

С этой целью в статье предлагается система понятий, отношений и аксиом для нормативных документов, позволяющая строить математические модели для множеств взаимосвязанных документов и проводить их логический анализ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Воронцова Т.В., Лядова Л.Н., Миков А.И.* Проект региональной информационной системы мониторинга образования // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2002. – № 4. – С. 33.
2. *Миков А.И.* Информационные процессы и нормативные системы в ИТ: Математические модели. Проблемы проектирования. Новые подходы. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 256 с.
3. *Замятина Е.Б., Миков А.И.* Инструментальные средства имитационного моделирования для анализа бизнес-процессов и управления рисками // Информатизация и связь. – 2011. – № 3. – С. 14-16.
4. *Миков А.И.* Аксиоматика отношений в предметных областях и реляционные отношения // Информатизация и связь. – 2013. – № 5. – С.70-74.
5. *Jones A., Carmo J.* Deontic logic and contrary-to duties // Handbook of Philosophical Logic (D. Gabbay, ed.) – Kluwer, 2001. – P. 203-279.
6. *Миков А.И., Воробьев В.В.* Моделирование агентов с деонтической логикой, функционирующих в распределенных системах // Информатизация и связь. – 2012. – № 5. – С. 82-85.
7. *Wooldridge, M., van der Hoek W.* On obligations and normative ability: Towards a logical analysis of the social contract // Journal of Applied Logic. – 2005. – Vol. 3. – P. 396-420.
8. *Миков А.И.* Модели сложности разделения и интеграции информационных систем // Информатизация и связь. – 2013. – № 2. – С. 92-96.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.Н. Марков.

Миков Александр Иванович – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кубанский государственный университет»; e-mail: alexander_mikov@mail.ru; 340050, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149; тел.: 89183456364; кафедра вычислительных технологий, д.ф.-м.н.; профессор; зав. кафедрой.

Mikov Alexander Ivanovich – Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education “Kuban State University”; e-mail: alexander_mikov@mail.ru; 149, Stavropolskaya street, Krasnodar, 340050, Russia; phone: +79183456364; the department of computer technologies; dr. of phis.-math. sc.; professor; head of department.

УДК 528.9:004.9

М.В. Телегина, И.М. Янников

ПРОГРАММНАЯ ОБОЛОЧКА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ GRAFEXPERT

Для решения задач анализа: интерпретации данных, оценки и диагностики, авторами предложена система GrafExpert. Система представляет собой программную оболочку для создания экспертных систем с применением ориентированных взвешенных графов. Показаны этапы разработки ЭС: идентификация, концептуализация, формализация, выполнение, тестирование и опытная эксплуатация. На этапе идентификации определяется задачи, входные и выходные данные, предположительный вид решения. На этапе концептуализации и формализации выделяются ключевые понятия, отношения и характеристики, необходимые для описания процесса решения задачи. Выбранные критерии формулируются в виде вопросов, отражающих состояние предметной области и соответствующих вершинам графа. Взаимосвязи между критериями (свойствами оцениваемой области) мо-

гут быть различной направленности и типа: прямая положительная и отрицательная, косвенная положительная и отрицательная. После определения весовых коэффициентов и взаимосвязей (дуг) производится формирование интервальных оценок. Для каждого типа ситуации или категории оценки интервальные оценки индивидуальны. Программа GrafExpert обеспечивает лёгкую конвертируемость и перепрофилирование (за счёт изменения критериев-вопросов, связей, весовых коэффициентов) и, как следствие, возможность использования для самых разнообразных задач. Система используется при изучении по дисциплины «Компьютерные технологии в науке» магистрами направления «Техносферная безопасность».

Экспертная система ориентированные графы; вершины; весовые коэффициенты; взаимосвязи; интервальная оценка; учебный процесс.

M.V. Telegina, I.M. Yannikov

MODELING ENVIRONMENT FOR CREATION OF EXPERT SYSTEMS GRAFEXPERT

To solve the problems of analysis: data interpretation, assessment and diagnosis, the authors propose a system GrafExpert. The system provides an interface for creating expert systems using a directed weighted graph. Showing the stages of development: identification, conceptualization, formalization, implementation, testing and trial operation. At the stage of identification, the task input and output data, the supposed form of the solution. At the stage of conceptualization and formalization highlights key concepts, attitudes and characteristics needed to describe the problem-solving process. Selected criteria are formulated in the form of questions, reflecting the state of the domain and corresponding to the vertices of the graph. The relationship between the criteria (properties evaluated area) can be of different orientation and type of direct positive and negative, indirect positive and negative. After determining the weighting factors and relationships (arcs) produced formation interval estimates. For each type or category of situation assessment interval estimates individual. GrafExpert program provides easy convertibility and conversion (due to changes in the criteria, issues, relationships, weight coefficients) and, consequently, the ability to use a variety of tasks. The system used in the study on the subject "Computer technologies in science" magisters direction "Technosphere Safety."

