

УДК 004.9

Н. А. Миронова,
Т. В. Юр, канд. техн. наук

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОЛЛЕКТИВНОГО ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

Аннотация. Разработана информационная технология коллективного экспертного оценивания на основе подхода анализа иерархий, позволяющая расширить функциональные возможности коллективных экспертных систем обработки информации для принятия решений.

Ключевые слова: система организационного управления, система технологического управления, коллективное экспертное оценивание, метод анализа иерархий, метод синтеза моделей

N. Myronova,
T. Yur, PhD.

INFORMATION TECHNOLOGY OF COLLECTIVE EXPERT EVALUATION

Abstract: In the paper the information technology of collective expert evaluation based on analytic hierarchy process is developed. It can extend the functions of collective expert systems of information processing for decision making.

Keywords: organization management system, process control system, collective expert evaluation, analytic hierarchy process, method of models synthesis

Н. О. Миронова,
Т. В. Юр, канд. техн. наук

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КОЛЛЕКТИВНОГО ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Анотація: Розроблена інформаційна технологія колективного експертного оцінювання на основі підходу аналізу ієрархій, що дозволяє розширити функціональні можливості колективних експертних систем обробки інформації з прийняття рішень.

Ключеві слова: система організаційного управління, система технологічного управління, колективне експертне оцінювання, метод аналізу ієрархій, метод синтезу моделей

Введение

Характерным признаком современного производства является широкое использование систем организационного и технологического управления. Внедрение этих систем требует обработки большого количества информации, представленной в виде экспертных оценок, что влечет за собой необходимость построения модели задачи многокритериального экспертного оценивания. Сложность решения такой задачи связана с анализом большого количества альтернативных решений с использованием различных критериев оценивания. На этапе оценивания альтернатив возникает необходимость реализации технологии коллективного экспертного оценивания (КЭО): формирование экспертной группы, организация взаимодействия между экспертами, получение экспертных оценок, реализация методов обработки экспертных оценок, агрегация экспертных суждений.

В настоящее время каждый этап технологии КЭО реализован в виде отдельных составляющих, которые реализуют определенные задачи процесса коллективной экспертизы: формирования экспертной группы [1], организации взаимодействия между экспертами [2 – 4], реализации методов поддержки групповых решений на основе использования байесовой сети [5], построения обобщенной ранжировки объектов экспертизы на основе теории свидетельств с учетом различных техник комбинирования [6].

В работе [7] приведена информационная технология (ИТ), которая позволяет объединить большую часть компонент технологии КЭО: подбор экспертов

для проведения коллективной экспертизы, формирование экспертами альтернатив и критериев для конкретной экспертизы, ранжирование выбранных альтернатив и критериев, агрегация суждений экспертов.

Недостатком данной ИТ является то, что она позволяет решать задачи однокритериального экспертного оценивания. Поэтому возникает необходимость разработки ИТ, позволяющей решать задачи многокритериального КЭО.

Подход на основе анализа иерархий предоставляет возможность решать многокритериальные задачи большой размерности, но возникает необходимость в реализации технологии, которая позволит объединить различные составляющие коллективной экспертизы. Проведение исследований в этом направлении является перспективным, а разработка ИТ многокритериального КЭО на основе подхода анализа иерархий является актуальной.

Постановка задачи

В настоящее время существуют коллективные экспертные системы обработки информации для принятия решений, реализующие отдельные методы многокритериального оценивания, но отсутствует формализованное описание последовательной технологии коллективной экспертизы. Существующая ИТ позволяет решать задачи только однокритериального коллективного оценивания. Поэтому целью данной работы является разработка ИТ многокритериального КЭО на основе подхода анализа иерархий, позволяющей объединить различные составляющие коллективной экспертизы.

Анализ математических моделей и методов информационно-технологии КЭО свидетельствует о том, что существующая база моделей состоит в основном из моделей на основе методов голосования и на основе классического метода анализа иерархий. Методы голосования не позволяют решать задачи обработки групповых экспертных оценок в условиях наличия большого количества сравниваемых объектов (альтернатив, критериев). Подход на основе анализа иерархий позволяет решать многокритериальные задачи большой размерности, но возникает необходимость в разработке модели, которая позволит улучшить структуризацию процесса коллективной экспертизы [1]. Для решения данной задачи усовершенствована модель КЭО на основе подхода анализа иерархий [8] и разработан метод синтеза моделей КЭО [9].

