

УДК 614.8

Моделирование подразделений МЧС на основе групповых объектов

Ю.В. Седельников

Аннотация

В настоящее время для управления процессом ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций широко используются системы поддержки принятия решений на основе имитационного моделирования. Такие системы представляют собой специализированные приложения, которые позволяют работать с цифровыми картами местности путем нанесения обстановки, проведения расчетов, манипулирования объектами.

Ключевые слова: система моделирования, диаграмма модели.

Emercom Detachments Modeling on the Basis of Group Objects

Y. Sedelnikov

Abstract

At the present moment decision taking support systems on the basis of imitation modeling is widely used for emergency situations consequences liquidation management. Such systems introduce special supplements, which allow working with digital maps making calculations and objects manipulation.

Key words: modeling system, model diagram

Одной из задач при построении моделей подобных систем является создание моделей подразделений МЧС. Особенности функционирования таких подразделений дают возможность представить их в виде групповых объектов.

В общем случае с помощью группового объекта можно представить имитационную модель некоторой системы, состоящую из элементов и связей между ними, функционирующих в определенные дискреты времени. Например, на его основе можно представить пожарный расчет, войска ГО, поисково-спасательную службу и т. д.

При построении СППР ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций необходимо разработать следующие модели подразделений МЧС (рис. 1).

Моделируемые подразделения МЧС имеют следующую структуру.

Поисково-спасательная служба — это подразделение, которые должны выполнять функции по проведе-

нию поисково-спасательных операций в зоне ЧС. В СППР ее можно представить в виде информационной модели (рис. 2).

Войска ГО должны обеспечивать функции эвакуации и поддержания жизнеобеспечения населения, восстановления поврежденных объектов и коммуникаций. Их информационная модель в СППР представлена на рис. 3.

Пожарная охрана должна выполнять функции тушения пожаров и проведения первоочередных аварийно-спасательных операций. На рис. 4 представлена ее информационная модель в СППР.

Психологическая служба должна обеспечивать функции оказания экстренной психологической помощи пострадавшим. Ее модель представлена на рис. 5.

«**Центроспас**» должен выполнять функции оперативного реагирования при возникновении ЧС, модель которых приведена на рис. 6.

