

В. А. Немтинов

(Тамбовский государственный технический университет)

В настоящее время — заведующий кафедрой компьютерно-интегрированных систем в машиностроении Тамбовского государственного технического университета. Доктор технических наук, профессор.

Ю. В. Немтинова

(Тамбовский государственный технический университет)

В настоящее время — доцент кафедры компьютерно-интегрированных систем в машиностроении Тамбовского государственного технического университета. Кандидат экономических наук.

Ж. Е. Зимнухова

(Тамбовский государственный технический университет)

В настоящее время — доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и военной подготовки Тамбовского государственного технического университета. Кандидат технических наук.

Прогнозирование чрезвычайных ситуаций с использованием информационных технологий

ВВЕДЕНИЕ

Физико-географические, климатические, этнодемографические особенности Российской Федерации в сочетании с количеством и характером размещения техногенных источников опасности ставят задачу защиты населения и территорий от природных и техногенных чрезвычайных ситуаций (ЧС) в разряд приоритетных.

Потребность в разнообразной, своевременной, точной и адекватной информации о состоянии природно-промышленной системы (ППС) для принятия своевременных управленческих решений, связанных с предотвращением возможных последствий различных ЧС, делает необходимым использование информационных систем (ИС), которые отслеживают все возможные состояния ППС, различные влияния на нее, ее модели поведения. При этом чем больше разных систем сбора информации, тем выше достоверность получаемых материалов. С учетом размеров территории Российской

Федерации и административно-государственного устройства в основе системной организации работ в области мониторинга и прогнозирования ЧС должен лежать принцип территориальной распределенности системы.

Создание ИС поддержки принятия управленческих решений на основе прогнозирования ЧС, объединяющей в себе решение задач по всем видам природных и техногенных ЧС и позволяющей в сложившихся условиях оперативно реагировать на возникающие ЧС, является очень сложной задачей. При этом использование различных систем мониторинга делает необходимой разработку концептуального подхода к формированию единого информационного пространства (ЕИП) ППС.

ЕДИНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО

Введем понятие ЕИП ППС в масштабе субъекта РФ. ЕИП — это совокупность

информационных средств и ресурсов, интегрируемых в единую систему, а именно:

- собственно информационные ресурсы (массивы документов, базы и банки данных, все виды архивов и пр., содержащие информацию, зафиксированную на соответствующих носителях);
- сетевое и специальное программное обеспечение;
- сеть телекоммуникаций (территориально распределенные корпоративные компьютерные сети, телекоммуникационные сети и системы специального назначения и общего пользования, сети и каналы передачи данных, средства коммутации и управления информационными потоками).

В основе ЕИП лежит цифровая пространственная модель территории ППС в масштабе субъекта РФ с включением в нее всех объектов, образующих единую технико-экономическую и экологическую структуру рассматриваемого района, упорядоченно взаимодействующих в процессе обмена информацией, потребления материально-энергетических ресурсов.

При автоматизации процессов моделирования территории ППС необходимо решить следующие задачи:

- выбрать адекватную графическую модель;
- создать атрибутивное описание объектов модели;
- выбрать или разработать средства отображения, хранения и редактирования графических и атрибутивных данных;
- связать в единую интегрированную модель графические объекты и их атрибутивные описания, т. е. создать технологическую модель ППС;
- создать средства анализа и обработки данных, представленных в модели [1];
- обеспечить ввод визуальных данных в систему, интерпретацию

и вывод результатов обработки данных по модели.

Для формирования ЕИП необходима автоматизированная ИС, с помощью которой специалист может принимать оптимальные управленческие решения. ИС — это технологическая система, представляющая собой совокупность технических, программных и иных средств, объединенных структурно и функционально для обеспечения одного или нескольких видов информационных процессов и предоставления информационных услуг.