На основе проведенных разработок необходимо построить информационную технологию многокритериального КЭО.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать формализованное описание информационно-технологии многокритериального КЭО на основе подхода анализа иерархий;
- выполнить практическую реализацию разработанной ИТ.

Разработка информационно-технологии многокритериального коллективного экспертно-оценочного

Приведем вербальное поэтапное описание разработанной информационно-технологии многокритериального КЭО. Разработанная ИТ представлена в виде диаграммы деятельности на рис. 1.

Этап 1. Предварительный анализ проблемы и постановка задачи, определение цели процесса КЭО.

Этап 2. На основе предварительного анализа осуществляется предварительное формирование структуры процесса КЭО.

Этап 3. Формирование группы экспертов: регистрация участников, определение количества участников, расчет коэффициентов их компетентности методами определения по априорным или апостериорным данным, определение возможных коалиций с помощью кластерного анализа.

Этап 4. Анализ проблемной ситуации группой экспертов: формирование списка альтернатив, формирование фундаментальных факторов, критериев, влияющих на факторы, подкритериев с помощью методики мозгового штурма.

Этап 5. Выбор метода оценки альтернатив. Если задача КЭО является однокритериальной, то переход на этап 6, иначе этап 7.

Этап 6. Выбор определенного метода голосования по алгоритму выбора метода относительно характеристик входных данных (правила абсолютного и относительного большинства, правило большинства с выбыванием, правило Кондорсе, правило Борда, принцип меньшинства, принцип последовательного вето и др.). Проведение голосования. Применение методов расчета несогласованности резуль-

татов голосования, проведение дополнительного обсуждения в случае несогласованности оценок экспертов, определение коллективных оценок альтернатив. Переход на этап 20.

Этап 7. Реализация разработанной модели КЭО на основе подхода анализа иерархий [8], которая содержит множество характеристик и функций, а также цель процесса проведения коллективной экспертизы, и может быть представлена в виде следующих соотношений:

$$\langle TH, M, \theta, WPO, \xi, OA, G, L \rangle \quad (1.1)$$

$$\begin{cases} TH = F(S, A, B, X), & TH = \{TH_i\}_{i=1, \dots, 3}, \\ S = \{s_i\}_{i=1, \dots, m}, & A = \{a_i\}_{i=1, \dots, k}, \\ B = \{b_i\}_{i=1, \dots, j}, & X = \{x_i\}_{i=1, \dots, n}; \\ M = F(TH, \theta), & M = \{M_i\}_{i=1, \dots, 5}, \quad \theta = \{\theta_i\}_{i=1, \dots, 4}; \\ WPO = F(\theta), & WPO = \{WPO_i\}_{i=1, \dots, 4}; \\ \xi = F(\theta), & \xi = \{\xi_{ij}\}_{i=1, \dots, 3, j=1, \dots, 2}; \\ OA = F(TH, \theta), & OA = \{OA_{ij}\}_{i=1, \dots, 3, j=1, \dots, 3}; \\ G = F(\theta, X, L, X^*) \rightarrow \max_X, & G = \{g_i\}_{i=1, \dots, p}, \end{cases}$$

где TH – множество методов формирования иерархий, метод формирования зависит от типа иерархий;

S – множество признаков или критериев, описывающее задачу КЭО;

A – множество целей, характеризующее задачу КЭО;

B – множество ограничений, которое необходимо учесть в задаче КЭО;

X – множество альтернативных решений, из которых выбирается единственное оптимальное решение X^* ;

θ – множество способов измерения предпочтений экспертов (используемых шкал измерения оценок экспертов);

M – множество методов формирования матриц попарных сравнений (МПС), метод формирования МПС зависит от типа иерархий, количества объектов в иерархии;

WPO – множество методов обработки МПС (или метод получения вектора приоритетов), выбор метода зависит от шкалы измерения оценок эксперта;

ξ – множество способов оценки МПС, выбор метода зависит от типа оценок, способа пересмотра, структуры метода коррекции суждений экспертов;

OA – множество методов формирования итогового решения, выбор метода зависит от типа модели, способа свертки критериев и шкалы измерения оценок эксперта;

G – единое групповое предпочтение, определяется как функция от индивидуальных предпочтений;

L – решающее правило (способ), позволяющее согласовать индивидуальные предпочтения в единое групповое предпочтение $G = \{g_i\}_{i=1, \dots, p}$;

p – количество экспертов в группе.

