

С. А. Митакович (ООО «ИНТРО-ГИС», Уфа)

В 2001 г. окончил факультет информатики и робототехники Уфимского государственного авиационного технического университета по специальности «системный анализ, управление и обработка информации». В настоящее время — генеральный директор ООО «ИНТРО-ГИС». Кандидат технических наук.

Разработка систем прогнозирования чрезвычайных ситуаций на базе ГИС

Анализируя эволюцию развития ГИС, можно выделить несколько значимых этапов: переход к многопользовательским системам, существенное сокращение времени на получение и сбор первичной пространственной информации, повсеместный и облегченный доступ к электронным веб- и мобильным картам. Сегодня это привело к появлению таких взаимосвязанных технологий, как «облачные» вычисления, обработка «больших данных», прием данных в режиме реального времени, гетерогенные сенсорные сети, широкое вовлечение сообщества и др. Пожалуй, уже можно говорить, что наступил очередной этап развития — переход от информации к знаниям, позволяющий действительно понимать протекающие процессы, явления и принимать наилучшие решения.

Однако задачи прогнозирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС), несмотря на характерный пространственный аспект, до сих пор остаются в стороне от бурного развития ГИС-технологий. Специфичность данной предметной области заключается в том, что методическая основа разрабатывается узкопрофильными организациями, которые делают акцент в основном на математических процессах. Такой подход привел к тому, что для каждого типа ЧС реализованы отдельные программы. И если западные

разработчики предусматривают возможность импорта/экспорта в картографические форматы, то в России мы часто оказываемся в ситуации, когда результаты моделирования ЧС выводятся в экранной форме на растровой непривязанной подложке или в виде текстового неструктурированного файла.

Являясь одним из первых разработчиков специализированных решений для анализа ЧС в России, компания «ИНТРО-ГИС» изначально ориентировалась на полную интеграцию средств моделирования в составе ГИС. Конечно, это потребовало осмысления и самостоятельной реализации методик прогнозирования, но в конечном итоге привело к появлению целого набора коробочных программных модулей для ArcGIS Desktop, Server: «Техно ЧС (оператор)», «Техно ЧС (эксперт)», «Гидро ЧС», «Лесной пожар», «Разлив нефтепродуктов», «Метео» (рис. 1). В общей сложности они реализуют более 40 различных по сложности методик прогнозирования природных, экологических и техногенных ЧС. Модули активно используются в различных структурах МЧС России, на крупных промышленных предприятиях, в проектных организациях. Отдельно можно выделить повышение интереса со стороны интеграторов, которые встраивают наши компоненты в состав распределенных информационно-аналитических систем.