В работе предлагается подход к созданию ИС, основанный на распределенной, одноранговой архитектуре взаимодействия, когда в роли информационных ресурсов (по отношению к рассматриваемой ИС) выступают не только данные, но и различные приложения базовых ИС. Тогда в каждой из них часть методов обработки данных реализуется в виде приложений, доступных из других ИС. Например, при взаимодействии двух ИС первая пользуется сервисами, предоставляемыми второй, и в результате получает уже обработанные данные, которые могут быть подвергнуты дальнейшей обработке компонентами первой системы.

С учетом складывающихся мировых тенденций в области создания прикладных ИС при реализации подхода предлагается опираться на следующие современные информационные технологии:

- ГИС-технологии;
- базовые технологии сети Интернет;
- идеологию информационных хранилищ и архитектуру «клиент-сервер»;
- SQL — ориентированные инструментальные системы (СУБД ORACLE, INFORMIX и т. д.);
- CASE — технологии проектирования ИС и баз данных.

Создаваемая ИС должна реализовываться на двух уровнях:

1. В виде автоматизированных рабочих мест (АРМ) с использованием одного компьютера.

2. В виде локальных вычислительных сетей, связывающих в единое целое от двух до нескольких десятков компьютеров (рабочих станций) и периферийных устройств в пределах ППС с целью разделения доступа к общим ресурсам и взаимного обмена информацией.

В качестве базовых информационных систем, используемых для решения задач в масштабе ППС, следует выделить географическую информационную систему (ГИС) [2].

Большинство современных ГИС имеют средства трехмерного моделирования. С их помощью можно выявить и детально рассмотреть все основные черты и особенности взаимодействия и взаимосвязей между компонентами ППС в пространственном и временном аспектах.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ МОДЕЛЬ ТЕРРИТОРИИ

При создании цифровой пространственной модели территории ППС в зависимости от поставленных задач целесообразно использовать принятую для данной территории систему координат, например «Пулково 1942 г.». Для описания различных объектов, входящих в состав ППС, можно использовать растровые и векторные модели данных [2]. Причем растровую модель следует использовать в качестве первичных данных об объектах. Выбор масштаба модели (1:25 000, 1:10 000 или др.) осуществляется в зависимости от масштабов возможных последствий различных ЧС и точности прогнозов.

В зависимости от сложности формы объекта для его описания может быть

использован тот или иной графический примитив.

Точечные объекты — это группа объектов, каждый из которых расположен только в одной точке пространства. Линейные объекты одномерны в координатном пространстве. Полигональные (площадные) объекты — это объекты, проекции которых на координатную плоскость xoy представляют собой области, аппроксимируемые многоугольниками. Так, различные здания и сооружения задаются в форме параллелепипедов или цилиндров:

$$O_i = xp_i \cdot yp_i \cdot zp_i, \quad O_j = \pi \cdot xd_i^2 \cdot zp_i, \quad i, j \in [1, \dots, N],$$

где xp_i, yp_i, zp_i, xd_i — соответственно размеры объекта по каждой оси (xd_i — для объектов, проекция которых на плоскость задана в виде окружности); N — количество объектов.

Для представления поверхностей чаще всего используется модель, называемая нерегулярной триангуляционной сетью (Triangulated Irregular Network — TIN) [2].

Помимо данных о геометрической форме объектов, каждый из них может быть снабжен разнообразной атрибутивной информацией, хранящейся либо в виде отдельных таблиц внутри одной базы данных, либо в виде самостоятельных наборов данных, связанных набором указателей и объединенных в банке геоданных. Таким образом, каждая точка ЕИП может быть представлена следующим образом:

$$t_i = \{x_i, y_i, z_i, v_j, u_{jk}, \bar{a}_i\}, \quad i \in \Delta,$$

где x_i, y_i, z_i — координаты t_i ; Δ — множество точек ЕИП; v_j — тип объекта определенного назначения, которому принадлежит t_j , $v_j \in V$; V — множество типов объектов, вхо-

дящих в пространственную модель ППС; u_{jk} — k -й объект v_j -го типа, $u_{jk} \in U_j$; U_j — множество объектов типа v_j ; a_i — множество атрибутивных данных об u_{jk} -м объекте, имеющем отношение к t_i -й точке ЕИП.

