

ОЦЕНИВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ И ИСТОЧНИКОВ ЧС НА ОСНОВЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНДИКАТОРОВ

Анна Владимировна Коробко, к.т.н., научный сотрудник

Тел.: 8 391 2495356, e-mail: lynx@icm.krasn.ru

Татьяна Геннадьевна Пенькова, к.т.н., научный сотрудник

Тел.: 8 391 2495356, e-mail: penkova_t@icm.krasn.ru

Валерий Васильевич Ничепорчук, к.т.н., старший научный сотрудник

Тел.: 8 391 2907453, e-mail: valera@icm.krasn.ru

Институт вычислительного моделирования СО РАН (ИВМ СО РАН)

http://www.icm.krasn.ru

Предложен подход к оцениванию состояния объектов защиты и источников возникновения ЧС, основанный на интеграции технологий OLAP и экспертных систем. Представлены OLAP-модели, позволяющие анализировать данные по различным обстановкам и отслеживать изменение контролируемых параметров. Предложены критерии оценивания угрозы возникновения ЧС с использованием экспертных знаний о критических уровнях опасности. Показано применение предложенных решений в автоматизированных системах обеспечения комплексной безопасности Красноярского края.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, комплексная безопасность, оценка риска, аналитические индикаторы, OLAP.



А.В. Коробко

Приоритетной задачей органов управления МЧС России всех уровней является предупреждение чрезвычайных ситуаций. Для оперативной оценки обстановки, прогнозирования ЧС и анализа рисков используются данные комплексного мониторинга территорий. Ежедневно обрабатывается большое количество данных ведомственных систем мониторинга, активно внедряются инструментальные средства контроля и обеспечения безопасности, позволяющие в реальном времени отслеживать изменения параметров окружающей среды и динамику характеристик объектов техносферы. Повышение эффективности использования информационных ресурсов и оперативность решения аналитических задач требует разработки средств, позволяющих своевременно оценить обстановку и риск возникновения ЧС на основе мониторинговых данных.



Т.Г. Пенькова

В Удмуртской Республике разработан проблемно-ориентированный ресурс для прогнозирования уровня опасности объектов и территорий [1]. Система интегрирует математические модели и геоинформационные технологии и позволяет оценить последствия техногенных аварий и построить поля риска для всех типов ЧС, характерных для опасного промышленного объекта. Данные по условиям распространения опасных факторов аварий вводятся оператором вручную.

Специальное программное обеспечение краткосрочного прогнозирования вероятности возникновения природных и техногенных ЧС на уровне субъектов РФ разработано во Всероссийском центре мониторинга и прогнозирования ЧС «Антистихия» [2]. Методика прогнозирования основана на комбинированном применении методов экспертных оценок и расчётных взаимосвязей параметров источников ЧС и их последствий. Программное



В.В. Ничепорчук

обеспечение реализует балльный метод для дискретной оценки степени взаимосвязи параметров источников и параметров ЧС. Малый объём исходной статистической базы не позволяет применить традиционные подходы для обеспечения формализации комплексного прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Кроме того, рассчитываемые вероятности возникновения различных видов ЧС в целом по субъекту на основе среднесуточных данных наблюдений не учитывают обширность территории сибирских регионов и разнообразие природно-климатических зон. Оперативные и среднесуточные данные также заполняются оператором вручную.

В работе представлен подход к оцениванию состояния объектов защиты и источников возникновения ЧС, основанный на интеграции оперативной аналитической обработки данных OLAP и экспертных систем. Технология OLAP даёт возможность выполнять оперативное аналитическое моделирование состояния объектов техносферы и окружающей среды. Технология экспертных систем позволяет оценивать угрозу возникновения ЧС с использованием знаний экспертов о критических уровнях опасности.

Мониторинг комплексной безопасности Красноярского края

Территория Красноярского края характеризуется повышенным уровнем чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения, во многом определяющимся социально-экономическими причинами, большим ресурсным потенциалом, географическим положением и климатическими условиями [3]. По данным Государственного доклада Главного управления МЧС РФ по Красноярскому краю за 2012 год, на территории региона расположено большое количество потенциально опасных объектов техносферы: 2 радиационно-опасных объекта (ФГУП «Горно-химический комбинат» и ОАО ПО «Электрохимический завод»); 45 химически опасных объектов, в 17 населённых пунктах (в 11 городах и 6 районах); 89 пожаро- и взрывоопасных объектов; 314 гидротехнических сооружений, значительная часть которых эксплуатируется уже более 30 лет; 9 критически важных объектов, большое количество объектов жизнеобеспечения, включая котельные, электроподстанции, водозаборы, очистные сооружения и инженерные сети.