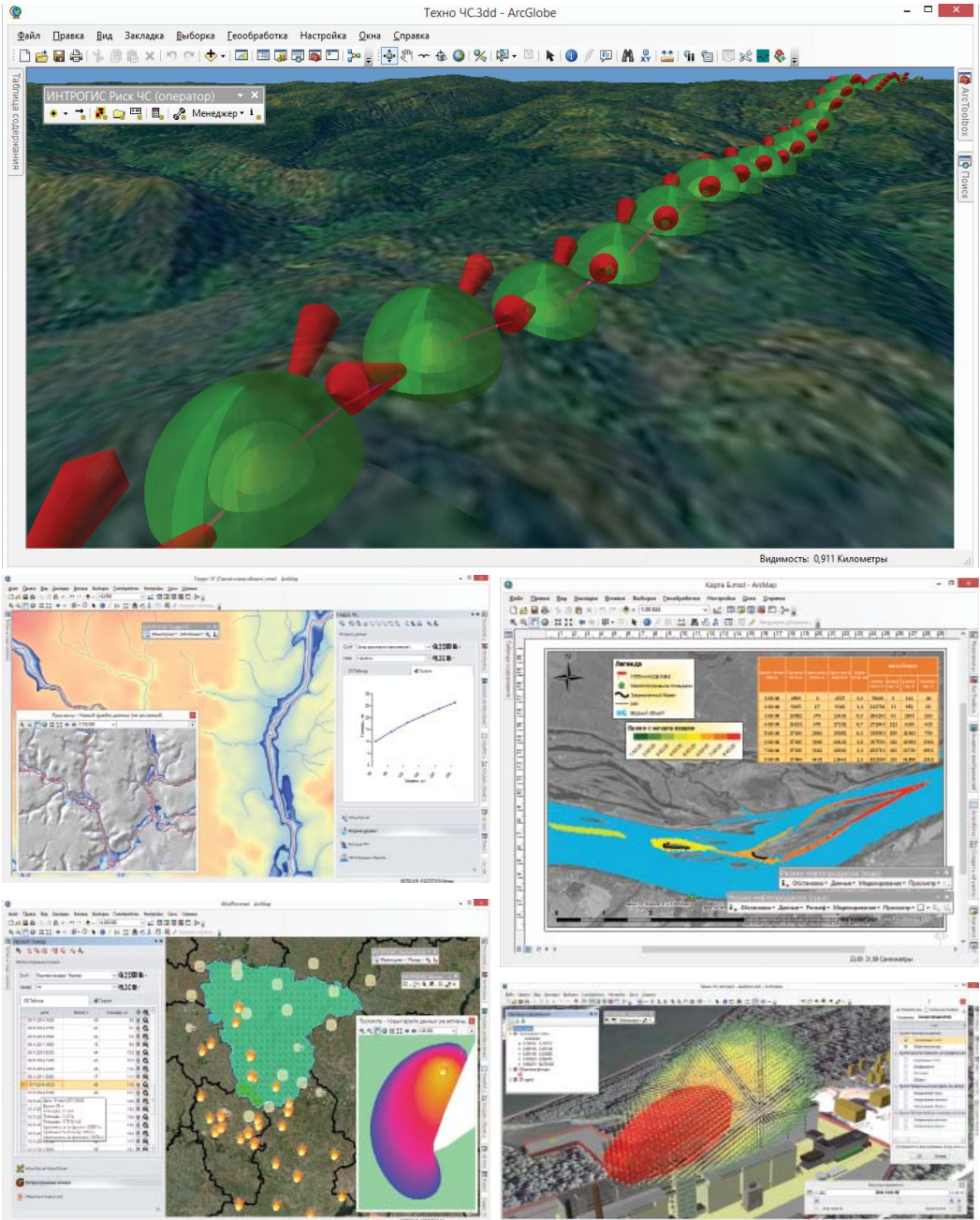


Рис. 1. Примеры расчета различных видов ЧС с использованием модулей «ИНТРО-ГИС» в ArcGIS Desktop

Полученный опыт позволяет выделить несколько ключевых моментов, связанных с разработкой подобного рода решений:

1. Программное разделение блоков математического моделирования и отображения пространственной информации. Первоначально разработка ведется для настольной ГИС (ArcMap, ArcScene, ArcGlobe) с учетом интерактивного взаимодействия пользователя, но такой подход позволяет практически без изменений портировать решение в серверную ГИС, чтобы затем использовать возможности моделирования в веб-ГИС-приложениях.

2. Выявление блока общих входных и выходных данных, которые используются во всех математических моделях. Например, в модуле «Техно ЧС (оператор)» моделируются взрывы, пожары, химическое и радиоактивное заражение. Для всех методик, реализованных в составе модуля, общими входными данными являются расстояние, опасное вещество, масса, а общими выходными — значение фактора поражения, вероятность поражения и ряд других. Таким образом, можно осуществлять параллельную разработку новых моделей, которые автоматически интегрируются в состав модуля.

3. Учет обновления данных. Моделируя долговременные процессы, важно понимать, что обстановка может меняться, и модель должна учитывать эти изменения. Так, в модуле «Лесной пожар» можно указать слой метеоданных, чтобы модели распространения учитывали их при расчетах. Поскольку модули не только проводят расчеты, но и реализуют функции мониторинга, это приводит к такому уровню автоматизации, когда пользователю в веб-приложении достаточно указать местоположение пожара, все остальные данные уже собраны и являются актуальными.