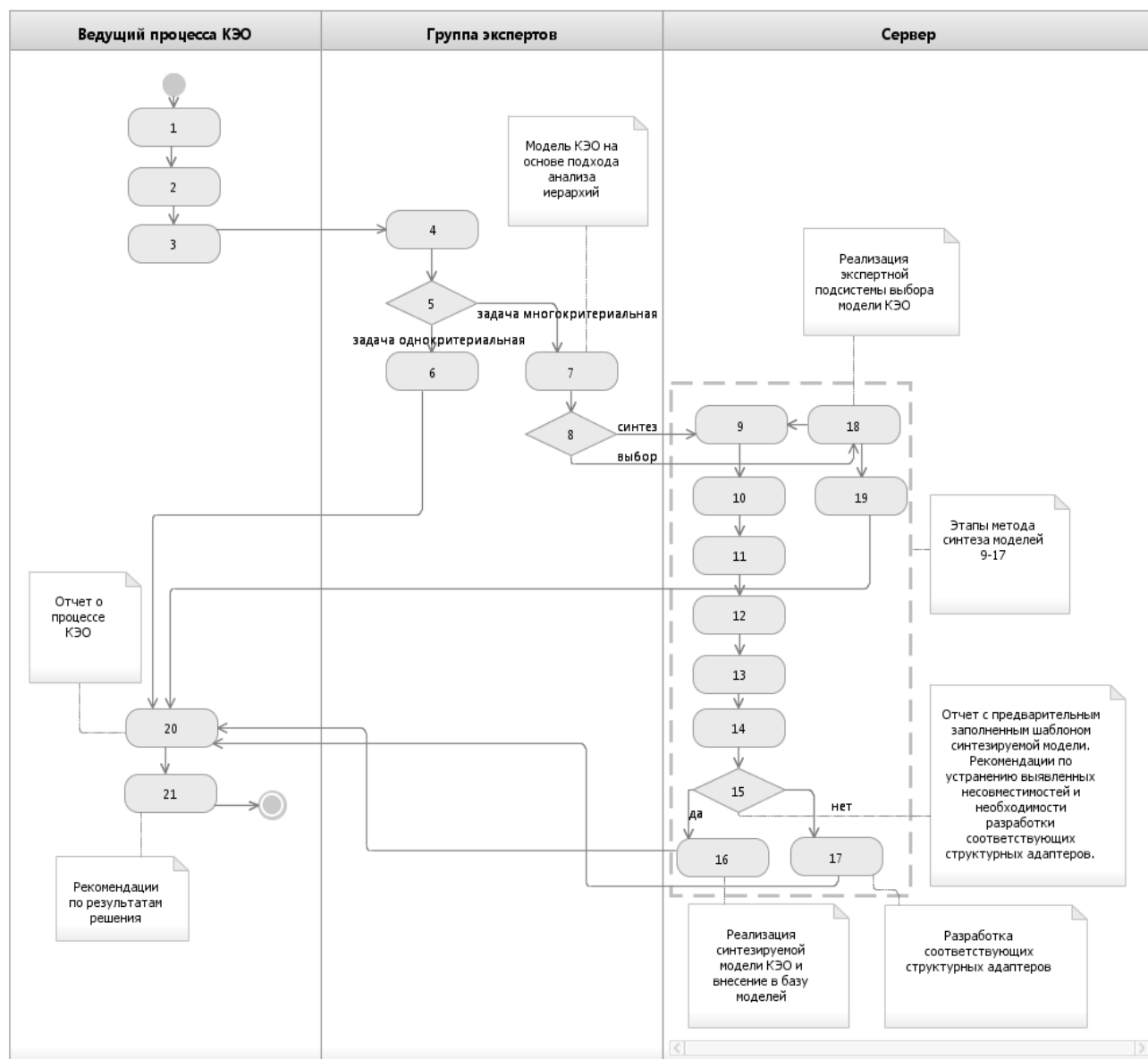


Рис. 1. Диаграмма деятельности, описывающая этапы информационной технологии

Данная модель КЭО отличается от существующих возможностью представления задачи в виде иерархической структуры критериев и альтернатив и позволяет выполнить выбор метода построения МПС в зависимости от вида иерархии, выбор метода обработки данных матриц, формирование итогового решения.