Территория края занимает более 1 млн. км² и расположена в семи климатических зонах. Крупные ЧС природного характера (затопления территорий, массовые лесные пожары, ветра и аномально низкие температуры воздуха) фиксируются практически ежегодно.

В целях повышения безопасности населения и территорий края активно реализуются различные мероприятия по предупреждению и смягчению последствий возможных ЧС. Одним из важнейших мероприятий, направленных на снижение рисков ЧС природного и техногенного характера является мониторинг комплексный безопасности жизнедеятельности населения и объектов техносферы Красноярского края.

Функционирование краевой системы мониторинга обеспечивается Главным управлением МЧС России по Красноярскому краю при взаимодействии с территориальными службами (учреждениями) и организациями федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти Красноярского края, органов местного самоуправления муниципальных образований Красноярского края и организациями, в функции которых входят вопросы мониторинга, контроля и прогнозирования источников ЧС природного и техногенного характера на территории Красноярского края [4, 5].

На данный момент система мониторинга комплексной безопасности Красноярского края включает: Территориальный центр мониторинга и прогнозирования ЧС Красноярского края (ТЦМП ЧС); абонентские пункты ТЦМП ЧС в крупных городах края; инструментальные средства автоматического контроля, в том числе приборы контроля: радиационной и химической обстановки, состояния снежного покрова на лавиноопасных участках автодорог, гидрологических процессов, систем теплоснабжения объектов ЖКХ, состояния конструкций объектов с массовым пребыванием людей, эн-

догенных процессов (сейсмического мониторинга); автоматизированные системы взаимодействующих структур.

С целью создания единого информационного ресурса на основе консолидации и централизованного хранения мониторинговых данных в ТЦМП ЧС разработано централизованное хранилище данных [6]. Обеспечение оперативного контроля объектов техносферы и окружающей среды требует создания средств аналитического моделирования состояния объектов и оценивания угрозы возникновения ЧС на основе мониторинговых данных.

Оперативное аналитическое моделирование состояния объектов техносферы и окружающей среды

В основе оперативного аналитического моделирования состояния объектов техносферы и окружающей среды лежит технология OLAP (On-line analytical processing), обеспечивающая оперативную обработку и представление многомерных данных. Применение OLAP обеспечивает высокую гибкость получаемых решений за счет возможности изменения отображения результата анализа [7].

Для мониторинга комплексной безопасности края разработаны OLAP-модели, позволяющие оперативно выполнять многоаспектный анализ мониторинговых данных по различным обстановкам, отслеживать изменение контролируемых параметров и состояние объектов. Ниже представлено описание OLAP-моделей по сферам мониторинга.

Сфера мониторинга: Общая обстановка

OLAP-модель: ЧС на контроле

Показатели: Количество погибших; Количество пострадавших; Количество ЧС; Сумма материального ущерба.

Измерения: Год; Дата ЧС; Место; Тип ЧС; Масштаб ЧС; Причина ЧС.

Сфера мониторинга: Метеорологическая обстановка

OLAP-модель: Температура воздуха

Показатели: Температура.

Измерения: Место; Дата; Метеостанция.

OLAP-модель: Скорость и направление ветра.

Показатели: Скорость ветра; Направление ветра (азимут).

Измерения: Место; Дата; Метеостанция.

OLAP-модель: Полные метеоданные

Показатели: Температура воздуха; Атмосферное давление; Влажность воздуха; Азимут ветра; Скорость ветра.

Измерения: Дата; Районы края; Погодные явления.

OLAP-модель: Метеоданные с датчиков контроля

Показатели: Температура; Скорость и направление ветра; Влажность воздуха; Атмосферное давление.

Измерения: Опытный участок; Дата измерения; Время измерения.

Сфера мониторинга: Гидрологическая обстановка

OLAP-модель: Уровень воды в реках

Показатели: Уровень воды в реках; Уровень выхода на пойму; Уровень начала подтопления.