4. Разделение моделей на два класса:

экспресс-оценка и сложный расчет. Первый класс, как правило, представлен эмпирическими моделями, полный цикл расчета по которым занимает доли секунд. Такой класс моделей реализуется как для настольной, так и для серверной ГИС в виде сервиса геообработки. Второй класс моделей более адекватно моделирует процесс и представлен имитационными моделями, чаще всего основанными на системе нелинейных дифференциальных уравнений. Расчеты занимают минуты, часы, а порой и сутки даже с учетом параллельной обработки. Этот класс моделей реализуется только для настольной ГИС, но обязательно предусматривается экспорт результатов в состав картографического сервиса, чтобы веб-пользователи могли «проиграть» динамику развития ЧС. Здесь необходимо отметить, что модели данного класса часто используют нерегулярные подвижные сетки, которые в современных ГИС практически не поддерживаются. Это является еще одним сдерживающим фактором по внедрению моделей прогноза ЧС.

С учетом современных возможностей получения данных мониторинга с использованием дистанционного зондирования, спутниковой навигации, измерительных станций, датчиков контроля, уличных камер, мобильных устройств за счет комбинации средств моделирования можно выйти на новый качественный уровень анализа ЧС — превентивный анализ. Вот несколько примеров из нашей практики:

- **Эффект домино.** При определенных условиях одна ЧС влечет за собой другую и т. д. Например, подключая необходимые модули, мы можем реализовать цепочку «разрыв нефтепровода — разлив нефтепродуктов — возгорание — перегрев резервуара — взрыв — разлет осколков» (рис. 2).

- **Предупреждение о близости ЧС.** Продолжая тему прогнозирования лесных пожаров, мы реализовали систему, при

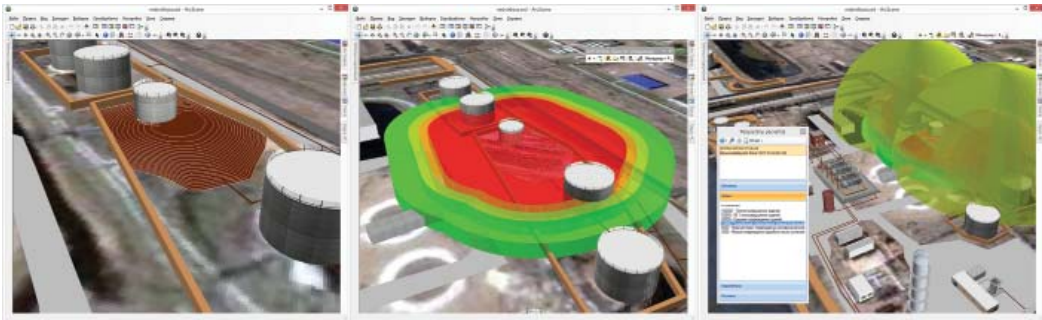


Рис. 2. Расчет эффекта домино на нефтебазе

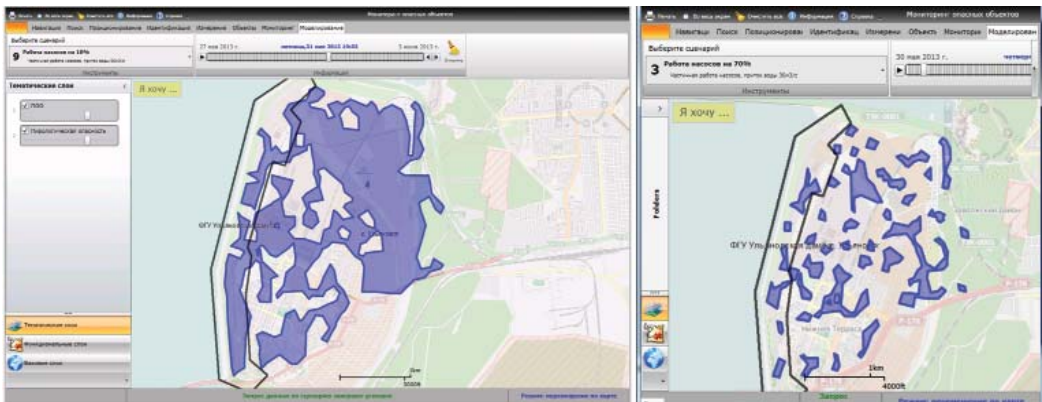


Рис. 3. Сценарное управление ЧС при затоплении территории

которой обновление термоточек, детектированных по космическим снимкам, приводит к автоматическому запуску цепочки процессов: перерасчет зон распространения пожара с учетом текущих и прогнозных метеоусловий, определение объектов в зоне риска, информирование заинтересованных лиц в случае угрозы.

