

УДК 004.9:621.644

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОДЗЕМНОГО МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА, ПРОЛОЖЕННОГО В КРИОЛИТОЗОНЕ

Попов К.А., Стручкова Г.П., Капитонова Т.А., Слепцов О.И.

*ФГБУН Институт физико-технических наук им. В.П. Ларионова СО РАН, Якутск,
e-mail: kapitonova@iptpn.ysn.ru*

Для обеспечения и управления безопасностью жизнедеятельности и снижения рисков возникновения ЧС, особенно в зимнее время, в районах Крайнего Севера необходимо комплексное привлечение материалов геотехнического мониторинга, которые представляют собой разнородные, зависящие от многих факторов, взаимосвязанные, данные в силу чего невозможно вычленение и детальное исследование отдельных явлений. Анализ подобных слабоструктурированных данных сопряжен со многими трудностями и может быть выполнен с использованием в СППР комбинированных методов принятия решений в сочетании с методами искусственного интеллекта и компьютерным моделированием. В статье предложен краткий обзор классификаций ССПР, проанализированы их достоинства и недостатки с точки зрения рассматриваемой задачи обеспечения безопасности природно-технических систем, проложенных в условиях холодного климата. Рассматриваются основные компоненты ССПР и анализируются основные этапы процесса разработки управленческого решения.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, магистральные трубопроводы, подсистема управления моделью, базы данных, геотехнический мониторинг, компьютерное моделирование

THE USE OF DECISION SUPPORT SYSTEM FOR THE SAFETY OF UNDERGROUND MAIN PIPELINE LAID IN PERMAFROST

Popov K.A., Struchkova G.P., Kapitonova T.A., Sleptsov O.I.

*The Institution of Physical-Technical Problems of the North, Siberian Branch of the RAS, Yakutsk,
e-mail: kapitonova@iptpn.ysn.ru*

To ensure and manage safety and reduce risks of emergencies, especially in winter, in the far North may have raising materials for geotechnical monitoring, which represent a heterogeneous, depending on many factors that are interrelated, which makes impossible the isolation and detailed study of individual phenomena. The analysis of such semi-structured data is fraught with many difficulties can be performed using the Decision Support Systems (DSS) combined decision-making methods in combination with methods of artificial intelligence and computer simulation. The article offers a brief overview of the classifications of the DSS, their advantages and disadvantages are analyzed from the point of view of the considered task of ensuring the safety of natural and technical systems laid in cold climate conditions. The main components of the DSS are considered and the main stages of the management decision development process are analyzed.

Keywords: decision support systems, pipelines, control subsystem model, database, geotechnical monitoring, computer simulation

Магистральные трубопроводы (МТ), проложенные в регионах холодного климата, – сложные природно-технические системы, их защищенность рассматривается как важнейший показатель по критериям риска, так как нарушение их работы влияет на состояние безопасности целого региона. Первая нитка магистрального газопровода Магстах – Берге – Якутск, проложенного в зоне многолетней мерзлоты в Якутии, эксплуатируется уже больше 40 лет. Очевидно, что к таким объектам должно быть предъявлено повышенное требование безопасности к техническому состоянию и периодический контроль, особенно на опасных участках подверженных экзогенным процессам, таких как участки подводного перехода, термокарста, болотистые местности, курумы. В районах многолетней мерзлоты и подземных вод на возникновение аварийных ситуаций оказывают влияние криогенные процессы,

к которым можно отнести морозное пучение и просадку грунта. Эти процессы прогрессируют при изменении климата и водного баланса в неоднородных средах, что приводит к повышению аварийности при работе МТ.

Прогнозирование и предупреждение аварий и катастроф в природно-техногенных сферах базируется на результатах мониторинга состояния промышленных объектов и моделирования катастрофических процессов и техногенных аварий. Приоритетной постановкой является переход от решения отдельных экологических и технологических проблем к комплексному обеспечению природно-техногенной безопасности отдельных территорий, что особенно актуально для регионов Сибири и Крайнего Севера.

В этих условиях вопросы природно-техногенной безопасности приобретают первостепенное значение, поскольку определяют социально-экономическое состоя-

ние данных территорий и перспективы их дальнейшего развития [1].