Измерения: Год; Дата; Месяц и день; Гидропост; Река.

OLAP-модель: Сбросы воды ГЭС

Показатели: Объем сброса ГЭС; Минимальный уровень сброса; Максимальный уровень сброса; Отклонение от допустимого уровня.

Измерения: Год; Дата; Месяц и день; Гидропост; Река.

OLAP-модель: Ледовые явления

Показатели: Количество ледовых явлений.

Измерения: Год; Дата; Гидропост; Река; Тип ледового явления.

Сфера мониторинга: Сейсмическая обстановка

OLAP-модель: Сейсмические события

Показатели: Глубина; Магнитуда; Мощность; Диаметр переходной полости; Координаты эпицентра.

Измерения: Год; Дата; Место; Сейсмостанция; Тип сейсмического события.

Сфера мониторинга: Радиационная обстановка

OLAP-модель: Экспозиционная доза гамма-излучения

Показатели: Текущий уровень МЭД.

Измерения: Дата; Опытный участок; Датчик контроля.

OLAP-модель: Объёмная активность гамма-излучающих радионуклидов в воде

Показатели: Показание, Бк/л.

Измерения: Дата; Водозабор; Датчик контроля.

Сфера мониторинга: Паводковая обстановка

OLAP-модель: Прогноз половодья

Показатели: Минимальный ожидаемый уровень воды; Максимальный ожидаемый уровень воды; Фактический уровень воды в прошлом году.

Измерения: Год; Территория; Гидропост; Река; Дата ожидаемого наводнения; Дата фактического наводнения в прошлом году.

OLAP-модель: Состояние гидротехнических сооружений

Показатели: Объем гидротехнического сооружения; Площадь гидротехнического сооружения.

Измерения: Год; Место; Водный объект; Гидротехническое сооружение; Тип гидротехнического сооружения; Состояние гидротехнического сооружения.

Сфера мониторинга: Жилищно-коммунальное хозяйство

OLAP-модель: Аварии на объектах ЖКХ

Показатели: Количество пострадавших взрослых; Количество пострадавших детей; Количество аварий; Описание причины аварии; Описание действий по ликвидации аварии.

Измерения: Год; Место; Дата аварии; Дата ликвидации; Тип аварии.

OLAP-модель: Прогноз аварий на объектах ЖКХ

Показатели: Численность населения; Возможное число пострадавших; Описание возможной аварии; Описание действий в случае аварии.

Измерения: Год; Место; Дата отчета; Объект ЖКХ.

OLAP-модель: Запасы топлива

Показатели: Требуемый объем топлива; Фактические запасы топлива; Готовность.

Измерения: Год; Территория; Вид топлива; Дата отчёта.

OLAP-модель: Давление горячего водоснабжения

Показатели: Давление ГВС; Минимальное значение; Максимальное значение; Отклонение от минимума; Отклонение от максимума.

Измерения: Тепловой пункт; Дата измерения; Датчик.

OLAP-модель: Температура горячего водоснабжения

Показатели: Температура ГВС; Минимальное значение; Максимальное значение.

Измерения: Тепловой пункт; Дата измерения; Датчик.

Сфера мониторинга: Обстановка на крупнопролетных зданиях

OLAP-модель: Уровень снега на ТРЦ г. Красноярск

Показатели: Уровень снега; Максимально допустимое значение.

Измерения: Торгово-развлекательный центр; Дата измерения; Датчик.

Сфера мониторинга: Лавиноопасная обстановка

OLAP-модель: Уровень снега на Буйбинском перевале

Показатели: Уровень снега; Максимально допустимое значение.

Измерения: Опытный участок; Дата измерения; Датчик.

Сфера мониторинга: Обстановка в местах массового пребывания людей

OLAP-модель: Турбаза Ергаки

Показатели: Температура воздуха; Атмосферное давление; Направление ветра; Скорость ветра.

Измерения: Опытный участок; Дата измерения; Время.