- **Сценарное управление.** С использованием сложных моделей рассчитывается набор готовых сценариев, в частности затопление поймы (рис. 3). Как только возникает угроза ЧС, система выбирает наиболее близкий сценарий и «проигрывает» ситуацию с отсчетом от текущего времени.

- **Оценка риска ЧС.** Осуществляется оценка всех видов ЧС с учетом вероятности их возникновения и возможного ущерба. На единой электронной карте можно комбинировать различные виды ЧС и решать задачи о допустимости размещения новых потенциально опасных объектов в концепции приемлемого риска.

Несмотря на достигнутые успехи, мы понимаем, что существует целый пласт нерешенных задач. Если обозначить вектор развития вопросов прогнозирования и ликвидации ЧС с использованием ГИС-технологий, то наиболее актуальными задачами, на наш взгляд, являются:

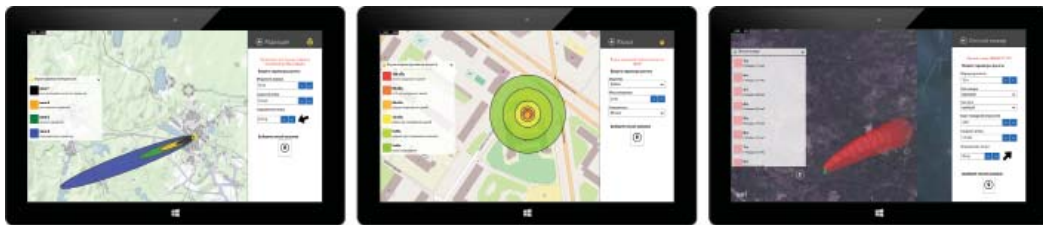


Рис. 4. Моделирование ЧС на мобильном устройстве в режиме офлайн

- **Обеспечение доступа к данным мониторинга с использованием стандартов в области информационных технологий.** К сожалению, до сих пор такая информация, как уровень воды на гидропостах, концентрация загрязняющих веществ и т. п., поступает в виде графических изображений и печатных форм, что существенно тормозит автоматизированные процессы.

- **Решение прямых и обратных задач при отсутствии информации об источнике ЧС.** Необходима доработка методической и технологической базы, чтобы при фиксировании ЧС (например, пятно нефти на космоснимке) можно было установить источник ее возникновения и спрогнозировать дальнейшее распространение ЧС.

- **Более тесная интеграция средств мониторинга и моделирования ЧС.** При условии доверия к математической модели можно заказать высокодетальную съемку только тех участков территории, которые будут охвачены ЧС согласно прогнозу (тот же пример с разливом нефти).

- **Использование мобильных устройств для анализа ЧС онлайн и офлайн.** Здесь мы видим, с одной стороны, трехмерную визуализацию объектов и сценариев ЧС с использованием дополненной реальности при возможности получения данных от ГИС-сервера (онлайн), с другой стороны — экспресс-оценку зон поражения, в том числе в некомфортных условиях, при отсутствии такой возможности (офлайн) (рис. 4).

- **Применение методов натурально-естественного интерфейса с использованием голосовых команд, жестов для относительно простых конфигурируемых приложений.** Такое сочетание позволяет решать конкретную задачу максимально удобным способом, позволяя эксперту, но не специалисту ГИС, задействовать всю мощь геоинформационного анализа (рис. 5).

- **Реализация новых способов математического пространственно-временного моделирования для реализации ситуационного управления в условиях высокой неопределенности и резких динамических изменений.** Перспективными направлениями являются агентное моделирование, нейронные технологии, нечеткая логика, обучение с подкреплением и др. Как наиболее очевидный пример можно привести задачу эвакуации людей с объектов массового скопления.

