



УДК 004.9

DOI 10.18413/2411-3808-2019-46-3-540-552

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ЗАДАЧАХ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

COMPUTER VISUALIZATION FOR INFORMATION SUPPORT DECISION MAKING

А.С. Шемякин, С.Ю. Яковлев, А.В. Маслобоев
A.S. Shemyakin, S. Yu. Yakovlev, A.V. Masloboev

Институт информатики и математического моделирования – обособленное подразделение
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского
центра «Кольский научный центр Российской академии наук»
184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 24А

Institute for Informatics and Mathematical Modeling – Subdivision of the Federal Research Centre
«Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences»
184209, Murmansk region, Apatity, 24A Fersman St

E-mail: shemyakin@iimm.ru

Аннотация

Проблеме визуализации, воспроизведения обстановки и возможных вариантов действий уделяется недостаточно внимания при использовании информационных технологий в задачах принятия управленческих решений. Однако во многих случаях наглядное, близкое к реальному отображение ситуации и проигрывание динамики стимулируют творческие ресурсы лиц, принимающих решения, снижают вероятность допущения ошибок и дополняют аналитическую поддержку процесса управления. Проблема визуализации рассматривается на примере задач планирования и контроля действий сил в чрезвычайных ситуациях, когда события разворачиваются в пространстве и во времени. Приводится краткий обзор существующих подходов к моделированию и визуализации, предложена информационная структура соответствующей программной среды, рассматриваются возможные компьютерные модели реализации. В качестве одного из элементов такой среды предлагается графический редактор конфигурации и динамики сил и средств, представлены направления применения разработок в составе региональной системы поддержки принятия решений. Сформулированы основные проблемы и трудности создания указанной программной среды.

Abstract

The paper considers information and analytical support problems of human forces and equipment control for prediction, prevention and technogenic and natural emergency situation consequences elimination, related with economical activity in the region. Local, municipal and regional levels of emergency situations are taken into discussion. An analytical survey of the state-of-the-art methods for control process simulation and visualization of emergency situations are carried out. The informational and functional structure of software environment used to such problem-solving has been designed. Advanced models for organization and implementation of this software environment are considered. In the capacity of the modules of this environment a unified graphic-based software editor for configuration and visualization of human forces and equipment control under emergency situations has been proposed. Developed software tools are a part of the decision support system information infrastructure for regional security management of Murmansk region, which is developed within the bounds of Arctic region of Russian Federation development strategy and national security support until 2020 realization on the territory of Murmansk region. The system is used in the regional situational center. An information-technological architecture of the regional decision support system under emergency situations and developed software tools application directions composed of the system have been represented. The future work is related with development of a set of problem-oriented graphic software tools for simulation of decision-making and control process under typical technogenic emergency situations of different scale and nature, and its integration into common software environment.

Ключевые слова: информационные технологии, принятие решений, визуализация обстановки и действий, борьба с чрезвычайными ситуациями, программная реализация.

Keywords: information technology, decision-making, situation and action visualization, emergency situation control, software implementation.

Введение

Всё более широкое использование информационных технологий обеспечивает оперативное и обоснованное принятие управленческих решений. Однако во многих случаях для всесторонней оценки желательно наглядное, близкое к реальному, воспроизведение обстановки и возможных вариантов действий. Это в полной мере относится, например, к задаче планирования и контроля действий сил в чрезвычайных ситуациях (ЧС), когда события разворачиваются в пространстве и во времени. Проигрывание и визуальное отображение возможных вариантов действий стимулируют творческие ресурсы лиц, принимающих решения (ЛПР), снижают вероятность принятия ошибочных решений и дополняют аналитическую поддержку процесса управления. Необходимая степень детализации и близости к реальности определяются многими параметрами, например, величиной возможного риска ЧС, в первом приближении – величиной возможного ущерба (произведение вероятности/частоты на ущерб). Так, для визуализации локальных ЧС достаточно ситуационного плана или плоской картографической схемы с условными обозначениями объектов, для более масштабных ЧС может потребоваться моделирование рельефа и коммуникаций, воспроизведение динамики (анимация) и учёт разнообразных характеристик (атрибутов) сил и средств борьбы с ЧС (БЧС).

Вопросы визуализации возникли одновременно с компьютерной поддержкой принятия решений в различных областях. Так, в военном деле первые информационно-управляющие системы (ИУС) уже обладали (в той или иной мере) функцией отображения обстановки, различных зон и маршрутов движения сил. Кроме того, для каждой задачи ИУС разрабатывалась своя программа отображения. В настоящее время существуют мощные изобразительные средства и пакеты прикладных программ, ГИС-технологии, трёхмерное и динамическое моделирование. Тем не менее, по мнению авторов, вопросом создания «дружественного» визуального графического ряда (интерфейса) для задач БЧС (и не только для них) уделяется недостаточно внимания – несмотря на обилие работ, посвящённых тому или иному аспекту моделирования и программной реализации задач управления в ЧС (возникновение и развитие ЧС, действия сил и средств в ходе локализации и ликвидации ЧС, ликвидация последствий ЧС, подготовка спасателей и населения к действиям в ЧС).

Далее для определённости будут рассматриваться задачи информационно-аналитической поддержки управления силами и средствами в целях прогнозирования, предупреждения и ликвидации последствий ЧС техногенного и природного характера, связанных с хозяйственной и иной деятельностью в Арктической зоне Российской Федерации. Будут подразумеваться локальный, муниципальный, региональный уровни ЧС.

В разделе 1 даётся краткий обзор существующих подходов к моделированию и визуализации задач БЧС.

Раздел 2 посвящён структуре информационной среды визуализации БЧС, в разделе 3 рассматриваются возможные варианты реализации компонентов среды.