OLAP-модель может быть представлена в виде плоской таблицы или кросс-таблицы. Плоская таблица представляет собой обычную таблицу с возможностью фильтрации и сортировки данных по столбцам. Кроме этого, возможно применение различных статистических методов. Кросс-таблица представляет собой таблицу со сложной горизонтальной и вертикальной шапкой и обеспечивает произвольное размещение измерений и показателей: заголовки переносятся либо в область построения сложной шапки по строкам, либо в область построения сложной шапки по столбцам. Кросс-таблица служит способом представления многомерного куба для выполнения аналитических операций: детализации, консолидации (группировки), формирования среза и поворота. Дополнительно, результат расчёта OLAP-модели может быть представлен в виде диаграммы или картограммы (если данные имеют территориальную привязку). Такие возможности визуализации и манипулирования данными позволяют менять «точку зрения» и обнаруживать новые зависимости между данными.

Средства оперативного аналитического моделирования на основе технологии OLAP позволяют анализировать данные о состоянии объектов в различных разрезах и отслеживать изменение контролируемых параметров.

Оценивание состояния объектов защиты и источников возникновения ЧС на основе аналитических индикаторов

Оценивание состояния объектов контроля строится на основе аналитических индикаторов, позволяющих оценить риск возникновения ЧС с использованием экспертных знаний о критических уровнях опасности.

Для каждой OLAP-модели определён аналитический индикатор риска, значение которого качественно определяет угрозу возникновения ЧС (уровень опасности) в зависимости от значений контролируемых параметров. Оценивание риска возникновения ЧС осуществляется путём сравнения реальных значений контролируемых параметров с критическими значениями.

Аналитические индикаторы определяют три уровня опасности:

«зелёный» – обстановка в норме – значения параметров не превышают критических (предельно допустимых) значений;

«жёлтый» – обстановка требует контроля – значения параметров приближаются к критическим;

«красный» – обстановка опасная, угроза ЧС – значения параметров равны или превышают критические.

Серый цвет индикатора свидетельствует об отсутствии оперативных данных.

Для каждого уровня опасности на основе нормативных документов и экспертным путём установлены критические значения для контролируемых параметров в соответствии с географическими и климатическими особенностями края. Критерии оценивания риска возникновения ЧС в различных сферах мониторинга приведены в таблице.

Таблица

Критерии оценивания риска возникновения ЧС		
Параметр	Условие	Уровень опасности
Общая обстановка		
Чрезвычайная ситуация	ЧС нет	зелёный
	зарегистрировано ЧС более суток назад	жёлтый
	зарегистрировано ЧС менее суток назад	красный

Параметр	Условие	Уровень опасности
Метеорологическая обстановка		
Температура (t, °C)	иначе	зелёный
	$30 \leq t < 35$ или $-40 < t \leq -35$	жёлтый
	$t \geq 35$ или $t \leq -40$	красный
Скорость ветра (SW, м/с)	$0 < SW < 15$	зелёный
	$15 \leq SW < 25$	жёлтый
	$SW \geq 25$	красный
Гидрологическая обстановка		
Уровень воды в реках (RL, м)	$RL < \text{Уровень выхода на пойму}$	зелёный
	$\text{Уровень выхода на пойму} \leq RL < \text{Уровень начала подтопления}$	жёлтый
	$RL \geq \text{Уровень начала подтопления}$	красный
Уровень воды в водохранилище (HL, м)	$\min + 20 < HL < \max - 20$	зелёный
	$\min < HL \leq \min + 20$ или $\max + 20 \leq HL < \max$	жёлтый
	$HL \leq \min$ или $HL \geq \max$	красный
Ледовая обстановка	иначе	зелёный
	ледовый затор или зажор	жёлтый
	-	красный
Сейсмическая обстановка		
Магнитуда (M, балл)	$M < 3$	зелёный
	$3 \leq M < 5$	жёлтый
	$M \geq 5$	красный
Радиационная обстановка		
Экспозиционная доза гамма-излучения (X, мкР/час)	$X < 20$	зелёный
	$20 \leq X < 40$	жёлтый
	$X \geq 40$	красный
Паводковая обстановка		
Зона затопления	Иначе	зелёный
	в зоне затопления жилые здания	жёлтый
	в зоне затопления опасные производственные объекты	красный
Состояние гидротехнических сооружений	иначе	зелёный
	предаварийное	жёлтый
	аварийное	красный
Жилищно-коммунальное хозяйство		
Авария на объектах ЖКХ	аварий нет	зелёный
	зарегистрирована авария более суток назад	жёлтый
	зарегистрирована авария менее суток назад	красный
Давление горячего водоснабжения (hwPr, атмосфера)	$\min < hwPr < \max$	зелёный
	$hwPr < \min$ или $hwPr > \max$	красный
Температура горячего водоснабжения (hwT, °C)	$\min < hwT < \max$	зелёный
	$hwT < \min$ или $hwT > \max$	красный
Обстановка на крупнопролетных зданиях		
Уровень снега на ТРЦ г. Красноярска (sL, см)	$\min < sL < \max$	зелёный
	$sL < \min$ или $sL > \max$	красный
Лавиноопасная обстановка		
Уровень снега на Буйбинском перевале (sL, см)	$\min < sL < \max$	зелёный
	$sL < \min$ или $sL > \max$	красный

