

УДК 519.866:330.101.8:314:911.375.227

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ЗОН ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Коротун В.Л., Щепилов В.Н.

ООО «ЕСОММ-08», г. Запорожье, Украина

E-mail: esomm08@i.ua

В статье рассмотрены методы математического моделирования территорий зон чрезвычайных ситуаций, которые могут быть использованы для разработки автоматизированных информационных систем с применением ГИС-технологий.

Ключевые слова: математическое моделирование, чрезвычайная ситуация, зона ЧС, гражданская оборона, источники техногенных и природных чрезвычайных ситуаций, база геоданных, ГИС.

ВВЕДЕНИЕ

Использование современных информационных технологий в управлении и контроле за природными и техногенными процессами различными структурами регионов страны позволяет перейти от теоретических и методических разработок к их широкому практическому применению. Это коснулось и подразделений гражданской обороны (ГО) и чрезвычайных ситуаций (ЧС). Информация, на основе которой выполняется мониторинг территориальных процессов, «привязывается» к конкретным координатам земной поверхности, т. е. к картографической основе.

В настоящее время в Украине согласно постановлению Кабинета Министров Украины № 250 от 07 апреля 1995 г. разрабатывается Правительственная Информационно-Аналитическая система по чрезвычайным ситуациям (ПИАС ЧС) на базе современных информационных и геоинформационных технологий как единое информационное пространство в виде базы геоданных, которое должно обеспечивать обмен данными между внутренними подсистемами ПИАС ЧС с другими министерствами, ведомствами и организациями [2].

База геоданных – это оптимальным образом структурированное хранилище информации об объектах и явлениях, использование которой в разнообразном виде обеспечивается в ПИАС ЧС различными программными продуктами геоинформационной системы ArcGIS на базе новейших ГИС-технологий [2]. Учитывая, что база геоданных (**GDB**) формулируется как совокупность географической информации о местоположении объектов (**G**) и их атрибутивном описании (**DB**), можно определить, что

$$GDB = \{G_i, DB_j\}, (i = \overline{1, I}), (j = \overline{1, J}),$$

где **I** – множество картографических материалов заданной территории в требуемых масштабах на которых размещены отдельные объекты и явления, а **J** – множество атрибутов, описывающих отдельные характеристики этих объектов или явлений. Очевидно, что картографическая составляющая базы геоданных (**G**)

включает в себя базовую топографическую карту (**B**) и (или) изображения, полученные со спутников (**S**), а также тематические карты прогнозного характера (**P**) и оперативные карты (**O**), отражающие последовательность развития чрезвычайной ситуации, и ее локализации и ликвидации, т.е.:

$$G = \{B, S, P, O\}, (\text{причем } \{S\} \text{ может} = \emptyset),$$

Эффективную обработку и удобное представление подобной информации можно обеспечить только при использовании географических информационных систем, которые обладают возможностями анализа и обработки данных.

Кроме того, применение ГИС-технологий позволяет использовать системный подход относительно любого события, следовательно, возможно установить и спрогнозировать причинно следственные связи между различными явлениями и процессами как природного, так и техногенного характера.

Предлагаемый набор определений основных элементов и их векторных характеристик позволяет решать различные задачи анализа и синтеза системы управления предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на территории некоторого региона. Отдельные элементы системы описания зоны чрезвычайной ситуации какой-либо территории включают в себя, как правило:

- районы расположения формирований спец.подразделений;
- источники техногенных чрезвычайных ситуаций;
- источники природных чрезвычайных ситуаций;
- места расположения прочих объектов;
- маршруты выдвижения формирований спец.подразделений;
- маршруты эвакуации из зон чрезвычайных ситуаций;
- и др.

Каждый из элементов описываемой нами системы характеризуется своим уровнем в общей иерархии системы зоны чрезвычайной ситуации.

Рассмотрим формальное описание многоуровневой системы зоны ЧС.

Определим множество элементов описываемой территории зоны ЧС как

$$S = \{S_m\}, (m = \overline{1, M}),$$

где S_m – m -ный элемент территории.

Каждый элемент рассматриваемой зоны ЧС характеризуется совокупностью подмножеств баз данных, содержащих информацию об использовании конкретного элемента в на данной территории.