При разработке системы поддержки принятия управленческих решений на основе прогнозирования ЧС Тамбовской области в качестве базового программного обеспечения используется ArcGIS компании Esri. Данная система наиболее полно отвечает перечисленным выше требованиям.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГНОЗОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

При разработке методологии прогноза ЧС необходимо создать систему принципов построения прогнозов ЧС, логически организованную в единую технологическую структуру.

Набор методологических принципов прогнозирования ЧС должен обладать достаточной универсальностью для системного решения задач прогнозирования на всех его этапах, начиная от заблаговременного прогноза и завершая прогнозом последствий ЧС. Таким образом, методология прогнозирования ЧС всех видов заблаговременности должна основываться на следующих трех основных принципах:

- В обязательном порядке необходимо учитывать уровень фактической и прогнозируемой солнечной активности и ее влияние на инициирование природных источников ЧС; работоспособность операторов всех уровней и надежность функционирования сложных электронных систем, систем энергетики и связи.

- Необходимо учитывать уровень синергетичности процессов и явлений, формирующих вторичные источники ЧС.

- Прогноз необходимо представлять в вероятностном виде.

СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

На практике можно выделить ЧС природного, техногенного и природно-техногенного характера. По всем трем классам ЧС в первую очередь необходимо решать задачи заблаговременного прогнозирования. При возникновении ЧС необходимо делать прогнозы их развития и последствий.

Поэтому всю структуру ИС целесообразно разделить на три подсистемы, каждая из которых выполняет свои функции:

1. Подсистема прогнозирования ЧС должна отвечать следующим функциональным требованиям:

- обеспечивать анализ мониторинговой и прогнозной информации об источниках ЧС;
- разрабатывать прогнозы возникновения и развития ЧС;

- обеспечивать создание и поддержание базы данных о прогнозах возникновения и развития ЧС и данных об их оправданности;

- обеспечивать обработку мониторинговых и прогностических данных для выявления новых, более эффективных прогностических зависимостей между состоянием источников ЧС, причинами их возникновения, условиями развития и параметрами.

2. Подсистема прогнозирования последствий техногенных ЧС должна отвечать следующим функциональным требованиям:

- обеспечивать прогностический анализ данных оценки последствий техногенных ЧС и их прогнозов;

- разрабатывать прогнозы последствий техногенных ЧС;

- обеспечивать создание и поддержание базы данных прогнозов последствий техногенных ЧС и степени их оправданности;

- обеспечивать обработку мониторинговых и прогностических данных для

выявления новых, более эффективных прогностических зависимостей между параметрами, условиями возникновения, развития и протекания техногенных ЧС и их последствиями.

3. Подсистема поддержки принятия решений должна отвечать следующим функциональным требованиям:

- представлять прогнозы возникновения и развития ЧС в виде прогностических бюллетеней для рассмотрения и утверждения руководством;
- обеспечивать составление нормативной документации по объектам;
- обеспечивать составление документации для предоставления в службы оперативного реагирования.

В основу расчета последствий ЧС положены следующие методики:

- оценки последствий аварий на пожаро- и взрывоопасных объектах [3];

- прогнозирования и оценки медицинских последствий аварий на взрыво-, пожароопасных объектах [4];

- прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте [4];

- прогнозирования возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий [4];

- оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета ЧС [4].

В итоге типовую функциональную схему системы поддержки принятия управленческих решений на основе мониторинга и прогнозирования ЧС, в состав которой входит базовое и разработанное нами прикладное программное обеспечение, можно представить так (рис. 1):