Expert system; directed graphs; vertex weights; relationships; interval estimation; the learning process.

Одним из основных навыков, получаемых студентами при изучении интеллектуальных технологий, являются навыки применения методов представления знаний, принятия управленческих решений и методов экспертных оценок. Важно научиться анализировать, оптимизировать и применять современные информационные технологии при решении научных задач. Более высокий качественный уровень в решении задач предполагает обеспечение необходимой и достаточной интеллектуальной поддержкой. Интеллектуализация информационно-вычислительных систем имеет в виду использование не только нового поколения инструментальных средств, но и нового поколения математического, алгоритмического и программного обеспечения. Информационно-вычислительные системы с интеллектуальной поддержкой, как правило, применяются для решения сложных задач, где логическая (смысловая) обработка информации превалирует над вычислительной.

Принятие решений невозможно без предварительной оценки ситуации, параметров ситуации, продукции и т.п. Системы, содержащие базы данных и базы знаний и способные осуществлять анализ и коррекцию данных независимо от санкции пользователя, анализировать и принимать решения как по запросу, так и независимо от запроса пользователя и выполнять ряд аналитически-классификационных задач,

относятся к классу экспертных систем [1]. Экспертная система (система, основанная на знаниях) – сложный программный комплекс, аккумулирующий в формальном виде знания специалистов в конкретных предметных областях. Технология синтеза ЭС – технология создания на основе знаний экспертов систем, решающих неформализованные задачи в слабоструктурированных предметных областях.

На кафедре «Автоматизированные системы обработки информации и управления» ИжГТУ разработана программная оболочка для создания экспертных систем GrafExpert. Она создана на основе формирования ориентированного взвешенного графа, и предназначена для изучения технологий создания экспертных систем в рамках выполнения лабораторных работ [2]. Из всех задач, решаемых ЭС, можно выделить задачи анализа и задачи синтеза. Оболочка GrafExpert предназначена для решения задач анализа: интерпретации данных, оценки и диагностики.

Орграфы широко применяются в программировании как способ описания систем со сложными связями [3]. Орграф – это геометрическое изображение отношений аналогично тому, как график есть геометрическое изображение функции. Орграф однозначно задан, если заданы множество его вершин, множество ребер и указаны все инцидентности (т.е. указано, какие вершины с какими ребрами соединены). Ранее авторами предлагалось использовать нейронные сети при оценке экологической безопасности объектов, оказывающих влияние на окружающую среду [4], а также способ оценки экологической безопасности потенциально химически опасного объекта на базе ориентированных графов [5, 6]. Система имеет модуль опроса, базы данных с эталонами ситуаций, модуль анализа и сравнения результатов и выполняет следующие функции:

- ◆ проводит опрос пользователя;
- ◆ формирует граф, описывающий экологическую безопасность ПХОО и зоны его влияния на момент проведения опроса;
- ◆ проводит сравнение сформированного графа с эталонными графами;
- ◆ отображает результаты сравнения графов в виде визуализации полученного и наиболее близкого к нему эталона с выделением проблемных аспектов и сравнения эталонов, а также описания экологической ситуации и состояния экологической безопасности, прогноза и рекомендаций к действию в текстовом режиме.

Кроме того, в системе принятия решений по результатам оценки экологической безопасности предусмотрено формирование и хранение следующих данных: вопросов для проведения опроса экспертов в базе; эталонных графов и их подграфов; базы данных ответов на опросы пользователя осуществленные ранее; ситуаций и инструкций. Система программно реализована, применяется в производственной деятельности ряда предприятий [7].

При построении вышеуказанной модели учитывались все виды связей графа и веса вершин. В данной работе расширена сфера применения орграфов, так как использованы не знаковые, а взвешенные орграфы. Во взвешенном орграфе каждой дуге присваивается не знак, а коэффициент, больший или меньший единицы (со своим знаком). Импульсная или абсолютная устойчивость взвешенного орграфа предупреждает о том, что в системе что-то не в порядке, необходимо изменить структуру системы (добавить новые вершины, удалить или добавить дуги, изменить коэффициенты) или провести искусственное регулирование.