В разделе 4 показаны место и области приложения предлагаемых разработок в составе системы поддержки принятия решений ситуационного центра региона.

Результаты, проблемы и перспективы обсуждаются в Заключение.

Отметим, что в настоящей работе основное внимание уделено не расчётным, аналитическим методам планирования и контроля, а вопросам визуализации обстановки, анимации, виртуального манипулирования действиями объектов управления.

1. Подходы к моделированию и визуализации задач борьбы с ЧС

С целью более чёткого позиционирования тематики работы представим задачу планирования БЧС в виде укрупнённого алгоритма (рис. 1).

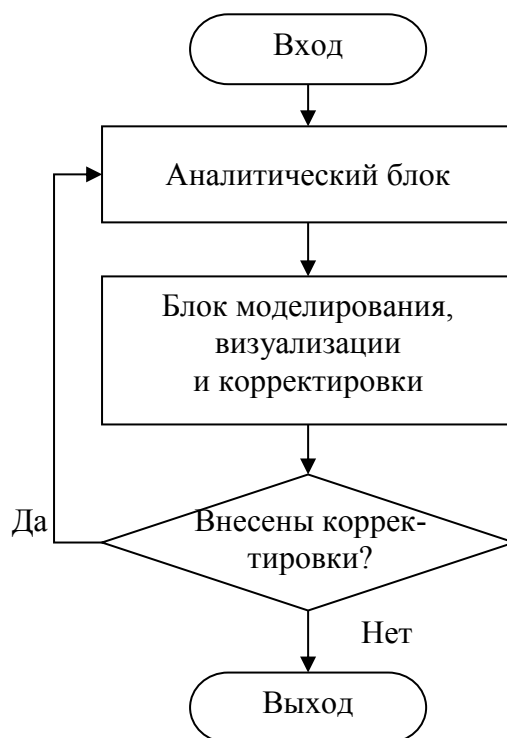


Рис. 1. Алгоритм планирования борьбы с ЧС

Fig. 1. Emergency control algorithm

Под аналитическим блоком понимается совокупность расчётных математических методов и моделей анализа риска. Вкладу в развитие этого блока посвящено много работ, в том числе и исследования авторов [Малинецкий, 2000; Рябинин, 2000; Бурков и др., 2001; Северцев, Бецков 2009; Цыгичко и др., 2019; Яковлев, Шемякин, 2019]. В настоящей статье этот блок представляется в виде «чёрного ящика», на выходе которого – план действий в той или иной форме. Основное внимание уделено второму компоненту алгоритма – блоку визуализации. Прежде всего, рассмотрим современное состояние дел в этой сфере. Далее приводится описание ряда проектов и реализаций основных функций этого блока.

В обзорной работе [Клименко, 2014] отмечается возросшая роль и перспективность информационных технологий визуализации, виртуального окружения в сфере БЧС. В качестве основных направлений развития систем моделирования указаны предупреждение, локализация и ликвидация ЧС, а также обучение спасателей (и населения) действиям в условиях ЧС. Одна из основных задач систем предсказания и моделирования ЧС – представление информации ЛПР в наиболее доступной для понимания форме. Для обучения спасателей (а также населения) необходима форма визуализации, создающая эффект присутствия. Обе эти задачи возможно решить при использовании систем виртуального окружения. При принятии решений в ЧС нельзя опираться только на результаты аналитического блока (рис. 1). Это обусловлено, главным образом, наличием фактора неопределённости при управлении безопасностью (см., например, [Колесников, 2013]). Разработано много приложений (в основном зарубежных) для моделирования (в том числе трёхмерного) различных стадий разнородных ЧС. Системы виртуального окружения, тренажёры используются не только для обучения спасателей, но и для тренировки населения. Такие системы (в отличие от аналитического моделирования) погружают обучаемого в виртуальную среду, приближенную к действительности, и позволяют учесть

психологические аспекты поведения в ЧС. При этом для повышения реалистичности визуализации, усиления эффекта присутствия могут использоваться специальные технологии (подобные применяемым в кинотеатрах 4D, 5D и т. д.). Перспективным направлением является использование технологии дополненной (или расширенной) реальности AR (Augmented Reality), когда компьютерные изображения накладываются на реальные.

В [Шишкин, Скугарев, 2014] предлагается использовать геоинформационные технологии для мониторинга и оценки последствий ЧС. В качестве исходных данных выступают различные источники оперативной информации: дистанционное зондирование, гидрометеорология, камеры наблюдения. Разнородная информация объединяется на едином геопортале. Авторы апробировали предложенную технологию на примерах обнаружения паводков и лесных пожаров.

В [Петрова, Меньших, Корчагин, 2016] приводится обоснование необходимости моделирования действий сил и средств (СиС) в ходе локализации и ликвидации ЧС. Для решения задачи выбора вариантов действий СиС предлагается использовать системный подход. Для этого предлагается моделируемую систему разбить на 3 уровня: микро-, мезо-, и макроуровень. Для каждого уровня разрабатываются собственные модели. Верхние уровни используют результаты работы моделей нижних уровней, для оценки эффективности действий СиС предлагается использовать автоматные модели. Визуализация процесса и результатов моделирования не предполагается.

В [Smirnov, Levashova, Shilov, 2011] для координации действий СиС в ходе локализации и ликвидации ЧС предлагается использовать самоорганизующуюся «умную» среду (smart environment). В статье развивается подход к реагированию на ЧС, который использует преимущества глобальных вычислений (ubiquitous computing). Подход основан на использовании ролевых профилей для координации действий участников, задействованных в локализации и ликвидации ЧС. В работе предлагается комплексное решение (в том числе и визуализация процесса БЧС), ориентированное в большей степени на решение задач оперативного реагирования (контроля), нежели на заблаговременное планирование действий СиС.