Уровень опасности обстановки в различных сферах мониторинга определяется значениями аналитических индикаторов OLAP-моделей – обстановке присваивается уровень опасности, соответствующий наихудшему из уровней, характеризующих ее OLAP-моделей. Оценивание состояния объектов на основе аналитических индикаторов с использованием экспертных знаний об уровнях опасности позволяет контролировать обстановку в целом и на определённом участке мониторинга.

Применение средств оценивания угрозы возникновения ЧС в системах обеспечения комплексной безопасности Красноярского края

Предложенные решения реализованы в автоматизированных системах обеспечения комплексной безопасности Красноярского края [8, 9].

Автоматизированная система комплексного мониторинга (ЭСПЛА-М) – система, предназначенная для оперативного мониторинга и контроля обстановки ЧС на территории Красноярского края. На рисунке 1 представлено главное окно системы с индикаторами риска для каждой аналитической модели и детализация обстановки в виде диаграммы. На рисунке 2 представлена детализация обстановки в виде картограммы с индикаторами риска. На рисунках рассмотрен пример гидрологической обстановки – превышения уровня воды на реках. Интерактивные настройки способов и параметров визуализации позволяют представить данные оперативного контроля в удобном для исследования виде.

Интернет-сайт ТЦМП ЧС Красноярского края (<http://www.cmp.krasn.ru>) – информационный ресурс, предоставляющий мониторинговую и прогностическую информацию об обстановке в крае. На рисунке 3 представлена главная страница сайта с оперативной информацией по обстановкам и детализация сейсмической обстановки.

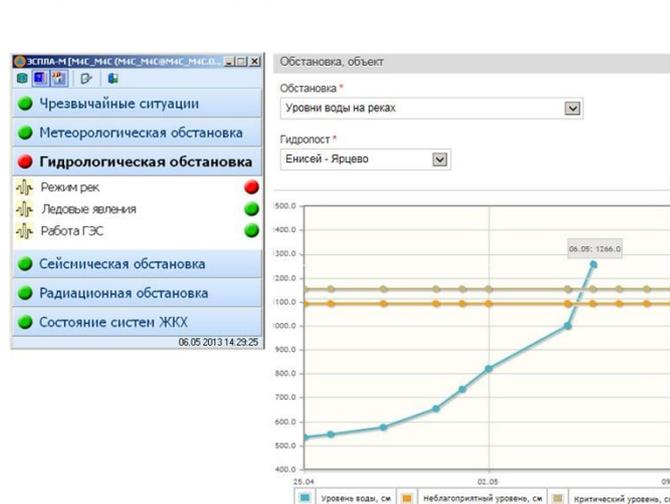


Рис. 1. ЭСПЛА-М: сигнализация превышения уровня воды и детализация обстановки в виде диаграммы



Рис. 2. ЭСПЛА-М: картограмма гидрологической обстановки

Разработанные средства оценивания состояния объектов техносферы и окружающей среды успешно используются в Главном управлении МЧС России по Красноярскому краю для информационно-аналитической поддержки принятия решений.