Особенностью многокомпонентных задач является то, что с помощью орграфов удастся объединить в модели системы различные показатели. Например, социальные, экономические и экологические. Часть этих показателей может иметь стати-

стическую базу, другая часть – не иметь, а третья – оцениваться качественно. С помощью решения многокомпонентных задач можно оценить тенденцию развития системы или ситуации. Но при уточнении модели можно сформировать количественный прогноз изменения показателей системы, а также найти различные варианты воздействия на изучаемую систему с целью получения лучшего варианта.

Предлагаемая экспертная система является оболочкой для создания экспертных систем, т.е. можно разработать свою экспертную систему, не обладая навыками программирования. Что особенно важно при изучении дисциплины «Компьютерные технологии в науке» магистрами направления «Техносферная безопасность». При выполнении лабораторных работ, формируя свою экспертную систему, студенты выполняют все шесть этапов разработки экспертной системы: идентификацию, концептуализацию, формализацию, выполнение, тестирование и опытную эксплуатацию [1].

Этап идентификации связан, прежде всего, с осмыслением тех задач, которые предстоит решить будущей экспертной системе, и формированием требований к ней. Результатом данного этапа является ответ на вопрос, что надо сделать и какие ресурсы необходимо задействовать (идентификация задачи, определение участников процесса проектирования и их роли, выявление ресурсов и целей). На этапе идентификации проводится описание, в котором указываются:

- ◆ общие характеристики задачи;
- ◆ подзадачи;
- ◆ ключевые понятия (объекты),
- ◆ их входные (выходные) данные;
- ◆ предположительный вид решения;
- ◆ знания, относящиеся к решаемой задаче.

На этапе концептуализации и формализации студентами выделяются ключевые понятия, отношения и характеристики, необходимые для описания процесса решения задачи:

- ◆ типы доступных данных; исходные и выводимые данные;
- ◆ виды взаимосвязей между объектами проблемной области; типы используемых отношений (иерархия, причина/следствие, часть/целое и т.п.);
- ◆ процессы, используемые в ходе решения задачи; типы ограничений, накладываемых на процессы, используемые в ходе решения; состав знаний, используемых для решения задачи и для объяснения решения.

Выбранные критерии формулируются в виде вопросов, отражающих состояние предметной области и соответствующих вершинам графа. Для каждого критерия (вопроса) задаются оценки (возможные значения критерия), определяются весовые коэффициенты каждого ответа, определяющие значимость параметра вершины графа (вопроса).

Поскольку изменения показателей вершин графа происходят одновременно под действием всей совокупности взаимосвязей, то проводится разделение изменения показателя под действием каждой, отдельно действующей на него, связи (дуги). Иначе говоря, надо обеспечить определение весовых коэффициентов в соответствии с принципом "при прочих равных условиях". Для этого надо решить оптимизационную задачу обработки статистических данных.

Вопросы могут быть дополняющего и исключющего типов. Дополняющие вопросы подразумевают, что при ответе на них может быть указано несколько ответов, а она исключющие – ответ может быть только один. Окно редактирования

критериев оценки в виде вопросов, взаимосвязей и ввода показателей критериев для экспертной системы оценки экологического состояния урбанизированных территорий [8] приведено на рис. 1.