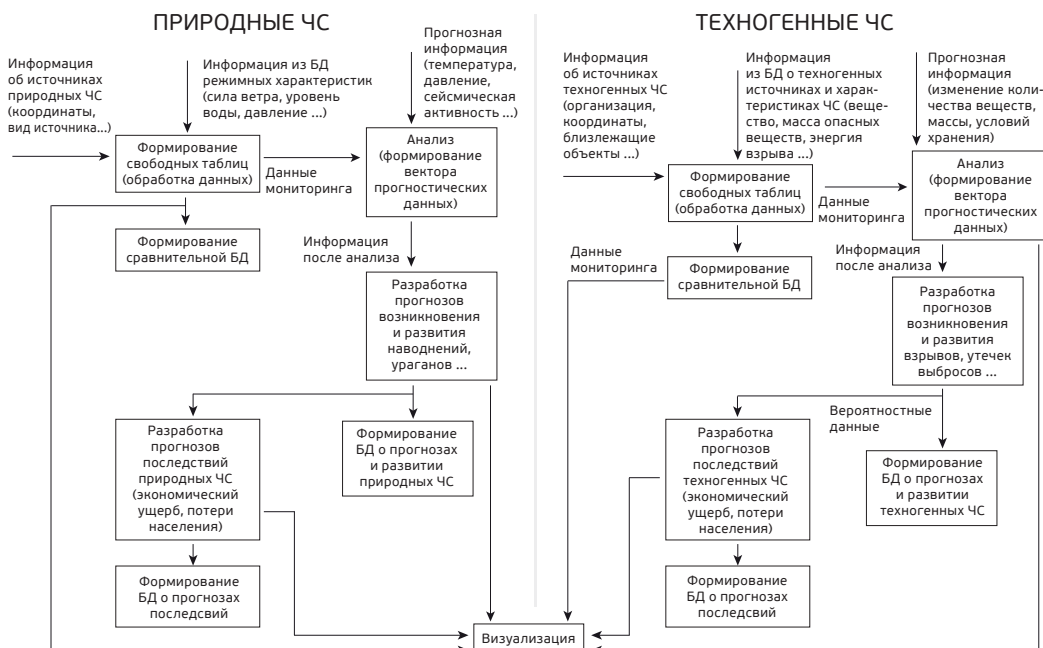


Рис. 1. Функциональная схема информационной системы поддержки принятия управленческих решений