Для создания комплексной базы данных СППР, проведения превентивных мероприятий, прогнозирования чрезвычайных ситуаций и снижения риска их возникновения необходим мониторинг в течение длительного времени, способы обработки полученных данных с применением современных информационных технологий, все это составляет основу собираемых баз данных.

Базы данных для СППР должны содержать материал, описывающий основные опасности природно-техногенного характера за определенный период времени для оценки вероятностных событий, часть материала должна иметь координатную привязку, объекты которых могут быть изображены на цифровых картах в виде тематических слоев.

Основу базы данных составляет картографическая система. В качестве исходной информации для формирования базы данных используются материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и результаты их дешифрирования, данные наземных изыскательских и специальных работ, статистическая и природно-ресурсная информация.

Материалы полевых геологических обследований представляют собой результаты ландшафтно-геокриологического микрорайонирования с описанием растительности, уклонов рельефа и основных криогенных процессов, распространенных на исследуемом участке трассы МТ. Данные полевых обследований используются при дешифрировании аэрокосмоснимков.

Материалы инженерно-геологических обследований участков представляют собой результаты лабораторных исследований геолого-литологического строения, мерзлотных и гидрогеологических условий грунтов, участков трассы трубопровода. Физико-механические свойства грунтов включают в себя: плотность, пористость, влажность, льдистость, гранулометрический состав по фракциям. Данные, полученные в результате инженерно-геологического анализа участков, используются при дешифрировании аэрокосмоснимков, моделировании теплового взаимовлияния технической и природной систем и изменения напряженно-деформированного состояния трубопровода вследствие протайки и осадки мерзлых грунтов.

Материалы аэрокосмических обследований представляют собой снимки и видеоданные, дешифрирование которых позволяет выявить, определить тип и стадию развития опасных геологических процессов. Для эффективного использования аэрокосмических данных необходимо применить специаль-

ные методы и технологии обработки данных и интерпретации ее результатов. При этом возникают трудности, связанные с большим числом факторов, влияющих на получение изображения; его информационной структурой; недостаточной изученностью корреляционных связей между элементами геотехнических систем, окружающей среды, формализацией полученных данных.

Для своевременного обнаружения опасных участков несколько раз в год проводится оценка состояния МТ, функционирующих в сложных климатических условиях, используется комплекс показателей, которые выявляются в результате различных обследований. Периодический контроль за состоянием МТ значительно продлевает ресурс и период их эксплуатации. Одним из таких является геотехнический мониторинг, по результатам которого можно не только оценивать, но и прогнозировать состояние МТ.

В разработку методических основ оценки потенциальной опасности эксплуатации магистральных газопроводов, применения результатов анализа риска промышленных объектов для решения практических задач внесли большой вклад известные отечественные ученые В.А. Легасов И.И. Кузьмин, А.Н. Клохин, И.И. Бурдаков, А.Н. Черноплеков, В.С. Сафонов, М.Г. Сухарев, Г.Э. Одишария, А.А. Швыряев.

Развитые страны (США и др.) все более активно включают создание интегрированных систем моделирования, мониторинга и прогнозирования с использованием геоинформационных систем, систем дистанционного зондирования, разработку информационной инфраструктуры для них в список приоритетно финансируемых НИР.

Существующие методы мониторинга, анализа и прогнозирования состояния трубопроводов, которые требуют периодической проверки всего трубопровода несколько раз в год, ресурсозатратны и малопродуктивны. Одним из решений данной проблемы является применение систем поддержки принятия решений (СППР) для своевременного анализа, прогнозирования и формирования решений по устранению рисков. Такой подход позволяет ранжировать участки трубопроводов по степени опасности, на основе полученных данных мониторинга [2]. В настоящее время СППР широко используются на крупнейших нефтегазовых предприятиях, но в области мониторинга и диагностирования эффективное решение отсутствует [3].

Различных классификаций СППР на данный момент существует довольно много, они в основном рассматриваются с точки зрения бизнеса. Наиболее подходящей для

данной цели является классификация описанная Стивенем Альтером в 1980 г. Он подразделил СППР на 7 типов, основанных на их общих характерных операциях:

- **Файловые системы.** Этот тип СППР в первую очередь обеспечивает доступ к хранилищам данных / элементам связанных данных.