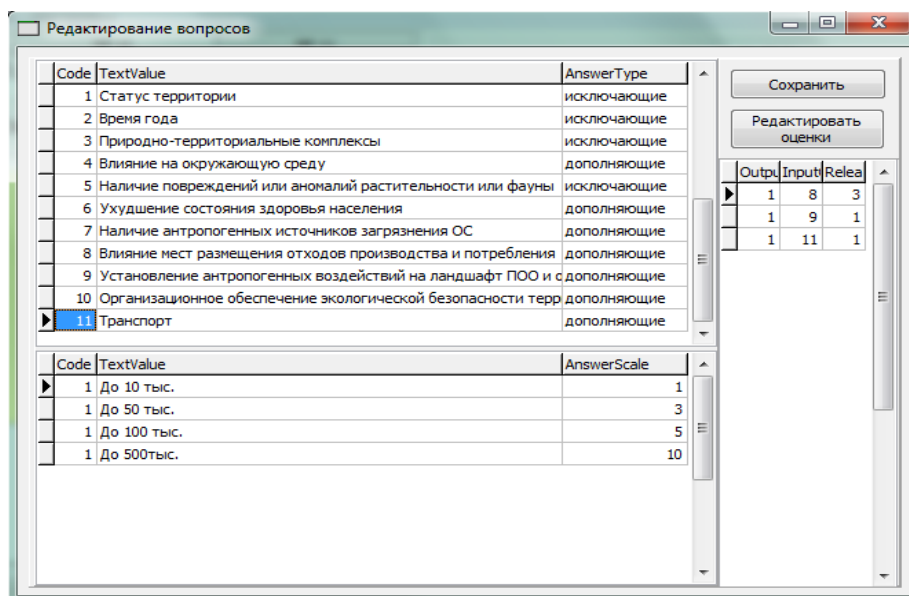


Рис. 1. Окно ответов на вопросы

Взаимосвязи между критериями (свойствами оцениваемой области) могут быть различной направленности и типа:

1. Прямая положительная связь – усиливает воздействие (весовой коэффициент) вершины, к которой направлена связь.
2. Прямая отрицательная связь – уменьшает воздействие (весовой коэффициент) вершины, к которой направлена связь.
3. Косвенная положительная связь – усиливает незначительно воздействие (весовой коэффициент) вершины, к которой направлена связь.
4. Косвенная отрицательная связь – уменьшает незначительно воздействие (весовой коэффициент) вершины, к которой направлена связь.

После определения весовых коэффициентов и взаимосвязей (дуг) производится формирование интервальных оценок. Для каждого типа ситуации или категории оценки интервальные оценки индивидуальны. На рис. 2 показан пример интервальной оценки для экологического состояния урбанизированной территории. На рис. 3 представлен сформированный граф оценки.

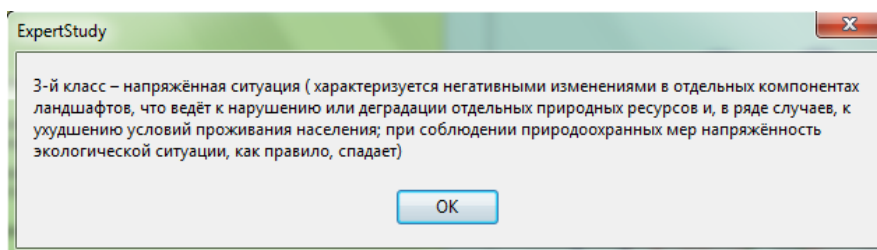


Рис. 2. Пример интервальной оценки

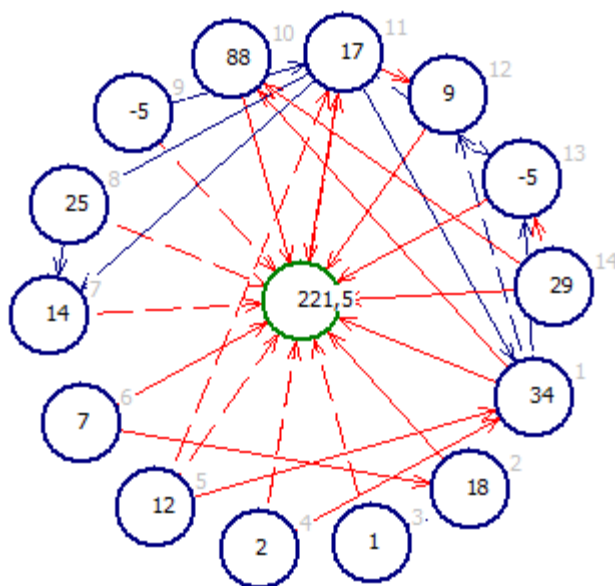


Рис. 3. Сформированный граф оценки

После заполнения данных о критериях, их весах, взаимосвязях показателей и интервальных оценок экспертная система в оболочке готова к тестированию. В ходе данного этапа производится оценка выбранного способа представления знаний в ЭС в целом. Для этого учащийся магистратуры (как инженер по знаниям) подбирает примеры, обеспечивающие проверку всех возможностей разработанной экспертной системы. При необходимости корректируются веса, связи критериев оценки, а также при необходимости – интервальные оценки.