Приведенная структура – кортеж (1.1) – представляет собой шаблон решения задачи, который необходимо заполнить в процессе коллективной экспертизы. Предлагаемый шаблон позволяет обобщить и систематизировать методы реализации каждого из этапов обработки экспертных оценок, а также в дальнейшем синтезировать или выбрать модель.

Этап 8. Если в базе данных моделей отсутствует необходимая модель КЭО для данной задачи, то необходимо выполнить синтез необходимого варианта модели, иначе – выполнить выбор модели из базы данных моделей.

В случае принятия решения о синтезе модели переход на этап 9, иначе этап 18.

Этап 9. Постановочный.

Пусть $Bl = (Bl_1, Bl_2, \dots, Bl_{bl})$ – множество методов, которые сформировали базу структурных элементов модели КЭО, где Bl_i – структурный элемент метода КЭО, bl – общее количество структурных элементов.

Каждый структурный элемент метода Bl_i имеет свой идентификатор ID_i и описание (соответствие признаку).

Этап 10. Построение шаблона модели КЭО на основе подхода анализа иерархий.

Последующие этапы выполняются в соответствии с разработанным автором методом синтеза моделей КЭО на основе подхода анализа иерархий [9].

Этап 11. Заполнение шаблона модели.

Классификационный признак из кортежа (1.1) соответствует структурному элементу Bl_i . В структуре шаблона $Template = \{Step_i\}_{i=1, \dots, st}$ соответствующий

щий элемент $Step_i$ согласно описанию заполняется определенным структурным элементом Bl_i .

Этап 12. Определение маски синтеза (которая характеризует новую, еще несуществующую модель), формирование правила отбора структурных элементов модели (применение фильтра условий к методам), задание VT – вектора требований к новой модели.

Этап 13. Заполнение шаблона новой модели *Template*, выбор требуемых «строительных блоков» Bl_i согласно выдвинутым требованиям VT .

Этап 14. Определение несоответствий входных и выходных данных методов-блоков, мест несовместимости в новой модели.

Этап 15. Формирование отчета с предварительным заполненным шаблоном модели. Пользователю (эксперту) передается отчет с предварительным заполненным шаблоном модели. Предоставление рекомендаций по устранению выявленных несовместимостей и необходимости разработки соответствующих методов-адаптеров. Если все структурные элементы модели присутствуют в базе методов, то переход на этап 16, иначе – на этап 17.

Этап 16. Реализация синтезируемой модели КЭО и внесение в базу моделей. Выполнение оценки альтернатив с помощью полученной модели. Переход на этап 20.

Этап 17. Разработка соответствующих структурных адаптеров, которые позволяют объединить определенные этапы модели. Переход на этап 20.

Этап 18. Реализация подсистемы выбора модели КЭО. Введение входных условий для выбора необходимой модели. Если идентификатор модели, который удовлетворяет заданным условиям, можно получить с помощью правил базы знаний, то переход на этап 19, иначе формирование новой модели КЭО – переход на этап 9.

Этап 19. Модель присутствует в базе моделей, оценка альтернатив выполняется с помощью данной модели.

Этап 20. Формирование общего отчета о процессе КЭО.

Этап 21. Принятие коллективного решения: анализ и интерпретация полученных результатов (определение наилучшей альтернативы или наилучших альтернатив), предоставление рекомендаций по результатам решения.

Данная ИТ является улучшением информационной технологии КЭО, предложенной в работе [7].

Предлагаемая ИТ отличается от существующих введением усовершенствованной модели КЭО на основе подхода анализа иерархий и метода синтеза моделей КЭО на основе подхода анализа иерархий, что отображено на этапах 7-19.

