName	Ім'я команди
Autocall	Чи автоматично визивається команда

Під час розгляду представленого підходу, автор зробив акцент на перевагах протоколу з точки зору користувачів. Однак, структурність протоколу також мотивує його технологічне застосування. Згідно агенції досліджень Juniper Research, кількість користувачів, які будуть активно використовувати їх мобільні пристрої до 2011 складе 54 мільйони. А кількість їх транзакцій складатиме 11,5 \$ міліардів [5]. Це відкриває нові простори для застосування протоколу.

Зараз, розглянемо ще один раз приклад із велосипедними станціями з перспективи розробки протоколу на базі XDEP. Можна сміливо заявити, що 100% користувачів кредитних карток володіють мобільним телефоном. Припустимо, що замість автоматичних пунктів, керівництво міста облаштувало платформи Bluetooth® серверами.

Актор (мандрівник) наближається до пункту з орендою велосипедів. На його мобільному телефоні встановлена програма які підтримує функції протоколів XDEP. Ця програма автоматично фіксує серверну платформу через Bluetooth® канали. В разі, якщо користувач вперше користується послугою, програма вимагає ввести деталі кредитної картки (можливо, якщо користувач повністю довіряє інформаційним системам, він вкаже номер кредитної картки, який програма зможе використовувати всюди), в іншому випадку, програма автоматично відправляє дані про взятий у поточний момент велосипед (час, номер та платформа оренди). Таким чином актор може продовжити свою подорож не змінюючи велосипед та не втрачаючи час на формальні процедури. До того ж, такий підхід дозволить знизити вартість обладнання нових платформ та їх майбутнє обслуговування. В разі ж, якщо користувач не має відповідну програму на своєму пристрої, вона може бути завантажена через ті ж бездротові канали.

Висновки. В даній статті було розглянуто еволюцію класу протоколів XDEP, який призвів до нової можливості конструювання інтерфейсів користувачів незалежно від типу та функціонального призначення мобільних пристріїв. Основною ціллю цього рішення була автоматизація процесів, необхідних для надання різноманітних послуг для різних груп користувачів. Ця мета була досягнена через розробку класу платформонезалежних протоколів. У роботі представлено два приклади, один з яких - програмний проект Fenestra розроблений для конкурсу Microsoft Imagine Cup. Другий, – розглянутий в перспективі застосування для вирішення недосконалостей існуючої системи, Velolib. В наступних роботах автор продовжить розвинення XDEP через більш детальне дослідження проблем верифікації даних та методів обробки помилок. Як тільки ці питання будуть остаточно вирішенні, система буде готова до запуску в промислових проектах.

Список літератури: 1. Doroshenko, A; Yatsenko, K: Protocols for Mobile Devices Integration in Heterogeneous Environments // Proc. ISTA'2007. 2. Graham, S; Davis, D. et al. Building Web Services with Java : Making Sense of XML, SOAP, WSDL, and UDDI (2nd Edition) (Developer's Library), 2004. 3. Rogerson, D.: Inside Com (Microsoft Programming Series), 1997. 4. Troelsen, A.: COM and .NET Interoperability, 2002. 5. <http://zoom.cnews.ru/blog/?p=5847>, 2007. 6. Gundavaram, S.: CGI Programming on the World Wide Web (Nutshell Handbook), 1996. 7. Swanke, J.: COM Programming by Example: Using MFC, ActiveX, ATL, ADO, and COM+ (with CD-ROM), 2000. 8. Foggon ,D; Maharry D.; Ullman, C.; Watson, K.; Programming Microsoft .NET XML Web Services (Pro-Developer), 2003. 9. Куроуз Дж., Росс К., Кузнецов А.; Компьютерные сети: Многоуровневая архитектура Интернета, 2004. 10. Заика А.; Компьютерные сети, 2006. 11. Наконечний В., Тарасов Д.; Інтелектуальна інформаційна система моніторингу та аналізу стану безпеки в мережі інтернет, 2007. 12. Тарасов Д., Серов Ю.; Методи побудови тематичних каталогів тегів на основі сервісів закладок.

ОСОБЕННОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ЛАБОРАТОРИЙ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

В статті розглянута задача вибору та обґрунтування концепції представлення хроматографічних даних у лабораторній інформаційно-управляючій системі. Здійснено аналіз вимог належної лабораторної практики (GLP), а також проблем, пов’язаних з представленням хроматографічних даних відповідно до цих вимог. Запропоновано підхід, який об’єднує переваги сховищ даних з XML-технологіями.

In article a problem of choice and argumentation of chromatographic data representation concepts in Laboratory Information Management System is considered. Analysis of Good Laboratory Practice (GLP) requirements and concerned problems of chromatographic data representation is implemented. A research based on joining of advantages of Data Warehouses and XML technologies is proposed.