В системе предусмотрено два режима: эксперта и пользователя. Экспертом производится формирование базы правил оценки, в которую входят:

- ◆ наименование критериев и их показатели;
- ◆ значение веса каждого показателя критерия;
- ◆ взаимосвязи вершин графа (критериев);
- ◆ диапазоны оценок и для каждого диапазона прогноз и рекомендации.

Пользователю доступны функции: ввода данных по ответам на вопросы – критерии оценки, сформированные экспертом; расчета итоговой оценки на основании ответов пользователя; формирования и отображения в двух режимах графа, описывающего определенную проблемную ситуацию; расчет итоговой оценки ситуации, отображение прогноза и рекомендаций к действиям в текстовом режиме по результатам итоговой оценки.

В настоящее время система GrafExpert используется при выполнении лабораторной работы «Разработка экспертной системы» по курсу «Компьютерные технологии в науке». Магистрантами направления «Техносферная безопасность» разрабатываются экспертные системы по теме своей научно-исследовательской работы от определения компетенций студентов по отдельным дисциплинам до оценки состояния техники безопасности промышленных предприятий.

Программа GrafExpert обеспечивает лёгкую конвертируемость и перепрофилирование (за счёт изменения критериев-вопросов, связей, весовых коэффициентов) и, как следствие, возможность использования для самых разнообразных задач.

Решение задач оценки, интерпретации или диагностики с применением системы GrafExpert поможет не только решению научно-исследовательских задач магистерских диссертационных работ с применением современных интеллектуальных технологий, но и способствует дальнейшему применению систем экспертной оценки в практической деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. – М.: Патент, 1996. – 271 с.
2. Дьяконов А.Д., Телегина М.В., Янников И.М. Программа для создания экспертных систем на основе орграфов GrafExpert // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013610045, от 09.01.14.
3. Емеличев В.А., Мельников О.И., Сарванов В.И., Тышкевич Р.И. Лекции по теории графов. – М.: Наука, 1990.
4. Телегина М.В., Янников И.М., Зарифуллина Э.Г. Использование нейронных сетей при оценке экологической безопасности // Проведение научных исследований в области хранения, передачи и защиты информации: Сборник научных трудов Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи. Т. 2. – Ульяновск, 2009. – С. 53-57.
5. Янников И.М. Построение модели оценки экологической безопасности прогноза и принятия решений на базе ориентированных графов // Теоретическая и прикладная экология. – 2010. – № 3. – С. 12-17.
6. Зарифуллина Э.Г., Телегина М.В., Янников И.М., Алексеев В.А. Программа автоматизированной оценки экологической безопасности потенциально опасных объектов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. №2010611924, от 12.03.11.
7. Янников И.М., Телегина М.В., Алексеев В.А., Габричидзе Т.Г. Методы и системы обработки данных биомониторинга потенциально опасных объектов: Монография. – Самара: Изд-во Самарского аэрокосмического ун-та, 2011. – 200 с.
8. Телегина М.В., Янников И.М., Дьяконов А.Д. Формирование ориентированного графа для экспертной системы оценки урбанизированной территории // Экологические проблемы промышленных городов: Сборник научных трудов по материалам 6-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – Саратов: Изд-во СГТУ, 2013. Ч. 2. – С. 226-229.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. В.Г. Исаков.

Телегина Марианна Викторовна – Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»; e-mail: mari_tel@mail.ru; 426054, г. Ижевск, ул. 30 лет Победы, 42, кв. 33; тел.: 89068193918; кафедра автоматизированных систем анализа информации и управления; к.т.н.; доцент.

Янников Игорь Михайлович – e-mail: imyannikov@mail.ru; 426068, г. Ижевск, ул. Барышникова, 71, кв. 74; тел.: 89127690050; кафедра инженерной экологии; зав. кафедрой; к.т.н.; доцент.

Telegina Marianna Viktorovna – Federal State Institution of Higher Professional Education "Izhevsk State Technical University named after M.L. Kalashnikov"; e-mail: mari_tel@mail.ru; 42, 30 let Pobedy street, sq. 33, Izhevsk, 426054, Russia; phone: +79068193918; the department of automated systems of the analysis of the information and management; cand. of eng. sc.; associate professor.

Yannikov Igor' Mikhailovich – e-mail: imyannikov@mail.ru; 71, Baryshnikov street, sq. 74, Izhevsk, 426068, Russia; phone: +79127690050; the department of engineering ecology; cand. of eng. sc.; associate professor.