Практическая реализация информационной технологии

Предложенная ИТ реализована в рамках коллективной экспертной системы обработки информации для принятия решений.

Проектирование системы выполнено в соответствии с международным стандартом разработки про-

граммного обеспечения – методологии Rational Unified Process – с использованием унифицированного языка моделирования UML в среде проектирования IBM Rational Software Architect for WebSphere Modeler 8.0.3.

Разработанная система имеет клиент-серверную архитектуру. Администратор, эксперт и ведущий процесса КЭО являются тремя типами клиента, устанавливающими соединения с сервером и имеющие различные полномочия, соответствующие их функциям.

Клиентская часть (эксперт, администратор, ведущий процесса КЭО) включает два компонента: подсистему интерфейса клиента ClientGUI и подсистему сетевого взаимодействия ClientNetworkSupport (отвечает за коммуникацию между серверной частью системы и соответствующим клиентом).

Серверная часть состоит из следующих компонентов: подсистемы ServerNetworkSupport, подсистемы взаимодействия с базой данных, подсистемы КЭО методами анализа иерархий, подсистемы КЭО методами голосования, подсистемы управления сессиями КЭО, подсистемы выбора модели КЭО и подсистемы синтеза модели КЭО.

Основные вычислительные мощности расположены на сервере (серверах), используя клиентские части лишь для передачи необходимой для обработки информации и инициирования некоторых ключевых этапов в работе. Таким образом, реализована схема «тонкого» клиента.

Коллективная экспертная система обработки информации для принятия решений разработана с помощью объектно-ориентированного языка программирования Java в среде разработки Eclipse 3.7 (Indigo). Для хранения и обработки данных использована СУБД MySQL 5.1.6. Для доступа к данным была применена технология Java Database Connectivity (JDBC) и соответствующий драйвер для MySQL (mysql-connector-java-5.1.19).

Подсистема на основе метода логического вывода позволяет выполнить выбор модели КЭО в зависимости от множества входных условий.

Подсистема синтеза моделей КЭО [10] позволяет сформировать необходимый вариант модели КЭО в зависимости от множества входных данных.

Практическое применение разработанной информационной технологии

Разработанная ИТ была применена для диагностирования технического состояния узлов газотурбинного двигателя (ГТД). Объектом исследования являлась лопатка второй ступени турбины низкого давления турбореактивного двухконтурного двигателя Д-36.

В процессе ремонта двигателя, после полной или частичной разборки, промывки и очистки на участок контроля для дефектации поступают узлы и детали ГТД. Лопатки турбины подвергаются различным методам контроля: внешнему (визуальному) осмотру, рентгеновскому, люминесцентному, метрологическому и ряду другим.

По результатам дефектации оформляют сводную ведомость дефектов, в которую вносят обнаруженные

несоответствия, не отраженные в действующей ремонтной документации, описание этих несоответствий и решение комиссии ведущих специалистов предприятия (управление главного конструктора, управление главного технолога, управление главного металлурга):

- лопатки, подлежащие ремонту и восстановлению;

- лопатки, не подлежащие ремонту;

- лопатки, не требующие ремонта.

Для снижения себестоимости ремонта ГТД в целом на этапе дефектации необходимо в зависимости от выявленного технического состояния лопаток обоснованно принять одно из решений, приведенных выше.

Для сбора статистических данных был проведен анализ ведомостей дефектов 20 комплектов лопаток второй ступени турбины низкого давления двигателя Д-36.

В ремонтном производстве задачей дефектации лопаток турбины является принятие решения о ремонтпригодности рассматриваемого компонента. Возможные альтернативы: установить лопатки на двигатель без ремонта; установить с оформлением карты разрешения; забраковать; подвергнуть ремонту. В качестве критериев оценки состояния лопаток выбраны характерные дефекты, выявляемые на этапе дефектации, которые разбиты на группы (по методам выявления):

- группа 1 – метрологический контроль – дефекты, выявляемые при метрологическом контроле (отклонения размеров от нормативных значений);

- группа 2 – визуальный контроль – дефекты, выявленные при визуальном осмотре (раковины, деформации, выработка, вырывы металла, забоины, налипание металла);

- группа 3 – люминесцентный контроль – трещины и другие дефекты, выявляемые при контроле люминесцентным методом (свечение, выпотевание).

