

А.Р. Агазаян, О.А. Шабалина // Вестник компьютерных и информационных технологий. - 2016. - № 12 (150). - С. 48-55.

6. Комплекс Effecton Studio [Электронный ресурс] URL: <http://www.effecton.ru/03.html> (дата обращения: 02.09.2017).

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОМУ РАЙОНИРОВАНИЮ

А.Е.Янковская^{1,2,3,4}, Р. В. Аметов¹

¹(г.Томск, Томский государственный архитектурно-строительный университет)

²(г.Томск, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)

³(г. Томск, Национальный исследовательский Томский государственный университет)

⁴(г.Томск, Национальный исследовательский Томский политехнический университет)

¹*ayankov@gmail.com*, ²*rin@tsuab.ru*

INTELLIGENT SYSTEM FOR DECISION-MAKING IN ROAD-CLIMATIC ZONING

A.E. Yankovskaya^{1,2,3,4}, R.V. Ametov¹

¹*Tomsk State University of Architecture and Building*

²*Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*

³*National Research Tomsk State University*

⁴*National Research Tomsk Polytechnic University*

Abstract — The article is devoted to the creation of an intellectual decision support system for road and climatic zoning of territories. The brief review of the problem area is given, the problems arising under the existing system of zoning used in the Russian Federation are revealed. The urgency of creating an intellectual decision support system for road and climatic zoning of territories is substantiated. The bases of construction of the developed intelligent system DOCLIRAY are offered, the architecture and approaches to software development are briefly described. The results of approbation of the system on the data of the West Siberian region are given. The ways of further development are given.

Keywords — road-climatic zoning; decision-making; cognitive graphics; intelligent systems;

Введение. При разработке норм проектирования и строительства автомобильных дорог, а также директив и руководств, действующих в отечественной и зарубежной практиках, широко используется дорожно-климатическое районирование территорий (ДКРТ), учитывающее региональные особенности значений признаков географического комплекса.

Однако, используемое в Российской Федерации зонирование и существующее пространственное положение границ зон и подзон не позволяет обеспечить требуемый уровень эксплуатационной надёжности и работоспособности автомобильных дорог и не имеет достаточного обоснования, что опубликовано в ряде исследований [1-6]. Это приводит к увеличению финансовых и трудовых ресурсов на содержание и восстановление дорожного фонда, в связи с чем весьма актуальна разработка новых подходов к дорожно-климатическому районированию. При этом специфика данных и знаний, используемых при решении задачи дорожно-климатического районирования территорий, требует применения интеллектуальных информационных технологий.

Для решения указанных проблем при проведении дорожно-климатического районирования территорий была предложена и разработана интеллектуальная система (ИС ДОКЛИРАЙ), основанная на комплексной матричной модели представления данных и знаний, тестовых методах распознавания образов и средствах когнитивной графики.

Краткое описание проблемной области. На территории Российской Федерации применяют зональную дифференциацию, делящую ее на пять дорожно-климатических зон, существенно различающихся по комплексу природно-климатических и инженерно-

геологических условий. В свою очередь, зоны разделены на 9 подзон согласно отраслевым дорожным нормам [1], а по своду правил [2] – на 13 подзон. Расположение проектируемого участка автодороги определяет технические решения, обеспечивающие безопасное и удобное движение транспортных средств согласно требованиям, приведённым в [1,2].

Для создания интеллектуальной системы поддержки принятия решений, составляющей основу разрабатываемой информационной технологии дорожно-климатического районирования территорий (ИСППР ДКРТ), впервые совместно с когнитологами и экспертами по дорожно-климатическому районированию осуществлена структуризация данных и знаний по дорожно-климатическому районированию на основе предлагаемой в [7,8,9] комплексной матричной модели представления данных и знаний.

Сформирован перечень характеристических признаков (ХП) с указанием их значений для матриц описания [7]. Часть ХП является групповыми. Символьные ХП кодируются цифрами. Также интервалы значений разбиения целочисленного, принимающего значение более 20, и вещественные характеристические признаки кодируются числами. Лимит (20) используется лишь в целях сокращения размеров матричного представления данных и знаний.

Основы построения ИСППР ДКРТ. Для реализации программных средств в информационной технологии ДКРТ использовались методы и подходы структурного, линейного и объектно-ориентированного программирования. В основе ИСППР ДКРТ лежит классическая трехзвенная архитектура, состоящая из слоя данных, слоя приложений (бизнес-логики) и слоя клиента. Слой данных представлен базой данных и знаний, спроектированной и реализованной на основе СУБД Oracle, являющейся промышленным стандартом и обеспечивающей возможность горизонтального расширения системы данными о дополнительных территориях и дорожно-климатических районах. Средний слой представляет собой программный менеджер, выполняющий роль сервера приложений и определяющий состав и схему взаимодействия динамических модулей, выполняющих основные операции с данными и знаниями и реализующими алгоритмы используемого математического аппарата. Слой клиента так же представлен одним либо несколькими динамическими модулями, реализующими отдельные диалоги графического интерфейса пользователя, который может видоизменяться в зависимости от используемого набора клиентских модулей. Итоговая схема взаимосвязей модулей определяет внешний вид программного комплекса и его функционал и создается в специальном редакторе шаблонов (Рис. 1).