Заключение

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты. Интеграция технологий оперативной аналитической обработки данных и экспертных систем обеспечивает создание эффективных средств оперативного контроля состояния объектов техносферы и окружающей среды. Средства оперативного аналитического моделиро-

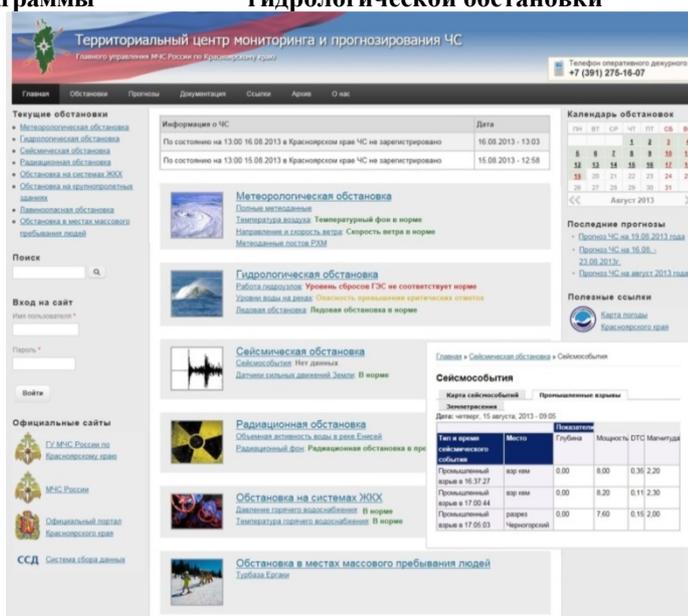


Рис. 3. Интернет-сайт: оперативная обстановка в крае и детализация сейсмической обстановки

вания на основе технологии OLAP позволяют анализировать данные о состоянии объектов в различных разрезах и отслеживать изменение контролируемых параметров. Средства оценивания на основе аналитических индикаторов с использованием экспертных знаний об уровне опасности позволяют контролировать обстановку в целом и на определённом участке мониторинга. Своевременное оценивание угрозы возникновения ЧС позволяет принять необходимые меры по обеспечению комплексной безопасности территорий.

Литература

1. Колодкин В.М., Варламов Д.В., Яценко А.А. Современные вычислительные технологии в обеспечении безопасности жизнедеятельности // Проблемы анализа риска. 2013. Том 10, №5. С.28-27.
2. Заключительный отчёт о научно-исследовательской работе «Разработка технологических схем и автоматизированных технологий оценки текущей обстановки в целях оперативного прогноза чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (пункт 2.1.2.2.ЕТП НИОКР МЧС России на 2008-2010 гг.). – М.: ВЦМП «Антистихия», 2010. – 229 с.
3. Государственный доклад Главного управления МЧС России по Красноярскому краю. – Красноярск, 2012. – 254 с.
4. Об утверждении положения о функциональной подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций: Приказ МЧС России от 04.03.2011 г. № 94.
5. Об утверждении положения о краевой подсистеме мониторинга, лабораторного контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Красноярского края: Постановление Правительства Красноярского края от 9.02.2011 г. № 80-п.
6. Бадмаева К.В., Пенькова Т.Г., Ничепорчук В.В. Проектирование специализированного хранилища данных мониторинга чрезвычайных ситуаций // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2011. № 5 (38). С. 14-18.
7. Ноженкова Л.Ф., Евсюков А.А., Ноженков А.И. Методы управления и геоинформационного моделирования в технологии OLAP // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2009. Т. 2. С. 49-58.
8. Система консолидации и анализа данных мониторинга чрезвычайных ситуаций в Красноярском крае /Ноженкова Л.Ф., Ничепорчук В.В., Бадмаева К.В. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2012. № 4. С. 63-73.
9. Penkova T., Nicheporchuk V., Korobko A. Emergency situations monitoring using OLAP technology // Proc. 35th International Convention. The conference «Business Intelligence Systems (miproBIS)». 2012. P. 1941-1946.

Estimation of the state of control objects and emergency sources based on analytical indicators

Anna Vladimirovna Korobko, PhD, Research Associate

Tatiana Gennadyevna Pen'kova, PhD, Research Associate, PhD, Senior Researcher

*Valery Vasilyevich Nicheporchuk, candidate of technical Sciences, senior researcher
Institute of Computational Modeling of the Siberian Branch of the Russian Academy of
Science (ICM SB RAS)*

This paper presents an approach of estimation of the control objects and emergency sources based on the integration of OLAP and Expert systems technologies. OLAP-models for multidimensional analysis of monitoring data and dynamic analysis of principal parameters of control objects are presented. The criteria of emergency risk estimation using expert knowledge about critical levels of danger are suggested. The implementation of proposed solutions in automated systems that provide a comprehensive safeness of Krasnoyarsk region.

Keywords: emergency, comprehensive safeness, risk estimation, analytical indicators, OLAP.