В [Котосонова, 2016] для анализа поведения населения в условиях ЧС предлагается использовать уровне-потокую модель, разработанную при помощи AnyLogic. Предполагается, что результаты анализа данной модели будут положены в основу методических рекомендаций по информированию различных категорий населения в ЧС природного, техногенного и биолого-социального характера.

Из приведённого краткого обзора видно, что задаче наглядного представления и корректировки действий СиС в ходе БЧС в отечественных исследованиях не уделяется достаточного внимания. Хотя существуют определённые технические решения в области моделирования возникновения и развития самой ЧС, разработки в области моделирования действий СиС носят больше теоретический характер, не говоря уже о визуализации этого процесса. Однако нельзя полагаться только на аналитическое решение ввиду наличия фактора неопределённости. Отметим междисциплинарный характер проблемы визуализации – задачи управления риском сочетаются с вопросами психологии, эргономики и т. д. Также подчеркнём отсутствие чётких, математически сформулированных критериев и показателей эффективности моделирования и визуализации. Вместо этого используются качественные характеристики: реалистичный, удобный, всесторонний, наиболее доступный для понимания и интерпретации, эффект присутствия, интуитивно понятный интерфейс и т. п.

Большую роль в процессе планирования действий СиС БЧС играет наличие инструментария (среды), позволяющего задать конфигурацию и расположение СиС, а затем визуализировать действия СиС. Желательно, чтобы такой инструментальный предоставлял возможность в любой момент модифицировать ситуацию (например, добавить или удалить СиС). Предполагается, что разрабатываемая среда будет частью более общей системы принятия решений в сфере борьбы с ЧС.

2. Информационная структура блока моделирования, визуализации и корректировки плана

Основные компоненты блока приведены на рис. 2.

| |
|----------------------------|
| Территория (акватория) |
| Инфраструктура |
| Опасные процессы и объекты |
| Силы и средства БЧС |
| Сценарии ЧС |
| Технологии БЧС |
| Планы действий |

Рис. 2. Структура блока визуализации
Fig.2. Structure of the block visualization

Каждая составляющая, в зависимости от варианта (формы, объёма) реализации, имеет свою внутреннюю структуру.

Так, территория может быть представлена:

- плоской схемой (ситуационным планом) с нанесёнными природно-техническими объектами и инфраструктурой;
- двумерной ГИС-картой;
- трёхмерной ГИС-картой.

Инфраструктура может включать в себя дорожную сеть, телекоммуникации, энергетические сети.

Опасные процессы могут включать в себя такие технологические составляющие, как, например, производство, хранение, применение, уничтожение опасных веществ.

Под объектами подразумеваются потенциально опасные промышленные (производственные) объекты: химически опасные объекты, гидротехнические сооружения, взрыво-пожароопасные объекты (склады, базы, трубопроводы и т. п.).

Для сил и средств БЧС указываются состав и перечень, места дислокации, характеристики.

Сценарии ЧС могут быть представлены, например, в виде древовидной структуры.

Технологии БЧС можно разделить на технологии, предназначенные для применения на суше и на воде. Также можно произвести разделение технологий по этапам борьбы с ЧС, например, технологии этапа локализации и технологии этапа ликвидации.

Планы действий обычно представляются в виде календарных планов (стрелочно-временных диаграмм).

Перейдём к существующим средствам реализации описанных компонентов.

3. Методы программной реализации блока визуализации

Как уже отмечалось выше, для представления территории можно использовать ГИС-карту. Это можно сделать при помощи такой распространённой ГИС, как ArcGIS [ArcGIS, 2019] или открытой ГИС QGIS [QGIS, 2019]. Также на электронную карту можно нанести объекты инфраструктуры и опасные производственные объекты.

Для хранения информации о силах и средствах БЧС целесообразно использовать базы данных (БД). Более того, для этих целей можно использовать программные

интерфейсы к базам данных, которые используют ГИС, тем самым упростится задача визуализации СиС на карте. Однако из-за особенностей хранения данных в БД геоинформационных систем и разнородности свойств СиС для этих нужд следует разрабатывать дополнительные надстройки к ГИС.

Для представления древовидных сценариев ЧС можно использовать редакторы диаграмм, например, объекты SmartArt, встроенные в популярный офисный пакет Microsoft Office [SmartArt, 2019]. Существуют также специализированные решения, такие как Microsoft Visio [Visio, 2019] или Dia [Dia, 2019].

Календарные планы на практике можно составить при помощи редактора таблиц Microsoft Word [support.office.com, 2019].

Перечисленные программные продукты – не единственные, которые можно применять для решения подобных задач, здесь упомянуты наиболее популярные.

Разнообразие программных продуктов, используемых при компьютерном моделировании БЧС, показывает, что целесообразно создание единой программной среды, при помощи которой можно было бы системно решать задачи моделирования, визуализации и корректировки плана действий СиС. Пилотный проект, содержащий фрагменты такой среды и разработанный при решении задачи локализации разлива нефтепродукта [Зуенко и др., 2019] в форме графического редактора, описывается далее в качестве элементарного примера реализации технологии визуализации и моделирования.

Структура базы данных редактора конфигурации СиС

В качестве одного из элементов блока моделирования, визуализации и корректировок предлагается графический редактор первоначальной конфигурации сил и средств, позволяющий также отобразить действия сил и средств в ходе БЧС. По сравнению с [Зуенко и др., 2019] редактор будет рассмотрен более подробно.