Была построена иерархия оценки технического состояния лопаток авиационного двигателя.

Для решения задачи диагностирования технического состояния узлов авиационного двигателя была применена разработанная ИТ. Входными условиями для выбора необходимой модели являлись тип иерархий (первый тип), способ измерения предпочтений экспертов (точечные оценки), метод попарных сравнений (классический, предложенный Саати), метод получения вектора приоритетов (для обработки МПС, представленных точечными оценками), способ оценки и коррекции экспертных суждений (по типу оценок), метод синтеза итогового решения (линейная свертка критериев, иерархический синтез).

Для решения поставленной задачи была синтезирована модель на основе модификации метода анализа иерархий – метода на основе иерархии с одинаковым числом и функциональным составом альтернатив под критериями.

Были проведены обработка и анализ 20 комплектов лопаток ГТД. Оценки альтернатив полученных в результате применения ИТ соответствуют оценкам, полученным от экспертов.

ИТ позволяет выполнять групповую экспертную оценку для задачи диагностики технического состояния узлов любых компонентов ГТД.

Для этого выполняются предварительный анализ предметной области (анализ информации о техническом состоянии узла, анализ комплектов карточек контроля и т.п.), на основании которого строят иерархию, которую заносят в базу иерархий и затем используют для последующего КЭО.

Выводы

В работе выполнена разработка информационной технологии многокритериального коллективного экспертного оценивания на основе подхода анализа иерархий.

Результаты работы были внедрены в АО «Мотор Сич» для решения задачи групповой экспертной оценки технического состояния узлов технического объекта на примере лопаток газотурбинного двигателя, что позволило сократить время выполнения технологической подготовки производства.

Список использованной литературы

1. Вдовиченко І. Н. Інформаційні технології багатокритеріального експертного оцінювання альтернатив у соціальних системах [Текст]: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.13.06 / Вдовиченко Ірина Никифорівна; НАН України. Ін-т пробл. мат. машин і систем. – К. : – 2008. – 20 с.

2. Помазун О. М. Особливості побудови групової системи підтримки прийняття рішень з реінжинірингу бізнес-процесів [Текст] / О. М. Помазун // Вісник Запорізького національного університету. – Запоріжжя : – 2009. – № 1(4). – С. 83 – 88.

3. Power D.J., (2000), Web-based and Model-driven Decision Support Systems Concepts and Issues, California: Long Beach California, 92 p.

4. Gray P., (2008), The Nature of Group Decision Support Systems, *Handbook on Decision Support Systems 1. International Handbooks Information System*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 371 – 389.

5. Петух А. М. Автоматизована система підтримки групових рішень [Текст] / А. М. Петух, В. В. Войтко, Є. В. Кузьмін, Н. Ф. Кузьміна // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця : – 2009. – № 1. – С. 76 – 79.

6. Коваленко І. І. Методи експертного оцінювання сценаріїв: учеб. пособие [Текст] / І. І. Коваленко, А. В. Швед.. – 2012. – Николаев : Черноморский государственный ун-т им. Петра Могила. – 154 с.

7. Крючковский В. В. Интроспективный анализ. Методы и средства экспертного оценивания [Текст]: монография / В. В. Крючковский, Э. Г. Петров, Н. А. Соколова, В. Е. Ходаков: под ред. Э. Г. Петрова. – Херсон : Гринь Д.С., 2011. – 168 с.

8. Миронова Н. А. Интеграция модификаций метода анализа иерархий для систем поддержки принятия групповых решений [Текст] / Н. А. Миронова // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – Запорожье : – 2011. – № 2(25). – С. 47 – 54.

9. Миронова Н. А. Метод синтеза группового решения для многокритериальных задач большой размерности [Текст] / Н. А. Миронова // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка». – Донецьк : ДВНЗ «ДонНТУ». – 2012. – № 16 (204). – С. 175 – 179.

10. Mironova N., (2013), The Extension of GDSS Architecture by the Subsystem of Group Decision Method Synthesis, *Proceedings of the 2013 IEEE 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS): Technology and Applications*, Berlin, Germany, Vol. 1, pp. 216 – 219.