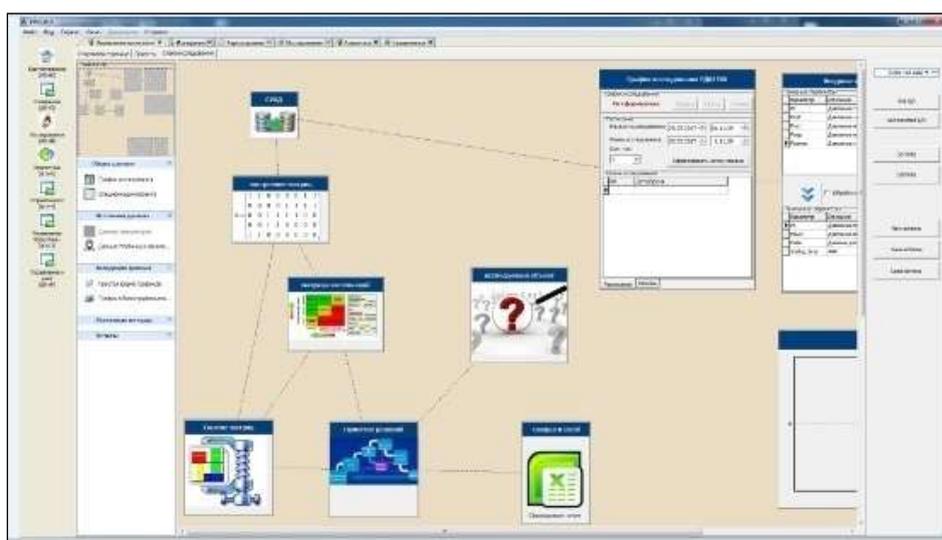


Рис. 1. Схема взаимодействия модулей в редакторе шаблонов

Подключаемые динамические модули хранятся в специальной библиотеке, каждый из которых реализует заданный набор алгоритмических или интерфейсных методов, либо мето-

дов работы с данными и знаниями. Данный подход является развитием т.н. механизма шаблонов, используемых в ИИС ИМСЛОГ [10], положенной в основу ИС ДОКЛИРАЙ. В отличие от неименованных входных и выходных параметров элементов шаблонов ИИС ИМСЛОГ, в ИС ДОКЛИРАЙ каждый элемент схемы имеет набор именованных параметров, используемых для обмена данными между модулями.

Программные средства разрабатывались с учетом комплексного представления данных и знаний с применением вышеописанных матричных моделей. Выбранные подходы и методы обеспечивают возможность коллективной работы с данными и знаниями по технологии клиент-сервер без ущерба производительности, что дает программному комплексу конкурентные преимущества. Программные модули были разработаны на языке С++ в среде Embarcadero RAD Studio XE. Для визуализации и обоснования результатов принятия решений используются когнитивные средства: 3-симплекс для отображения зон и 2-симплекс (для отображения подзон, если их число равно трём) [11], а также предложено использовать свободно-распространённую карту местности OSM с наложенным на неё информационным слоем [12].

Результаты применения ИСППР ДКРТ. Созданная исследовательская ИС ДОКЛИРАЙ основана на комплексной матричной модели представления данных и знаний и является интеллектуальным инструментом для решения комплекса задач дорожно-климатического районирования территорий. С ее применением создана база данных и знаний по результатам исследований природных и климатических условий отдельных районов Западной Сибири (расширенное матричное представление). Сформировано признаковое пространство, включающее 31 характеристический признак, 27 из которых использовались для проверки на непротиворечивость матричного представления данных и знаний и выявления различного рода закономерностей. Часть признаков (4) являются принудительными и не участвуют в выявлении закономерностей. Строки расширенной матрицы описаний сопоставлены исследованным опорным пунктам, однако в ходе исследований были доступны данные лишь по 33 пунктам, таким образом исследования произведены не по всем зонам, подзонам и дорожным районам на территории Западной Сибири. С применением разработанной ИСППР ДКРТ были обнаружены и устранены противоречия при нахождении пересечений описаний объектов из разных образов в расширенном матричном представлении данных и знаний [7].

Кроме данных по исследованиям опорных пунктов была сформирована матрица описания по знаниям экспертов (без использования принудительных признаков) и матрица различий, столбцы которой, сопоставлены зонам, подзонам и дорожным районам. Число сгенерированных экспертами строк матрицы описаний равно 216. Для каждого из вышеупомянутых матричных представлений были обнаружены и устранены противоречия при нахождении пересечений описаний объектов из разных образов. Для контроля данных и знаний на непротиворечивость и для выявления в них закономерностей (неинформативные, обязательные, альтернативные, зависимые характеристические признаки, весовые коэффициенты характеристических признаков минимальные и избыточные диагностические тесты) были развиты ранее созданные алгоритмы и средства визуализации информационных структур и закономерностей, а также когнитивные средства обоснования принятия решений, которые использованы специалистами в сфере дорожно-климатического районирования.