Сведения о конфигурации сил и средств хранятся в базе данных в формате XML. Схема базы данных изображена на Рис. 3.

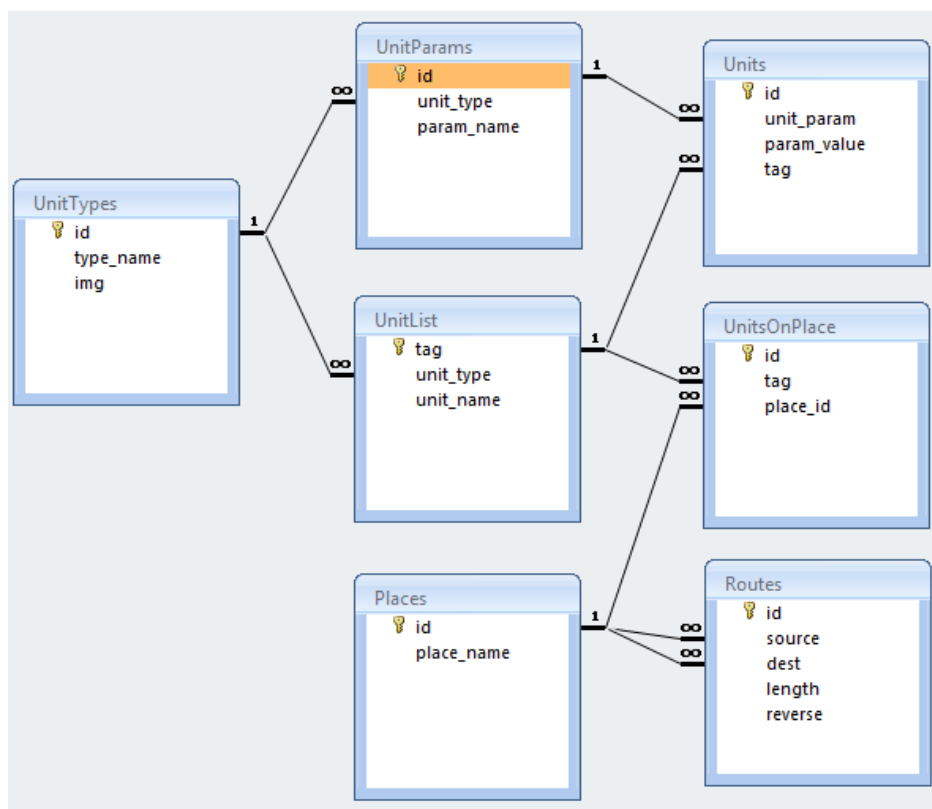


Рис. 3. Структура базы данных
Fig. 3. Database structure

Описание полей и таблиц базы данных даётся в таблице 1.

Таблица 1

Table 1

Описание базы данных конфигурации
Configuration Database Description

| Поле таблицы базы данных | Тип данных | Комментарий |
|---|------------|---|
| <i>Таблица UnitTypes – типы СиС (классы СиС), присутствующие в конфигурации</i> | | |
| Id | Числовой | Ключевое поле |
| Type_name | Текстовый | Имя типа СиС. Например, «Грузовой автомобиль» |
| Img | Текстовый | Путь к файлу изображения объекта соответствующего типа |
| <i>Таблица Units – значение параметров экземпляра СиС</i> | | |
| Id | Числовой | Ключевое поле |
| Unit_param | Текстовый | Наименование параметра. Например, «Объём грузовой платформы» |
| Param_value | Числовой | Значение соответствующего параметра |
| Tag | Числовой | Ссылка на экземпляр СиС, для которого указано значение данного параметра |
| <i>Таблица UnitParams – параметры класса СиС</i> | | |
| Id | Числовой | Ключевое поле |
| Unit_type | Числовой | Ссылка на тип СиС, к которому относится данный параметр |
| Param_name | Текстовый | Наименование параметра |
| <i>Таблица UnitList – экземпляры СиС, присутствующие в конфигурации</i> | | |
| Tag | Числовой | Ключевое поле |
| Unit_type | Числовой | Ссылка на тип СиС |
| Unit_name | Текстовый | Наименование экземпляра СиС. Например, «Белаз-548» |
| <i>Таблица UnitsOnPlace – расположение СиС по местам дислокации</i> | | |
| Id | Числовой | Ключевое поле |
| Tag | Числовой | Ссылка на экземпляр СиС |
| Place_id | Числовой | Ссылка на место дислокации |
| <i>Таблица Places – места дислокации СиС</i> | | |
| Id | Числовой | Ключевое поле |
| Place_name | Текстовый | Наименование места дислокации |
| <i>Таблица Routes – маршруты перемещения СиС</i> | | |
| Id | Числовой | Ключевое поле |
| Source | Числовой | Ссылка на место дислокации. Начало маршрута |
| Dest | Числовой | Ссылка на место дислокации. Конец маршрута |
| Length | Числовой | Длина маршрута |
| Reverse | Логический | Флаг, указывающий, могут ли СиС перемещаться по данному маршруту в обратном направлении |

Внешний вид редактора конфигурации СиС

Внешний вид главного окна графического редактора с загруженной конфигурацией приведен на Рис. 4.