Получена 22.05.2015

References

1. Vdovychenko I.N. Informatsiini tekhnolohii bahatokryterialnoho ekspertnoho otsiniuvannia alternatyv u sotsialnykh systemakh [Information Technologies of Multicriterion Expert Estimation of Social System Alternative], (2008), *Avtoref. Dys. na Zdobuttia Nauk. Stupenia Kand. Tekhn. Nauk: 05.13.06, NAN Ukraine. Int Probl. Mat. Mashyn i System*, Kiev, Ukraine, 20 p. (In Ukrainian).

2. Pomazun O.M. Osoblyvosti pobudovy hrupovoi systemy pidtrymky pryiniattia rishen z reinzhyrnyhу biznes-protsesiv [Features of the Group Decision Support Systems' Construction for the Business-Processes Reengineering], (2009), *Visnyk Zaporizkoho Natsionalnoho Universytetu*, Zaporizhzhya, Ukraine, No. 1(4), pp. 83 – 88 (In Ukrainian).

3. Power D.J., (2000), Web-based and Model-driven Decision Support Systems Concepts and Issues, *Long Beach California*, California, USA, 92 p. (In English).

4. Gray P., (2008), The Nature of Group Decision Support Systems, *Handbook on Decision Support Systems 1. International Handbooks Information System. Springer Berlin Heidelberg*, Berlin, Germany, pp. 371 – 389 (In English).

5. Pietukh A.M., Voitko V.V., Kuzmin Ie.V., and Kuzmina N.F. Avtomatyzovana systema pidtrymky hrupovykh rishen [Automated System Support Group Decisions], (2009), *Visnyk Vinnytskoho Politekhnichnoho Instytutu*, Vinnytsia, Ukraine, No. 1, pp. 76 – 79 (In Ukrainian).

6. Kovalenko I.I., and Shved A. V. Metody jekspertnogo ocenivannia scenariiev [Methods of Expert Evaluation Scenarios], (2012), *Ucheb. Posobie, Chernomor. Gos. Un-t im. Petra Mogily, Nikolaev*, Ukraine, 154 p. (In Russian).

7. Krjuchkovskij V.V., Petrov Je.G., Sokolova N.A., and Hodakov V.E. Introspektivnyj analiz. Metody i sredstva ekspertnogo ocenivannia [Introspective Analysis. Methods and Tools of Expert Evaluation], (2011), *Mono-grafija, Grin' D.S.*, Kherson, Ukraine, 168 p. (In Russian).

8. Mironova N.A. Integracija modifikacij metoda analiza ierarhii dlja sistem podderzhki prinjatija gruppovykh reshenij [Integration of Modifications of the Analytical Hierarchy Process for Group Decision Making

Support Systems], (2011), *Radioelektronika. Informatika. Upravlenie*, Zaporizhzhya, Ukraine, No. 2(25), pp. 47 – 54 (In Russian)

9. Mironova N.A. Metod sinteza gruppovogo reshenija dlja mnogokriterial'nyh zadach bol'shoj razmernosti [Group Decision Making Synthesis Method for Solving Large-Scale Multi-Criteria Problems], (2012), *Naukovi Pratsi Donetskogo Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu. Seriia "Informatyka, Kibernetyka ta Obchyslivvalna Tekhnika"*, Donetsk, Ukraine, DVNZ "DonNTU", No. 16 (204), pp. 175 – 179 (In Russian).

10. Mironova N., (2013), The Extension of GDSS Architecture by the Subsystem of Group Decision Method Synthesis, *Proceedings of the 2013 IEEE 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS): Technology and Applications*, Berlin, Germany, Vol. 1, pp. 216 – 219 (In English).



Миронова
Наталья Алексеевна,
ст. преподаватель каф. про-
граммных средств Запорож-
ского нац. технического ун-
та, 69063, Украина, Запоро-
жье, ул. Жуковского, 64,
тел.: +380667786108.
E-mail:
natali.myronova@gmail.com



Юр
Татьяна Васильевна,
канд. техн. наук, доц. каф.
программных средств Запо-
рожского нац. технического
ун-та, 69063, Украина, За-
порожье, ул. Жуковского,
64, тел.: +380617698267.
E-mail:
tetyana.yur@gmail.com