Введение. Интеграция Украины в европейское экономическое пространство требует нового подхода к контролю качества промышленной продукции. Это в первую очередь относится к так называемым регулируемым отраслям экономики, прежде всего изделий медицинского назначения.

В настоящее время во всех странах Европы уделяется большое внимание развитию лабораторных информационно-управляющих систем (ЛИУС, или LIMS, Laboratory Information Management Systems). Данный термин точнее было бы перевести как системы управления лабораторной информацией, так как их основное предназначение заключается в обработке информации, необходимой лаборатории - регистрацию и отслеживание образцов, их распределение в обработку, ввод результатов и формирование сертификатов анализа, создание различных статистических отчетов и т.п. [1].

Достоверность результатов анализов, обеспечивающая качество продукции, важна во всех отраслях народного хозяйства. Использование ЛИУС в так называемых регулируемых отраслях экономики, прежде всего в производстве изделий медицинского назначения, обуславливает дополнительные требования к таким системам. Все информационные процессы, происходящие в ЛИУС, должны строго соответствовать требованиям надлежащей лабораторной практики (Good Laboratory Practice, GLP) в частности дополнительным требованиям, накладываемым

на компьютеризованные системы, используемые в таких отраслях. К таким требованиям относятся: обеспечение хранения полного следа всех изменений данных без потери первичных данных, наличие связи информации с лицами, внесшими данные, и временем внесения, хранение вспомогательной информации в архиве, хранение данных, записанных вручную, как первичных, обеспечение защиты информации [2].

Среди методов лабораторного анализа, применяемых при производстве лекарственных препаратов, одним из самых распространенных и полных с точки зрения результатов является хроматографический анализ. Этот вид анализа основан на разделении веществ между двумя фазами – неподвижной и подвижной [3]. После чтения исходной, т.н. «сырой» хроматограммы, она подлежит дальнейшей обработке с целью фильтрации шумов, детекции базовой линии и пиков, в частности, разделения неразделенных пиков, выделения «пиков на хвосте» и т. д.

Для реализации обработки хроматографических данных могут использоваться различные алгоритмы, характеризующиеся, кроме всего прочего, различными наборами параметров [4]. Все это говорит о сложности задачи представления хроматографических данных и необходимости ее адекватного решения.

1. Постановка задачи исследования. Определение концепции хранения хроматографических данных включает решение ряда взаимосвязанных подзадач. Необходимо сделать выбор между использованием базы данных и файловой системы, текстовых и двоичных файлов, открытым и закрытым форматом, стандартными и специфическими форматами данных и т. д. Решение поставленных задач должно базироваться на анализе существующих подходов к их решению, в том числе, в историческом аспекте.

Практика строгого документирования результатов анализа всегда была типичной для фармакопейной отрасли всегда, в том числе и в докомпьютерную эпоху. Первый этап компьютеризации обработки данных в лабораториях связан с использованием текстовых файлов. Недостатки такого способа хранения данных очевидны: не может идти речи ни о персонализации, ни об отслеживании доступа к данным, ни о представлении необходимой дополнительной информации. В связи с невозможностью использования текстовых файлов как полноценных документов весь контроль и отслеживания информации продолжал происходить на уровне бумажных носителей. Зачастую повторные исследования требовали повторного ручного ввода исходных данных, что

кроме всего прочего увеличивало вероятность ошибок и искажений информации.

Следующий этап компьютеризации лабораторных исследований связан с появлением закрытых форматов данных, являющихся собственностью компаний-разработчиков программного обеспечения. Здесь недостатки также очевидны. Закрытость формата затрудняет процедуру валидации программного обеспечения и результатов экспериментов. Наличие в системе звеньев, недоступных для проверки делает результирующие документы невалидными с точки зрения GLP. Кроме того, стремительная эволюция операционных систем и сред программирования часто приводила к тому, что программное обеспечение оказывалось по этим причинам непригодным к повторному использованию иначе, как для воспроизведения ранее полученных данных с распечатки [5].

Современный этап развития лабораторных информационных систем характеризуется переходом к открытым форматам данных лабораторных исследований. Первые попытки стандартизации форматов аналитических данных предпринимались в восьмидесятые годы. В частности, группой ученых, занимающихся спектроскопией, был предложен формат JCAMP, основанный на использовании ASCII файлов [6]. Спецификация формата была одновременно и сложной, и неполной.

Следующая, более удачная попытка стандартизации лабораторных данных связана с созданием формата, именуемого ANDI (Analytical Data Interchange), изначально разработанного и поддерживаемого Ассоциацией аналитического инструментария (Analytical Instrumentation Association, AIA) [7]. В отличие от JCAMP, разработчики изначально нацелили свой проект на поддержку требований GLP.