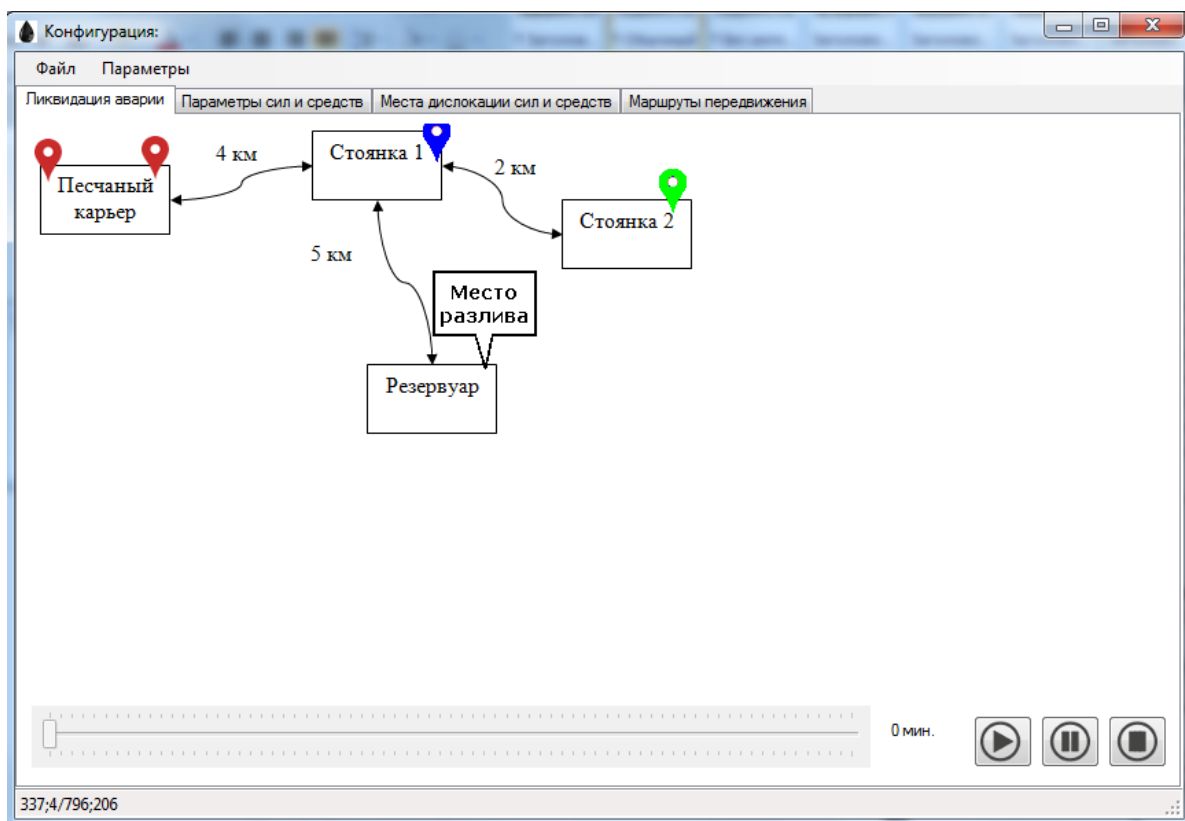


Рис. 4. Главное окно редактора конфигурации СиС
 Fig. 4 Configuration editor main window

В главном окне отображается этап локализации аварийного разлива нефтепродукта: передвижение единиц сил и средств и время, прошедшее с начала процесса локализации. Анимация процесса локализации осуществляется в соответствии с предварительно составленным планом действий. Данный план формируется отдельным модулем-решателем. В частности в [Зуенко и др., 2019] для этих целей предлагается использовать библиотеку Choco.

При необходимости процесс моделирования можно приостановить или перезапустить. Также можно внести изменения в текущую или первоначальную конфигурацию для оценки того, как это отразится на процессе борьбы с ЧС.

Для конфигурации параметров сил и средств, участвующих в локализации разлива, предусмотрены вкладки «Параметры сил и средств» (Рис. 5), «Места дислокации сил и средств» (Рис. 6), «Маршруты следования» (Рис. 7).

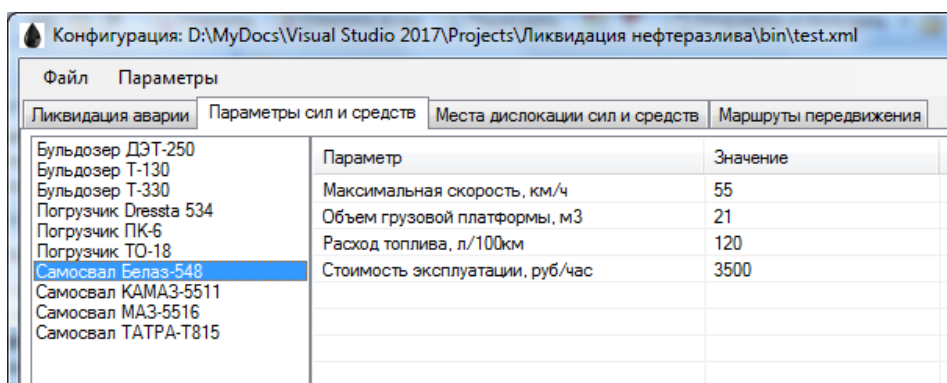


Рис. 5. Параметры сил и средств
 Fig. 5. Forces and facilities parameters

На вкладке «Параметры сил и средств» пользователь задает типы СиС, участвующих в локализации, и задает их характеристики.

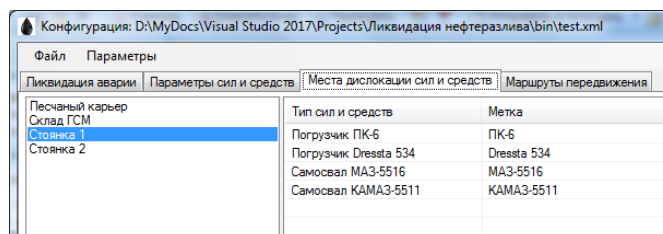


Рис. 6. Места дислокации сил и средств

Fig. 6. Forces and facilities dislocation

На вкладке «Места дислокации...» пользователь указывает расположения СиС по пунктам дислокации: перечисляются единицы СиС с указанием типа СиС из вкладки «Параметры сил и средств». Для того чтобы в процессе моделирования различать единицы сил и средств между собой, каждому элементу пользователь присваивает произвольную метку.