С применением оригинальных методов выявлены различного рода закономерности, позволившие сократить признаковое пространство с 27 до 11, что привело к сокращению количества выявляемых значений признаков на 59%. Осуществлена верификация принятия решений по сгенерированным А.Е. Янковской описаниям опорных пунктов. Результаты исследования показали, что развитие предложенной ИС ДОКЛИРАЙ позволит существенно сократить объём и стоимость полевых и лабораторных работ на исследуемых территориях, что, в свою очередь, существенно сократит временные затраты специалистов дорожной отрасли на определение зоны, подзоны, дорожного района исследуемой территории.

Заключение. Проведен анализ проблемной области, который выявил недостатки существующего пространственного положения границ зон и подзон, которые не позволяют обеспечить требуемый уровень эксплуатационной надёжности и работоспособности автомобильных дорог. Для решения выявленной проблемы впервые разработана интеллектуальная система для поддержки принятия решений по дорожно-климатическому районированию территорий. Была спроектирована трехзвенная архитектура программного комплекса, создана база данных и знаний на основе предложенной комплексной модели, реализованы программные модули ИС ДОКЛИРАЙ. Была проведена апробация системы, выявившая различного рода закономерности в данных и знаниях по ДКРТ, а также осуществлена верификация результатов принятия решений по описаниям опорных пунктов. На примере данных по Западно-Сибирскому региону были показаны преимущества использования интеллектуальных информационных технологий при дорожно-климатическом районировании.

Дальнейшее развитие технологии заключается в горизонтальном масштабировании системы, дополнении ее данными о новых территориях и дорожно-климатических районах, что даст обоснование для обеспечения требуемого уровня эксплуатационной надёжности и работоспособности автомобильных дорог.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование нежестких дорожных одежд: ОДН 218.046–01. – М.: Информавтодор, 2001. – 145 с.
2. Автомобильные дороги: СП 34.13330.2012. – М.: Министерство регионального развития РФ, 2013. – 106 с.
3. «Filing system» of physiographic units helps to resolve local design criteria // Highway Res. News. – 1973. – № 51. – P. 42–60.
4. Groney, D. The design and performance of road pavements / D. Groney. – London: Transport and road research laboratory, 1977. – 673 p.
5. Ушаков, В.В. Дорожно-климатическое районирование автомобильной дороги «Амур» Чита – Хабаровск по условиям строительства и эксплуатации / В.В. Ушаков, В.Н. Ефименко, А.В. Вишневикий // Автомобильные дороги. – 2007. – № 5. – С. 77–79.
6. Efimenko, V.N. Accounting for natural-climatic conditions in the design of roads in western Siberia / V.N. Efimenko, S.V. Efimenko, A.V. Sukhorukov // Sciences in Cold and Arid Regions. – 2015. – Vol. 7. – Issue 4. – P. 307–315.
7. Yankovskaya, A., Sukhorukov, A. Complex matrix model for data and knowledge representation for road-climatic zoning of the territories and the results of its approbation // International Conference Information Technology and Nanotechnology. Session Image Processing, Geoinformation Technology and Information Security, IPGTIS-ITNT 2017; Samara; Russian Federation; 24–27 April 2017, CEUR Workshop Proceedings, V. 1901, 2017, P. 264-270.
8. Yankovskaya, A. Data and Knowledge Base on the Basis of the Expanded Matrix Model of Their Representation for the Intelligent System of Road-Climatic Zoning of Territories / A. Yankovskaya, D. Cherepanov, O. Selivanikova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – 142. – 012041.
9. Yankovskaya, A. Bases of intelligent system creation of decision making support on road-climatic zoning / A. Yankovskaya, A. Yamshanov // Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2014): Proceedings of the 12th International Conference. – Minsk: UIIP NASB. – 2014. – P. 311–315.
10. Янковская А.Е., Аметов Р.В., Китлер С.В. Сравнительный анализ применения систем экспресс-диагностики и прикладных интеллектуальных систем, основанных на интеллектуальном инструментальном средстве ИМСЛОГ // Труды конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям "IS& IT'15", в 3 томах. - Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015 - Т. 1 с. 238-243

11. Yankovskaya, A. Family of 2-simplex cognitive tools and their application for decision-making and its justifications / A. Yankovskaya, A. Yamshanov // Computer Science & Information Technology (CS & IT). – 2016. – Vol. 6. – Issue 1. – P. 63–76.

12. A. Yankovskaya, A. Yamshanov Bases of intelligent system creation of decision-making support on road-climatic zoning // Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2014): Proceedings of the 12th International Conference (28–30 May 2014, Minsk, Belarus). – Minsk : UIIP NASB, 2014. – 340 p., P. 311-315.