Основной перечень указанных информационных подмножеств можно представить следующим набором данных:

- информация о районах расположения формирований спец.подразделений;
- информация об источниках техногенных чрезвычайных ситуаций;
- информация об источниках природных чрезвычайных ситуаций;
- информация о местах расположения прочих объектов;
- информация о маршрутах выдвижения формирований спец.подразделений;
- информация о маршрутах эвакуации из зон чрезвычайных ситуаций.

При этом

$$\dot{H}_m \dot{O} (S_m \dot{E} \left\{ \begin{array}{l} PRF^m, IST^m, ISP^m, \\ PRO^m, MRV^m, MRE^m \end{array} \right\}, m = \overline{1, M})$$

Рассмотрим каждый элемент зоны чрезвычайной ситуации более подробно.

1. РАЙОНЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЙ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Множество районов дислокации частей и подразделений войск ГО, специализированных отрядов внутренних войск МВД, отрядов и групп специалистов спасательных формирований сил и средств МЧС, предназначенных для проведения аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных и других неотложных работ в зонах ЧС и очагах поражения, зафиксированных на m -ной территории региона, определяется как

$$RRF^m = \{RRF_h^m\}, (h = \overline{1, H}), (m = \overline{1, M}),$$

где H – все типы частей и подразделений войск ГО, специализированных отрядов внутренних войск МВД, отрядов и групп специалистов спасательных формирований сил и средств МЧС.

Соответственно,

$$\dot{H}_h, m \dot{O} (RRF_h^m \dot{E} \overline{RRF_h^m}),$$

где $\overline{RRF_h^m} = (RRF_{h_1}^m, RRF_{h_2}^m, \dots, RRF_{h_n}^m)$ – вектор характеристик h -го типа формирований сил и средств МЧС, дислоцируемых на m -ной территории региона.

Составляющими вектора $\overline{RRF_h^m}$ являются такие характеристики, как вид формирования, дата и время размещения, количественный и качественный состав специалистов, а также другие параметры, принятые для данного вида формирований сил и средств МЧС.

2. УЧЕТ ИСТОЧНИКОВ ТЕХНОГЕННЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Техногенной чрезвычайной ситуацией считается состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде. Различают техногенные чрезвычайные ситуации по месту их возникновения и по характеру основных поражающих факторов источника чрезвычайной ситуации. К источникам техногенной чрезвычайной ситуации относится опасное техногенное происшествие, в результате которого на объекте, определенной территории или акватории произошла техногенная чрезвычайная ситуация. (К опасным

техногенным происшествиям относят аварии на промышленных объектах или на транспорте, пожары, взрывы или высвобождение различных видов энергии).

Мониторинг источников техногенных чрезвычайных ситуаций, т.е. учет техногенных источников опасности на m -ной территории региона может быть представлен в виде:

$$IST^m = \{IST_h^m\}, (h = \overline{1, H}), (m = \overline{1, M}),$$

где H – все имеющиеся типы потенциальных источников опасностей техногенного характера на территории региона. Каждый элемент множества IST^m определяется вектором характеристики конкретного типа источника техногенных чрезвычайных ситуаций (например, взрывоопасные объекты, хранилища химических опасных веществ, промышленный объект, ядерный могильник и т.п.).

$$\overline{IST_h^m} = (IST_{h_1}^m, IST_{h_2}^m, \dots, IST_{h_n}^m),$$

где $\overline{IST_h^m} = (IST_{h_1}^m, IST_{h_2}^m, \dots, IST_{h_n}^m)$ – вектор характеристик потенциально опасного объекта, расположенного на m -ной территории региона.

Составляющими вектора $\overline{IST_h^m}$ являются такие характеристики, как регистрационный номер объекта, реквизиты владельцев объекта, площадь участка, на котором расположен объект, наличие правоустанавливающих документов, установленное и фактическое использование участка, наличие охранных договоров и другие параметры, принятые для данного типа мониторинга объектов.

3. УЧЕТ ИСТОЧНИКОВ ПРИРОДНЫХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Природная чрезвычайная ситуация определяется как обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Различают природные чрезвычайные ситуации по характеру источника и масштабам. Источниками опасного природного явления является событие природного происхождения или результат деятельности природных процессов, которые по своей интенсивности, масштабу распространения и продолжительности могут вызвать поражающее воздействие на людей, объекты экономики и окружающую природную среду.