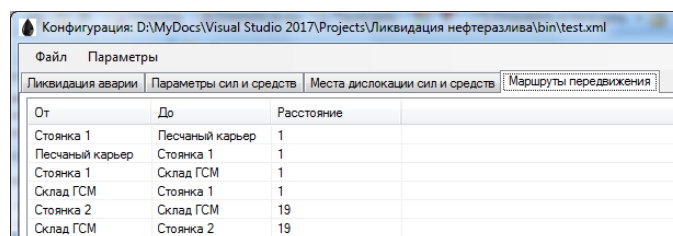


Рис. 7. Маршруты передвижения сил и средств

Fig. 7. Forces and facilities movement routes

На вкладке «Маршруты следования» пользователь указывает возможные маршруты следования СиС между местоположениями на карте с указанием расстояния между пунктами.

Для большей наглядности процесса моделирования пользователь может указать файл карты-подложки, которая будет загружена в редактор (Рис. 4). В дальнейшем планируется доработать интерфейс графического редактора таким образом, чтобы пользователь мог добавлять на карту местоположения и распределять силы и средства по ним с помощью мыши, без необходимости переключения между вкладками. Разрабатываемые программные средства визуализации, моделирования и конфигурации СиС являются составной частью блока принятия решений и информационной инфраструктуры системы поддержки принятия решений по управлению региональной безопасностью Мурманской области (СППР РБ МО) [Маслобоев, 2017], которая создана и развивается в рамках реализации «Стратегии развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности до 2020 года» на территории Мурманской области. Эта система используется в ситуационном центре региона.

4. Блок поддержки принятия решений региональной системы управления БЧС

Основное назначение системы – информационная поддержка начальных этапов жизненного цикла развития региональных кризисных ситуаций, предполагающая мониторинг, диагностику и предупреждение потенциальных угроз и опасностей в социально-экономической и природно-техногенной сфере. Для обеспечения расширенной функциональности системы предусмотрена возможность ее интеграции с территориальными подсистемами региональной системы предупреждения и ликвидации ЧС Мурманской области.

Функциональная структура и состав операционного ядра СППР РБ МО – блока принятия управленческих решений в условиях ЧС – представлены на рис. 8.

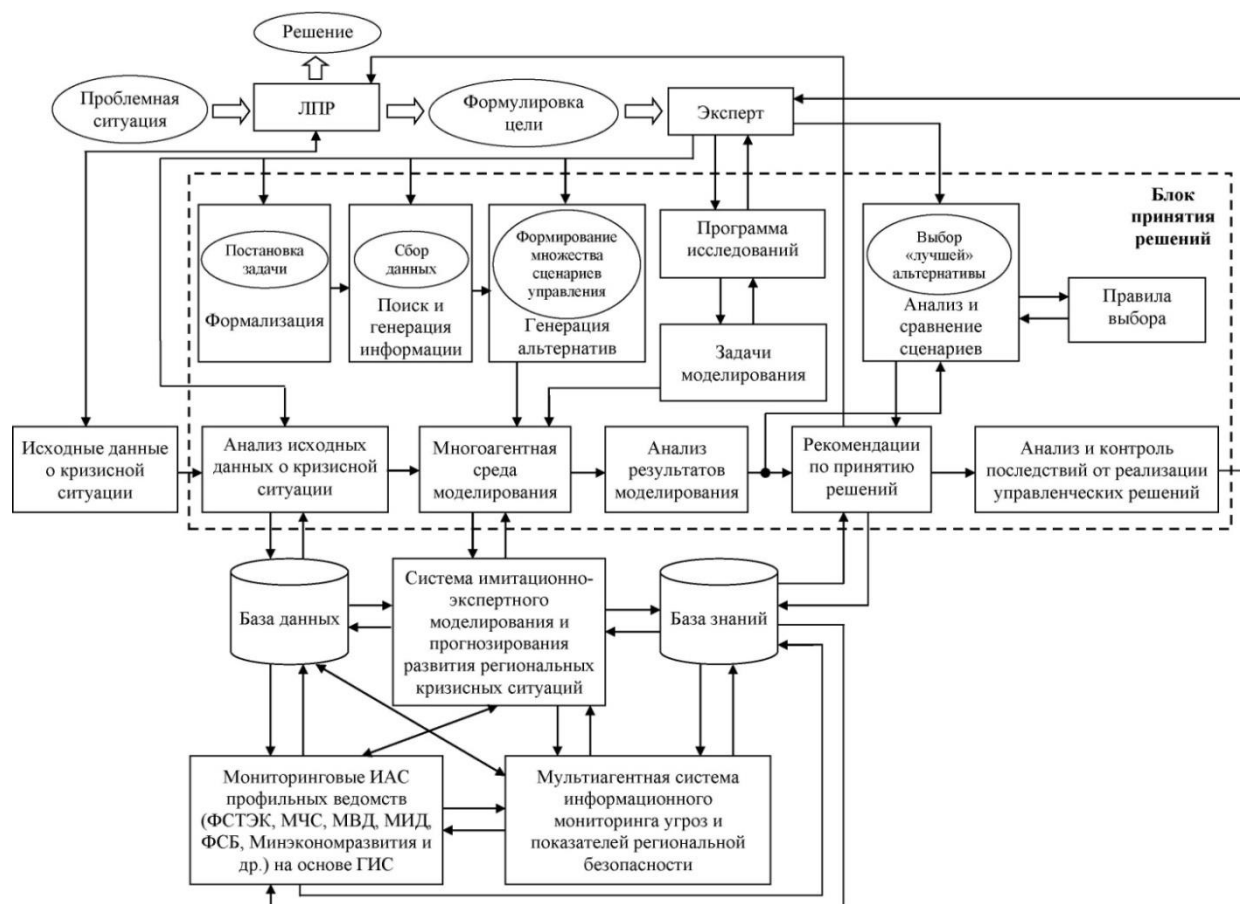


Рис. 8. Функциональная структура и состав блока принятия решений СППР РБ МО
 Fig. 8 Functional structure and decision block structure