Эти и другие проекты страдали общими недостатками – ориентацией на конкретные, ныне устаревшие форматы данных, невозможностью расширения. Кроме того, эти и другие открытые форматы не предусматривают хранения методик расчетов, что входит в разрез с требованиями надлежащей лабораторной практики.

Следует также учесть, что аналитические данные должны быть тесно интегрированы с системой управления лабораторией, информационными потоками, а также хорошо отражать специфику различных видов анализа, в частности хроматографического анализа.

Широкое использование хроматографии в лабораторных исследованиях, важность сохранения полной информации обо всех этапах и результатах исследований, необходимость обеспечения доступности данных в соответствии с требованиями GLP делают актуальной задачу

определения концепций представления и адекватных форматов хроматографических данных.

2. Концепция представления хроматографических данных и ее составляющие. Сравнительный анализ методов представления данных, обеспечивающих открытость, доступность, читаемость, свободно расширяемый формат и переносимость, позволяет сделать выбор в пользу XML-документов. В настоящее время такой подход уже нашел свое применение в аналитической химии. Разработано большое количество языков представления аналитических данных, в том числе ставших промышленным стандартом [5]. Многие языки претендуют на общность представления. При этом, безусловно, сокращается возможность представления данных, специфических прежде всего для хроматографического анализа. Следовательно, перспективным является подход, позволяющий расширить универсальные языки представления аналитических данных, дополнив их тегами, специальными для хроматографии.

Вместе тем, открытость XML-формата делает затрудняет использование XML-документов для хранения информации, позволяющей идентифицировать все этапы анализа и конкретных его участников. Будучи свободно доступной, такая информация может быть преднамеренно искажена или вовсе утеряна, а следовательно, снова всплывает необходимость дублирования информации в текстовых документах.

Требованиям GLP, предполагающим хранение всей истории проведения анализов, начиная с хорошо соответствует концепция хранилищ данных [8]. Хроматографическая информация вполне удовлетворяет требованиям хранилища данных, так как является предметно-ориентированной, интегрированной, поддерживает хронологию и практически не изменяется во времени. Корпоративное хранилище данных поддерживает историческую целостность данных. В хранилище попадает исчерпывающий набор исходных данных из различных источников, который хранится в своем первоначальном состоянии и не удаляется. Для исходных данных допускается некоторое нарушение целостности и непротиворечивости.

Недостатком традиционных хранилищ данных, построенных на реляционной модели, является неадекватность этой модели самим хроматографическим данным.

Эффективное решение задачи может быть получено за счет применения технологии непосредственного хранения XML-документов в

реляционной базе данных. Такой подход обеспечивается многими современными СУБД, в том числе Oracle [9]. При этом сами хроматограммы импортируются, хранятся и экспортируются в XML-формате. Таким образом, речь идет о сочетании преимуществ хранилищ данных и XML-технологий.

В XML-ориентированных базах данных документы записываются в своем первоначальном состоянии, фиксируются системные даты – поступления документа, установление связей между элементами различных документов, прекращения действия документа.

Динамика развития методов обработки хроматографических данных определяет появление новых более эффективных математических методов, совершенствования уже существующих и т.д. Формат хранения хроматографических данных должен допускать представление данных, как о результатах обработки, так и о промежуточных данных, в том числе параметрах методов, использованных для обработки. Однако фиксация конкретного набора методик приводит к преждевременному моральному устареванию форматов данных и снижению их универсальности.

Для разрешения указанной проблемы можно воспользоваться накопленным опытом по представлению в XML-документах процедур преобразования. Это могут быть как стандартные языки, построенные на XML (например, XSLT), так и специализированные, отражающие специфику конкретной предметной области. Такое расширение представлений о хроматографических данных, безусловно требует разработки нового программного обеспечения. Однако отделение хранения алгоритмов от программ, реализующих эти алгоритмы, увеличивает срок жизни программного обеспечения и отодвигает время его морального устаревания.

3. Выводы. В процессе исследований обозначены проблемы, связанные с представлением данных аналитических лабораторий, обозначены требования, предъявляемые к представлению результатов лабораторных исследований в регулируемых отраслях экономики, в частности в производстве изделий медицинского назначения.

Проанализированы особенности хроматографической информации, требования к представлению хроматографических данных и процедур их обработки.

Выполнен анализ эволюции концепций представления форматов аналитических данных, стандартные подходы и языки, используемые в этой отрасли, их достоинства и недостатки.

Поставлена задача исследования, заключающаяся в определении

концепций представления и адекватных форматов хроматографических данных.