Мониторинг источников природных чрезвычайных ситуаций, т.е. учет природных источников опасности на m -ной территории региона может быть представлен в виде:

$$ISP^m = \{ISP_h^m\}, (h = \overline{1, H}), (m = \overline{1, M}),$$

где H – все имеющиеся типы потенциальных источников опасностей природного характера на территории региона. Каждый элемент множества ISP^m определяется вектором характеристики конкретного типа источника природных

чрезвычайных ситуаций (например, ураган, зона возможного наводнения, природный очаг эпидемии, зона возможного пожара (лесной, степной, торфяной), лавина, сель, смерч и т.п.).

$$\dot{H}h, m \dot{O} (ISP_h^m \dot{E} \overline{ISP_h^m}),$$

где $\overline{ISP_h^m} = (ISP_{h_1}^m, ISP_{h_2}^m, \dots, ISP_{h_n}^m)$ – вектор характеристик потенциально опасного природного объекта или явления, расположенного на m -ной территории региона.

Составляющими вектора $\overline{ISP_h^m}$ являются такие характеристики, как регистрационный номер объекта или явления, характеристика рельефа, площадь участка, на котором расположен объект или явление, дата возникновения природного опасного явления, параметры распространения последствий явления и другие параметры, принятые для данного типа мониторинга объектов или явлений.

4. УЧЕТ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРОЧИХ ОБЪЕКТОВ

Множество объектов, имеющих специфическое назначение для проведения аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных и других неотложных работ в зонах ЧС и очагах поражения, зафиксированных на m -ной территории региона, определяется как

$$PRO^m = \{PRO_h^m\}, (h = \overline{1, H}), (m = \overline{1, M}),$$

где H – все типы специализированных объектов на территории региона. Элементами множества таких объектов являются: склады и базы медицинского имущества, продовольственных и промышленных товаров, пункты водоснабжения, больницы городские и районные, санитарные посты, посты химической и радиационной разведки, сборные эвакуационные пункты, аэродромы, аэропорты, вертодромы, порты морские и речные, приемо-передающие радиоцентры и телецентры (стационарные и подвижные), гидрометеорологические станции, убежища и противорадиационные укрытия и т.п.

Соответственно,

$$\dot{H}h, m \dot{O} (PRO_h^m \dot{E} \overline{PRO_h^m}),$$

где $\overline{PRO_h^m} = (PRO_{h_1}^m, PRO_{h_2}^m, \dots, PRO_{h_n}^m)$ – вектор характеристик h -го типа объекта, расположенного на m -ной территории региона.

Составляющими вектора $\overline{PRO_h^m}$ являются такие характеристики объекта, как регистрационный номер объекта, вид объекта, дата и время размещения, количественный и качественный состав специалистов, технические характеристики объекта, а также другие специфические параметры, принятые для данного вида объекта, имеющего прямое или вспомогательное назначение для проведения аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных и других неотложных работ в зонах ЧС и очагах поражения.

5. МАРШРУТЫ ВЫДВИЖЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЙ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Множество маршрутов выдвижения частей и подразделений войск ГО, специализированных отрядов внутренних войск МВД, отрядов и групп специалистов спасательных формирований сил и средств МЧС, предназначенных для проведения аварийно-спасательных, аварийно-восстановительных и других неотложных работ в зонах ЧС и очагах поражения, разработанных для m -ной территории региона, определяется как

$$MRV^m = \{MRV_h^m\}, (h = \overline{1, H}), (m = \overline{1, M}),$$

где H – все типы маршрутов выдвижения специализированных подразделений, отрядов и групп специалистов спасательных формирований сил и средств МЧС.

Для всех типов маршрутов и территорий регионов определим

$$\dot{H}h, m \dot{O} (MRV_h^m \dot{E} \overline{MRV_h^m}),$$

где $\overline{MRV_h^m} = (MRV_{h_1}^m, MRV_{h_2}^m, \dots, MRV_{h_n}^m)$ – вектор характеристик h -го типа формирований сил и средств МЧС, дислоцируемых на m -ной территории региона.

Составляющими вектора $\overline{MRV_h^m}$ являются такие характеристики, как вид формирования, дата и время начала выдвижения, ориентировочное время прибытия в конечную точку маршрута и на промежуточные пункты, вид транспорта и количество транспортных единиц, место и время развертывания, а также другие параметры, принятые для данного вида информации.