- **Системы анализа данных.** Этот тип СППР поддерживает манипулирование данными с использованием конкретных или общих компьютеризированных настроек или инструментов.

- **Аналитические информационные системы.** Этот тип СППР обеспечивает доступ к наборам баз данных, ориентированных на принятие решений, и простым небольшим моделям.

- **Учет и финансовые модели.** Этот тип СППР может обрабатывать вопросы «что делать, после анализа» и вычислять результаты различных путей решений.

- **Репрезентативные модели.** Этот тип СППР также обрабатывает вопросы «что делать, после анализа» и вычислять результаты различных путей принятия решений на основе созданных моделей.

- **Модели оптимизации.** Этот тип СППР предоставляет решения с использованием оптимизационных моделей, которые имеют математические решения.

- **Модели предложений.** Этот тип СППР работает, когда решение, которое необходимо принять, основано на хорошо структурированных задачах [4].

В современной интерпретации некоторые типы из классификации Альтера можно объединить и представить в виде пяти типов:

- **СППР, основанная на моделях** – это СППР, которая использует модель (количественную) на основе эвристики, оптимизации, моделирования и т.д., имеет доступ к моделям и гибкость в изменении параметров модели. Реальные данные или транзакционные данные из баз данных обрабатываются, а затем подаются как исходные данные модели для получения решения. Система способна создавать разные сценарии.

- **СППР, основанная на данных** – это СППР, которая предоставляет доступ к внутренним данным временного ряда. Примерами таких систем являются хранилища данных, в которых есть инструменты, предоставляющие возможность манипулировать этими данными.

- **Коммуникационная СППР** – это СППР, которая использует сетевые и коммуникационные технологии для поддержки сотрудничества и коммуникации, ориентированного на принятие решений. В таких системах наиболее важными компонентами

являются коммуникационные технологии. Такие системы используют сбор и обработку множества решений из различных источников для получения результата.

- **Документированная СППР** – это СППР, которая использует компьютерную память и обработку для обеспечения поиска и анализа документов.

- **СППР, основанная на знаниях** – это СППР, которая занимается сбором и хранением «опыта»/промежуточных знаний/решений предыдущих итераций, чтобы система смогла ими воспользоваться для принятия решений, когда это необходимо [4].

Компоненты СППР

Несмотря на то, что СППР может быть нескольких типов, принципиально каждая система будет иметь следующие компоненты:

Интерактивная подсистема управления диалоговыми системами Пользователь – Система – СППР, где требуется постоянное взаимодействие с пользователем. Иногда система должна предлагать пользователю вводить данные во время выполнения обработки/анализа, это позволит пользователю контролировать обработку.

Типичная подсистема управления диалоговым управлением пользовательской системы будет иметь следующие элементы:

Пользовательский интерфейс СППР – он должен быть динамическим и основанным на графическом интерфейсе. Это простой в применении интерфейс, который требует минимум времени для привыкания/освоения. Также система должна иметь возможность взаимодействовать с пользователем в интерактивном режиме, и, следовательно, пользовательский интерфейс должен быть динамическим.

Конструктор запросов – поскольку СППР работает в интерактивном динамическом режиме, ему нужен конструктор запросов (включающий аспекты интерфейса языковых запросов), который может преобразовывать инструкции пользователя в понятную форму для использования в модели, запрос различных данных модели в базу данных, а также и запросы самой модели к пользователю.

Подсистема управления данными – данные являются наиболее важным компонентом СППР. Без данных система не может функционировать. Доступ к данным осуществляется в СППР по-разному, например на основе структурированных запросов и на основе эвристического поиска, и поэтому для обслуживания разнообразных запросов данных от СППР требуется сильная подсистема управления данными. Такая подсистема подразделяется на следующие элементы:

Система управления базами данных – это хранилище данных для СППР, которая управляет данными и выполняет все функции, предписанные стандартной СУБД.

Контроллер запросов – это настраиваемый элемент для обработки запросов СППР. Он может связывать базу данных напрямую с пользовательским интерфейсом или с базой модели или с обоими.

Метаданные – это информация о самих данных, которые хранятся в базе данных, что помогает СППР правильно воспринимать данные в базе данных, создавать специальные запросы.