Заключение

В настоящей работе для наглядной иллюстрации и корректировки решений, принимаемых при планировании и контроле БЧС, предлагается анимация взаимодействия сил и средств во времени и пространстве на модели окружающей территории. Анимация осуществляется в соответствии с предварительно составленным планом действий, который формируется в рамках отдельного аналитического блока.

Приводится краткий обзор подходов к моделированию и визуализации задач БЧС. Предложена информационная структура соответствующей программной среды, рассмотрены возможные компьютерные модели реализации. В качестве одного из элементов такой среды предлагается графический редактор конфигурации и динамики сил и средств БЧС. Представлены информационно-технологическая архитектура СППР РБ МО и направления применения разработок в составе этой системы.

Отметим основные выявленные (и взаимосвязанные) проблемы и трудности создания указанной программной среды.

1. Несмотря на обилие исследований и программных реализаций в части аналитического блока задач управления БЧС, соответствующих работ по визуализации (особенно отечественных) явно недостаточно. Это свидетельствует о недооценке важности этой составляющей для принятия эффективных управленческих решений.

2. Задача визуализации имеет междисциплинарный характер, при её решении необходимо совместно учитывать нормативные, математические, психологические и иные аспекты.



3. Отсутствуют однозначные математические формулировки критериев и показателей эффективности визуализации, используются расплывчатые качественные характеристики. Это затрудняет как обоснование необходимости и актуальности (несмотря на интуитивную уверенность), так и выбор адекватных (соответствующих решаемой задаче БЧС) формы и объёма реализации.

4. Представляется целесообразным создание единой программной среды моделирования, визуализации и корректировки плана действий при управлении в БЧС, как оперативном (контроль действий в ходе локализации и ликвидации ЧС), так и стратегическом (заблаговременное планирование) – для различных уровней иерархии.

В дальнейшем предполагается разработать линейку графических средств моделирования для типовых задач борьбы с техногенно-природными ЧС различного масштаба и интегрировать их в единую программную среду.

Благодарности. Результаты получены в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (тема НИР № 0226-2019-0035). Научное обоснование и программная реализация разработок частично поддержаны РФФИ (проект 18-07-00167-а).

Список литературы

1. Бурков В.Н., Грацианский Е.В., Дзюбка С.И., Щепкин А.В. 2001. Модели и методы управления безопасностью, М., Синтег, 139.
2. Зуенко А.А., Яковлев С.Ю., Шемякин А.С., Олейник Ю.А. 2019. Применение технологии программирования в ограничениях для планирования действий в чрезвычайных ситуациях. Информационные технологии и вычислительные системы. 2019(1): 26–37. DOI 10.14357/20718632190103.
3. Клименко А.С. 2014. Методы и средства повышения реалистичности моделирования и визуализации в системах виртуального окружения. В сборнике «Международная конференция RESILIENCE2014 международного центра по ядерной безопасности института физико-технической информатики». Протвино, 25–28 ноября 2014 г. 110–134.
4. Колесников Е.Ю. 2013. Количественное оценивание неопределенности техногенного риска. Проблемы анализа риска. Т.10. 2: 48–71.
5. Котосонова А.С. 2016. Моделирование поведения населения в условиях ЧС. Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. (2(19)): 88–90.
6. Малинецкий Г.Г. 2000. Управление риском. Риск, устойчивое развитие, синергетика. М., Наука, 432.
7. Маслобоев А.В. 2017. Система поддержки принятия решений в условиях региональных кризисных ситуаций. Информационные ресурсы России. 2017(4(158)): 25–32.
8. Петрова Е.В., Меньших В.В., Корчагин А.В. 2016. Обоснование использования автоматных моделей системы реагирования и ликвидации чрезвычайной ситуации техногенного характера. Вестник Воронежского института МВД России. (3): 33–41.
9. Платформа ArcGIS. [Электронный ресурс] URL: <https://www.esri-cis.ru/products/>.
10. Рябинин И.А. 2000. Надёжность и безопасность сложных систем. СПб., Политехника, 248.
11. Северцев Н.А., Бецков А.В. 2009. Системный анализ теории безопасности. М., МГУ «ТЕИС», 457.
12. Создание рисунка SmartArt. [Электронный ресурс] URL: <https://support.office.com/ru-ru/article/%D0%A1%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%83%D0%BD%D0%BA%D0%B0-smartart-fac94c93-500b-4a0a-97af-124040594842>
13. Форматирование таблицы. [Электронный ресурс] URL: <https://support.office.com/ru-ru/article/%D0%A4%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8B-e6e77bc6-1f4e-467e-b818-2e2acc488006>
14. Цыгичко В.Н., Черешкин Д.С., Смолян Г.Л. 2019. Безопасность критических инфраструктур. М., УРСС, 200 с.