Все модели, рассчитывающие зоны поражения, условно называют моделями воздействия. Однако понимание границ ЧС является лишь частью общего процесса. И наиболее важной задачей мы считаем создание и развитие блока моделей реагирования, направленных на поддержку принятия наиболее эффективных решений по ликвидации ЧС. Например, тушение лесного пожара возможно различными способами: контролируемый отжиг, наземное или воздушное тушение и т. п. Чтобы оценить каждый из этих способов, необходимо выполнить элементарные

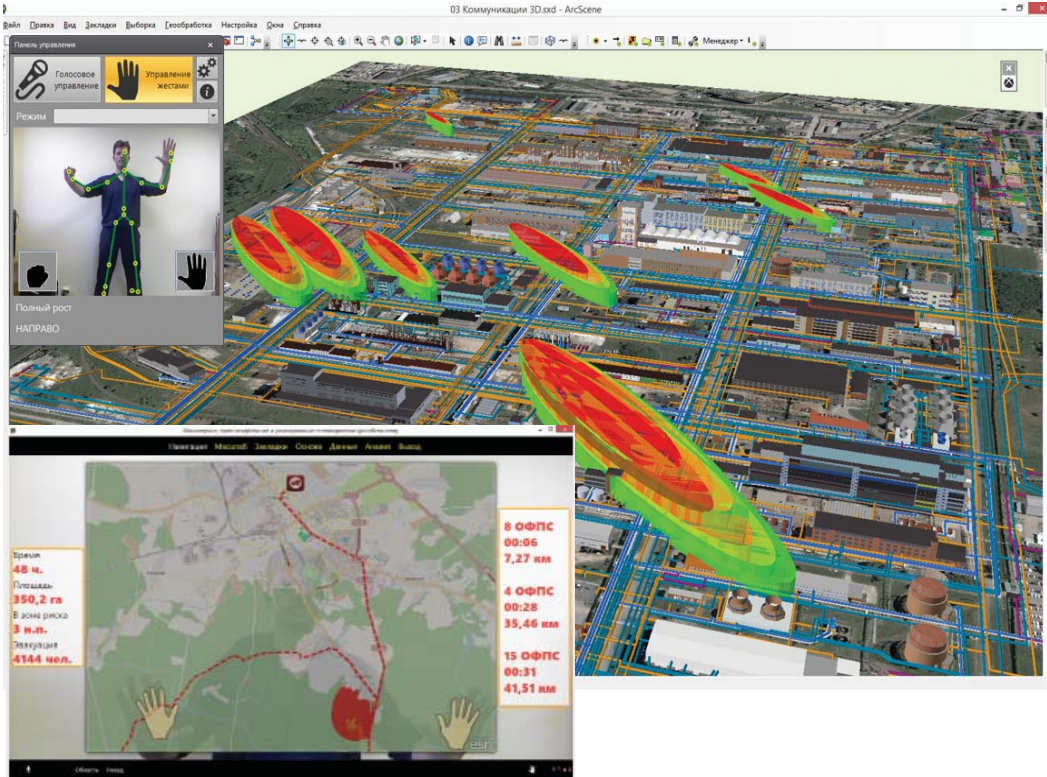


Рис. 5. Управление ГИС с использованием голосовых команд и жестов

операции анализа: расчет времени прибытия спецтранспорта, оценка удаленности от ближайшего водного источника, размещение сил и средств и др.

И как модели воздействия взаимодействуют со средствами мониторинга, чтобы уточнять зону поражения, так и модели реагирования должны достигать соглашения с моделями воздействия в вопросах рисков, денежных и временных затрат, чтобы определить действительно оптимальный вариант ликвидации ЧС.

Совмещая богатые функциональные возможности ГИС, новые способы управления информацией, знания и опыт экспертов, которые могут быть реализованы

в виде элементов искусственного интеллекта, мы стремимся перейти к следующему уровню взаимодействия с ГИС для анализа ЧС. В более отдаленной перспективе ГИС должна быть не просто набором большого количества инструментов, работать с которыми могут только специально обученные пользователи. На наш взгляд, ГИС должна стать своего рода интеллектуальным помощником, который в ответ на поставленную задачу, может быть, даже выраженную неформальным языком, проделает всю рутинную работу и предложит набор альтернативных вариантов, на основе которых пользователь примет окончательное решение.