Подсистема управления моделью – это уникальная особенность СППР, которая делает систему очень конкретной. Существует очень мало примеров обобщенной СППР, поскольку обобщенные модели недоступны (их не существует ввиду сложности подбора параметров для достаточной адекватности модели). Подсистема управления моделью может использовать различные классы моделей, например:

- Оптимизационные модели.
- Симуляционные модели.
- Эвристические модели.
- Детерминированные модели.
- Предиктивные модели.
- Генетические алгоритмы.
- Когнитивные модели.
- Нейронные сети и системы с нечёткой логикой.

Каждый класс модели полезен для решения определенного класса проблем, таких как проблема маршрутизации или проблема планирования, или комбинаторная проблема поиска и прочее. Модель и управление моделью имеют несколько интерпретаций в литературе СППР, и в ней широко используются определения этих терминов. Обобщением, которое развивается из этого множества определений, является то, что модель задумывается как состоящая из решателя (solver), модели для решения проблемы (model) и данных (data) (обобщение согласно исследованиям Ramirez, 1993). Где модель представляет собой отношения между переменными, данные представляют значения переменных, а решатель – это инструмент, который позволяет вычислять значения переменных и их отношения. В некоторой литературе он также был концептуализирован как процедура, которая работает над данными, чтобы дать результат после анализа [5, 6].

Подсистема управления моделью

Подсистема управления моделью имеет следующие элементы:

Модельная система управления базой. Модельная база или, скорее, модельная

система управления базой – это концептуально программное обеспечение СУБД, представляет собой данные, которые имеют возможность управлять моделью, чтобы она была полезной для лица, принимающего решения. Это ядро СППР. Она поддерживает создание моделей и работает с данными, с одной стороны, и с инструкциями, представленными пользователем, с другой.

Командный процессор модели – это объект, который обрабатывает команды, поступающие из подсистемы управления диалогом.

Модельный исполнитель – это сердце системы. Это процесс, посредством которого модель решается (обрабатывается) с использованием некоторого алгоритма. Он работает с моделью, созданной модельной базой, с инструкциями пользователя, конструктором запросов (подсистемой управления диалогом вообще), чтобы получить параметры модели от пользователя и данные из подсистемы управления данными. Затем он решает задачу и отображает результаты и некоторые варианты наилучшего решения с помощью подсистемы управления диалогом. Набор альтернативных решений помогает пользователю в принятии решений.

Обеспечение безопасного состояния линейной системы МТ требует для своего решения комплексного привлечения материалов геотехнического мониторинга, которые представляют собой разнородные, зависящие от многих факторов взаимосвязанные ситуации, в силу чего невозможно вычленение и детальное исследование отдельных явлений. Анализ подобных слабоструктурированных данных сопряжён со многими трудностями и может быть выполнен с использованием в СППР комбинированных методов принятия решений в сочетании с методами искусственного интеллекта и компьютерным моделированием.

Список литературы

1. Москвичев В.В., Шокин Ю.И. Проблемы природно-техногенной безопасности и территориальные риски регионов Сибири / В.В. Москвичев, Ю.И. Шокин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – Т.18, № 12. – С. 9–15.
2. Dipak Laha, Purnendu Mandal. Handbook of Computational Intelligence in Manufacturing and Production Management. Hershey, PA: IGI Global. – 2008. – С. 491.
3. Лисянский К. Архитектуры систем поддержки принятия решений [Электронный ресурс]. – URL: <http://lissianski.narod.ru/index.html>.
4. Ахметгареев Р.О., Бушмелева К.И. Системы поддержки принятия решений при мониторинге магистральных трубопроводов / Р.О. Ахметгареев, К.И. Бушмелева // НиКа. – 2013. – С. 11–12.
5. Reed C., Robinson A.J., Smart D. Techniques for Monitoring Structural Behaviour of Pipeline Systems. United States / Christopher Reed, Alastair J. Robinson, David Smart // American Water Works Association, 2004.
6. Логунова Е.А. Математические модели систем поддержки принятия решений // Физико-математические науки и информационные технологии: проблемы и тенденции развития: сб. ст. по матер. IV междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК, 2012.