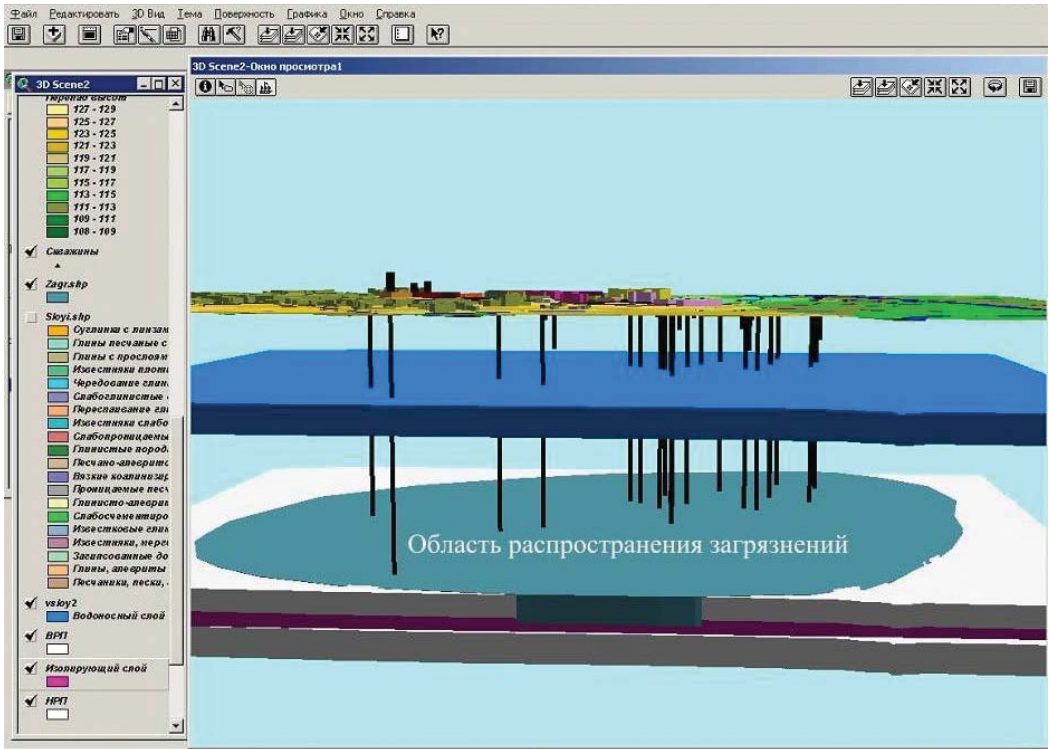


Рис. 2. Фрагмент пространственной модели г. Тамбова

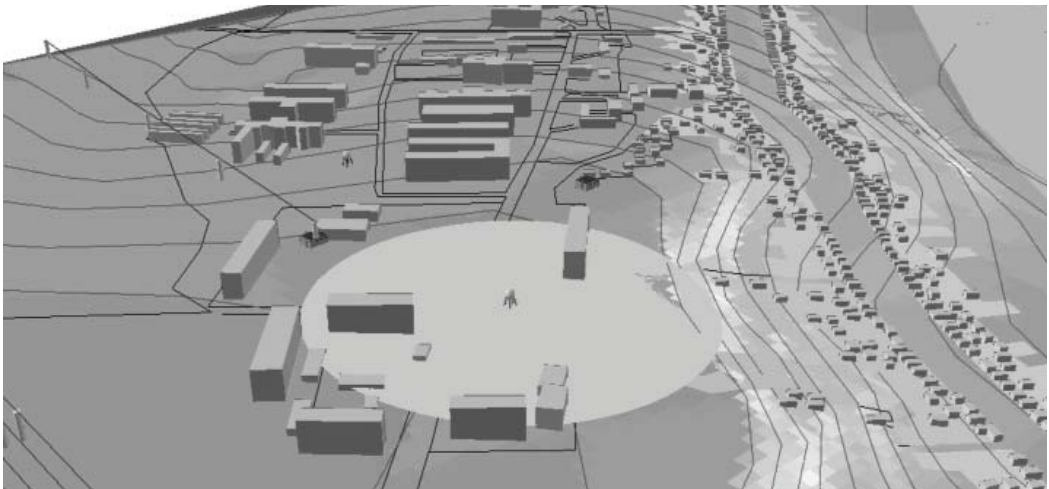


Рис. 3. Изображение зоны взрывной волны и объектов, попавших во фронт ударной волны




-  Здания, подвергнутые сильному разрушению
-  Здания, подвергнутые среднему разрушению
-  Здания, подвергнутые слабому разрушению



Рис. 4. Результаты прогнозирования разрушений жилых зданий в результате ветровой нагрузки

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ

На основе предложенного подхода к построению системы поддержки принятия управленческих решений в настоящее время создана пространственная модель отдельных районов города Тамбова (рис. 2), а также решены следующие задачи:

- прогнозирование последствий ЧС на пожаро- и взрывоопасных объектах (рис. 3);
- прогнозирование последствий утечек химически опасных веществ;
- прогнозирование последствий ураганов (рис. 4).

Результаты решения этих задач в значительной степени будут способствовать нормальному функционированию ППС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nemtinov V. A., Nemtinova Yu. V. *On an approach to designing a decision making system*

for state environmental examination // Journal of Computer and Systems Sciences International. 2005. V. 44. № 3. P. 389. [Немтинов В. А., Немтинова Ю. В. О подходе к созданию системы принятия решений при проведении государственной экологической экспертизы // Изв. Российской академии наук. Теория и системы управления. –2005. Т. 44. –№ 3. –С. 65.]

2. Майкл де Мерс. *Географические информационные системы.* –М.: Дата+, 2000.

3. *Методика оценки последствий аварий на пожаро-, взрывоопасных объектах.* –М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС, 1996.

4. *Методики оценки рисков чрезвычайных ситуаций и нормативы приемлемого риска чрезвычайных ситуаций. Руководство по оценке рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера, в том числе при эксплуатации критически важных объектов Российской Федерации (утв. Первым заместителем МЧС России 9.01.2008 г. –№ 1-4-60-9).* –М.: МЧС России, 2008.