6. МАРШРУТЫ ЭВАКУАЦИИ ИЗ ЗОН ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Для эвакуации населения, имущества и оборудования из зон чрезвычайных ситуаций и очагов поражения m -ной территории региона разрабатывается множество маршрутов, которое можно описать как

$$MRE^m = \{MRE_h^m\}, (h = \overline{1, H}), (m = \overline{1, M}),$$

где H – все типы маршрутов эвакуации на m -ной территории региона.

Каждый элемент множества MRE^m определяется вектором характеристики конкретного типа маршрутов эвакуации из зоны чрезвычайной ситуации (например, тотальная или избирательная эвакуация, эвакуация на различных видах транспорта и т.п.). При чем,

$$\dot{H}h, m \dot{O} (MRE_h^m \dot{E} \overline{MRE_h^m}),$$

где $\overline{MRE_h^m} = (MRE_{h_1}^m, MRE_{h_2}^m, \dots, MRE_{h_n}^m)$ – вектор характеристик маршрутов эвакуации населения, имущества и оборудования из зон чрезвычайных ситуаций и очагов поражения на m -ной территории региона.

Составляющими вектора $\overline{MRE_h^m}$ являются такие характеристики, как номер маршрута, тип эвакуации, вид транспорта и количество транспортных единиц, дата и время начала выдвижения, ориентировочное время прибытия в конечную точку

маршрута и на промежуточные пункты, и другие параметры, принятые для данного вида информации.

Разработка математических моделей не всегда возможна в силу сложности и неопределенности поведения объектов системы. Поэтому в состав подсистем необходимо включать блоки моделирования, позволяющие имитировать ситуации с целью определения рациональных решений.

Все это предполагает появление совершенно новых точек зрения на проблемы управления ситуацией в зонах чрезвычайных ситуаций и пути их решения, на комплексное информационное обеспечение процессов управления систем подобного типа с применением современных ГИС-технологий.

Список литературы

1. Зубков Г.Н. Применение моделей и методов структурного анализа систем в градостроительстве. / Г.Н. Зубков – М.: Стройиздат, 1984. – 152 с.
2. Салтовец А.А. Современное состояние ГИС-составляющей Правительственной Информационно-Аналитической системы по чрезвычайным ситуациям / А.А. Салтовец, В.М. Николаев, О.С. Соколова // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: География. – 2009. – Т.22(61). – №2 – С. 90-98.
3. Салтовец А.А. Пример подхода к формированию структуры Национальных Пространственных Данных Украины / А.А.Салтовец, В.М.Николаев, О.С.Ломоносова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Серия: География. – 2006. – Т. 19(58). – №2 – С. 119-131.
4. Ищук А.А. ПИАС ЧС – как базовая модель единого информационно-аналитического пространства ведомственных ИАС Украины / А.А. Ищук // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2009. – Т. 22 (61). – №1 – С. 33-38.
5. Щепилов В.Н. Математическое моделирование задач урбанизации в геоинформационных системах / В.Н. Щепилов // Вісник Запорізького державного університету: Фізико-математичні науки. Біологічні науки. – 2001. – №2 – С. 113-120.

Коротун В.Л. Математичне моделювання територій зон надзвичайних ситуацій / В.Л. Коротун, В. М. Щепілов // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2010. – Т.23 (62). – № 2 – С.167-173.

У статті розглядаються методи математичного моделювання територій зон надзвичайних ситуацій, які можуть використовуватися для розробки автоматизованих інформаційних систем із застосуванням ГІС-технологій.

Ключові слова: математичне моделювання, надзвичайна ситуація, зона НС, цивільна оборона, джерела техногенних і природних надзвичайних ситуацій, база геоданих, ГІС

Korotun V. L. Mathematical Modelling of Emergency Zone Areas / Vitaly L. Korotun, Valeriy N. Schepilov // Scientific Notes of Taurida National V. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2010. – Vol. 23 (62). – № 2 – P. 167-173.

The article describes the mathematical modelling methods for emergency areas that can be applied for development of automated information systems providing using of GIS technologies.

Key words: mathematical modelling, emergency, emergency zone (area), civil defense, sources of technogenic and natural emergencies, geodata base, GIS.

Поступила в редакцію 21.04.2010 г.