В результате исследования определены основные составляющие концепции представления хроматографических данных – использование XML-формата, использование технологий корпоративных хранилищ данных, непосредственное хранение в базе данных хроматограмм в виде XML-документов, а также хранение в XML-документах информации о процедурах обработки данных.

Список литературы: 1. Paszko C., Turner E. Laboratory Information Management Systems Revised & Expanded, CRC Press, 2001. – 242 p. 2. Good Practices for Computerized Systems in Regulated “GxP” Environments. – Geneva, Pharmaceutical Inspection Convention, 2003. – 50 p. 3. Столяров Б.В., Савинов И.М., Витенберг А.Г., Карцова А.А. Практическая газовая и жидкостная хроматография. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1998. – 610 с. 4. Felinger, A. Data Analysis and Signal Processing in Chromatography. Elsevier:Amsterdam, 1998. – 428 p. 5. Roth A., Jopp R., Schäfer R., Kramer G.W. Automated Generation of AnML Documents by Analytical Instruments, Journal of the Association for Laboratory Automation, 2006, 11, p. 247. 6. McDonald R. S., Wilks P. A. JCAMP-DX: A Standard Form for Exchange of Infrared Spectra in Computer Readable Form, Appl. Spec., Vol. 42, 1988, p. 151. 7. ASTM E1947-98, Standard Specification for Analytical Data Interchange Protocol for Chromatographic Data. 8. Иванов Л.В., Косвина Е.Б. Использование intranet-технологий в компьютеризированной системе обработки хроматографических данных. // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»: Збірка наукових праць. Тематичний випуск: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. Харків, НТУ «ХПІ», 2004. - №1. С. 93 – 99. 9. Scardina, M. , Chang, B. Wang. J. Oracle Database 10g XML & SQL: Design, Build, & Manage XML Applications in Java, C, C++, & PL/SQL. , Osborne, 2004, – 600 p.

Поступила в редколлегию 18.02.2008

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Grob H.L., Strauch G., Buddendick C.</i> A Procedure Model for Evaluating IT-Security Investments.....	3
<i>Helfert M., Dzhumalieva S.</i> Introducing Process Management in E-Government and Healthcare	16
<i>Kuznetsov K.A., Perederieieva O.I.</i> A Deterministic Annealing Algorithm for Neural Net Learning	27
<i>Russ C.</i> Spontaneous Diffusion of Information in Online Social Networks	36
<i>Shekhovtsov V.A., Kop Ch., Mayr H.C.</i> Towards Quality-Aware Predesign Model	48
<i>Talib M., Abusukhon A.</i> Graphics Technology to Model the Problems of Calculus Using Analytical Geometry	56
<i>Moskalenko V.V., Moskalenko V.Y.</i> An Architecture for Olap-Based Enterprise-Level Decision Support Systems	66
<i>Moskalenko V.V., Zakhарова Т.В.</i> Towards Developing a Decision Support System for Strategic Investment Applications	74
<i>Блажко А.А., Альсаффади Дж.Т.Д.</i> Тиражирование операций согласования в гетерогенных распределенных базах данных	84
<i>Векшин А., Семенюк А., Долгарев А.</i> Разработка прототипа имитационной среды для сбора требований качества	91
<i>Земляной А.А., Ткачук Н.В., Гамзаев Р.А.</i> Комплекс моделей технологии прототипирования для адаптивного проектирования компонентных программных решений	97
<i>Ланин В.В., Лядова Л.Н.</i> Интеллектуальные CASE-средства для разработки адаптируемых информационных систем	108
<i>Майшмаз Г.</i> Принятие решений при автоматизированной разработке программного обеспечения	117
<i>Гриша С.М., Родичева О.С., Приліпко Д.І.</i> Технологічно інтелектуалізовані інформаційні системи для управління бізнесом (ІСУБ) на основі алгебри показників	123
<i>Соколов Б.Н.</i> Подходы к учету требований качества при концептуальном проектировании и реализации программного обеспечения	133
<i>Сурженко И., Горченок О., Лютий Е.</i> Подходы к обработке требований качества на основе анализа естественного языка	138
<i>Томилко Ю.</i> Автоматизированное рецензирование исходного кода на основе онтологии правил	144
<i>Яценко К.І.</i> Протоколи для інтеграції мобільних пристройів із станціями по наданню послуг через бездротові електронні канали	152
<i>Иванов Л.В.</i> Особенности представления данных в информационных системах лабораторий, осуществляющих хроматографический анализ	161

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ “ХПІ”

Збірник наукових праць

Тематичний випуск “Системний аналіз, управління та інформаційні технології”

Випуск № 5

Наукові редактори
Михайло Дмитрович Годлевський,
Олександр Сергійович Куценко

Технічний редактор Шеховцов В.А.

Відповідальний за випуск Обухова І.Б.