15. Шишкин И.Н., Скугарев А.А. 2014. Использование геоинформационных технологий для мониторинга и оценки последствий чрезвычайных ситуаций. Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2014(2(32)): 276–280.
16. Яковлев С.Ю., Шемякин А.С. 2019. Методы и программные средства информационного обеспечения техносферной безопасности полярных регионов (на примере Мурманской области). История науки и техники. 2019(4):46–54. DOI: 10.25791/intstg.04.2019.558.
17. Microsoft Visio – программа для создания схем. [Электронный ресурс] URL: <https://products.office.com/ru-ru/visio/flowchart-software>
18. QGIS. Свободная географическая система с открытым исходным кодом. [Электронный ресурс] URL: <https://qgis.org/ru/site/>.
19. Alexander Smirnov, Tatiana Levashova, Nikolay Shilov Ubiquitous computing in emergency: Role-based situation response based on self-organizing resource network. 2011 IEEE International Multi-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support (CogSIMA). DOI: 10.1109/COGSIMA.2011.5753760.
20. Dia draws your structured diagrams: Free Windows, Mac OS X and Linux version of the popular open source program. [Electronic resource] Available at: <http://dia-installer.de/>.

References

1. Burkov V.N., Gratsianskiy E.V., Dzyubko S.I., Shchepkin A.V. 2001. Modeli i metody upravleniya bezopasnost'yu [Models and methods for security control]. Moscow: Sinteg, 139 p.
2. Zuenko A.A., Yakovlev S.Yu., Shemyakin A.S., Oleynik Yu.A. 2019. Application of constraint programming technology for planning action in emergency situations. Journal of Information Technologies and Computing Systems. 2019(1): 26–37. DOI 10.14357/20718632190103 (in Russian).
3. Klimenko A.S. 2014. The methods and tools to improve realism for simulation and visualization in virtual environment. International Conference and School of Resilience of complex sociotechnical systems Resilience2014, Russia, Protvino (Park Drakino), November 25–28, 2014.
4. Kolesnikov E.Yu. 2013. Quantitative estimation of uncertainty of technogenic risk. Risk analysis problems. Т.10. 2: 48–71.
5. Kotosonova A.S. 2016. Modeling the behavior of the population in an emergency. Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. (2(19)): 88–90.
6. Malinetskiy G.G. 2000. Upravlenie riskom. Risk, ustoychivoe razvitie, sinergetika [Risk management. Risk, sustainable development, synergy]. Moscow: Nauka Publ., 432.
7. Masloboev A.V. 2017. Decision support system in regional crisis situations. Information Resources of Russia. 2017(4(158)): 25–32 (in Russian).
8. Petrova E.V., Men'shikh V.V., Korchagin A.V. 2016. Rationale for selection of mathematical apparatus for modeling system response and liquidation of emergency situations of technogenic character. The bulletin of Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. 2016(3): 33–41 (in Russian).
9. ArcGIS platform [Electronic resource]. Available at: <https://www.esri-cis.ru/products/> (in Russian).
10. Ryabinin I.A. 2000. Nadezhnost' i bezopasnost' slozhnykh system [Reliability and safety of complex systems]. Saint-Petersburg: Politekhnik, 248.
11. Severtsev N.A., Betskov A.V. 2009. Sistemnyy analiz teorii bezopasnosti [System analysis of safety theory]. Moscow: MGU «TEIS», 457 p.
12. Creating SmartArt picture [Electronic resource]. Available at: <https://support.office.com/ru-ru/article/%D0%A1%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5-%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%83%D0%BD%D0%BA%D0%B0-smartart-fac94c93-500b-4a0a-97af-124040594842> (in Russian)
13. Formatting a table. [Electronic resource]. Available at: <https://support.office.com/ru-ru/article/%D0%A4%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8B-e6e77bc6-1f4e-467e-b818-2e2acc488006> (in Russian)
14. Tsygichko V.N., Chereshekin D.S., Smolyan G.L. 2019. Bezopasnost' kriticheskikh infrastruktur [Safety of critical infrastructures]. Moscow: URSS, 200 p.
15. Shishkin I.N., Skugarev A.A. 2014. The use of geographic information technology to monitor and assess the effects of emergency. Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki. 2014(2(32)): 276–280.



16. Yakovlev S. Yu., Shemyakin A.S. 2019. Methods and software for the information support of the polar regions technospheric safety (with the Murmansk region as an example). *History of science and engineering*, 2019(4): 46–54.

17. Microsoft Visio – a program for creating schemes. [Electronic resource]. Available at: <https://products.office.com/ru-ru/visio/flowchart-software> (in Russian)

18. QGIS A Free and Open Source Geographic Information System [Electronic resource]. <https://qgis.org/ru/site/> (in Russian)

19. Alexander Smirnov, Tatiana Levashova, Nikolay Shilov Ubiquitous computing in emergency: Role-based situation response based on self-organizing resource network. 2011 IEEE International Multi-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support (CogSIMA). DOI: 10.1109/COGSIMA.2011.5753760.

20. Dia draws your structured diagrams: Free Windows, Mac OS X and Linux version of the popular open source program. [Electronic resource] Available at: <http://dia-installer.de/>.

Ссылка для цитирования статьи

Reference to article

Шемякин А.С., Яковлев С.Ю., Маслобоев А.В. 2019. Компьютерная визуализация в задачах информационной поддержки принятия решений. *Научные ведомости Белгородского государственного университета*. Серия: Экономика. Информатика. 46 (3): 540–552. DOI 10.18413/2411-3808-2019-46-3-540-552.

Shemyakin A.S., Yakovlev S. Yu., Masloboev A.V. 2019. Computer visualization for information support decision making. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies*. 46 (3): 540–552 (in Russian). DOI 10.18413/2411-3808-2019-46-3-540-552.