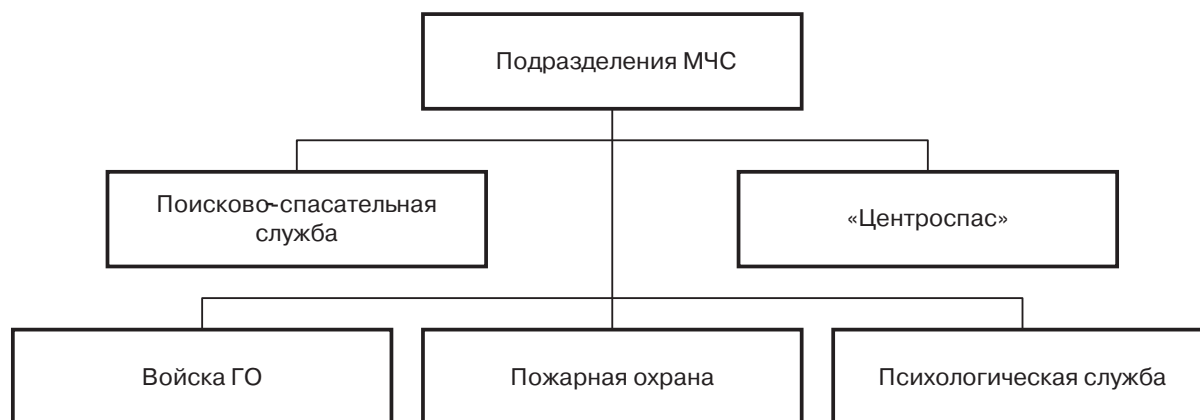


Рис. 1. Моделируемые подразделения МЧС

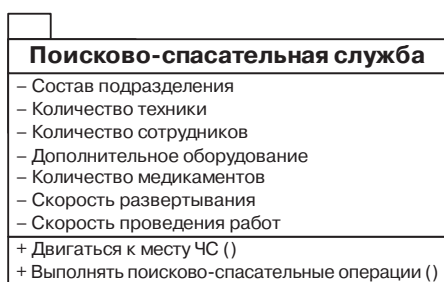


Рис. 2. Диаграмма модели поисково-спасательной службы

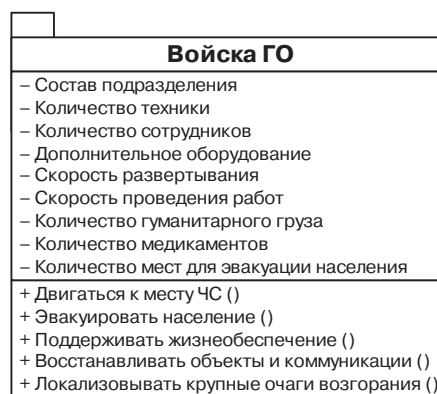


Рис. 3. Диаграмма модели войск ГО

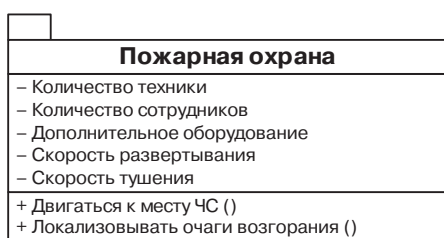


Рис. 4. Диаграмма модели пожарной охраны

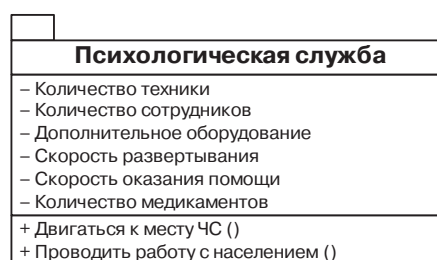


Рис. 5. Диаграмма модели психологической службы

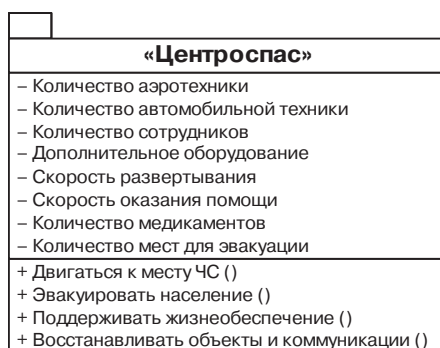


Рис. 6. Диаграмма модели «Центроспас»

Необходимость описания данных моделей в виде групповых объектов обусловлена тем, что в реальных системах, для которых строятся указанные имитационные модели, взаимодействие осуществляется не отдельными единицами, а объединенными группами. Соответственно рассмотрение и моделирование подобных систем должно осуществляться в контексте взаимодействия групповых объектов. В противном случае могут быть не учтены какие-либо важные и значимые свойства.

Моделируемые единицы представляют собой элементы подразделений, участвующих в операциях. Это может быть колесная или гусеничная техника, летательные аппараты, стационарные единицы, расчеты и т. д. Каждый подобный элемент имеет ряд характеристик, в частности тип элемента, назначение элемента, функциональные возможности, технические характеристики, степень работоспособности и т. д. Элемент группового объекта представляет собой модель физического объекта. В общем случае он может быть охарактеризован следующей совокупностью:

$E_i = \langle X_i, Y_i, Z_i, H_i, G_i \rangle$, где $X_i = \{x_j | j = \overline{1, NX}\}$ — множество входных сигналов элемента; $Y_i = \{y_j | j = \overline{1, NY}\}$ — множество выходных сигналов элемента; $Z_i = \{z_j | j = \overline{1, NZ}\}$ — множество состояний элемента; $H_i = \{h_j | j = \overline{1, NH}\}$ — множество параметров элемента (в соответствии с диаграммами); $G_i = \{g_j | j = \overline{1, NG}\}$ — множество функций элемента.

Очевидно, что построение моделей подразделений, состоящих из подобных элементов, связано с моделированием однотипных единиц, обладающих общими свойствами. Это дает возможность при построении моделей объединять элементы в групповые объекты, повышая эффективность создания и управления отдельными единицами.

Групповой объект может быть охарактеризован как множество GO независимо функционирующих однородных элементов E_i , связанных коммуникационной функцией F :

$$GO = \{E_i | i = \overline{1, N}\};$$

$$F \subset \left(\bigcup_{i=1}^N Y_i \right) \times \left(\bigcup_{i=1}^N X_i \right),$$

причем $\forall y \in \left(\bigcup_{i=1}^N Y_i \right), x \in \left(\bigcup_{i=1}^N X_i \right): yFx$.

Функция F связывает элементы E_i между собой, обеспечивая передачу информации с выходов одних элементов на входы других.

Групповой объект любой структуры и сложности может быть единообразно описан в виде агрегативной системы или A -схемы, агрегатами A_i (рис. 7) которой являются элементы E_i .

Функционирование агрегата в момент времени $t \in T$ ($T = \{t_j | j = \overline{1, NT}\}$) описывается состоянием, входными сигналами, выходными откликами и внутренними параметрами: $z(t) \in Z$, $x(t) \in X$, $y(t) \in Y$, $h(t) \in H$.

Переход агрегата из состояния $z_j(t_i)$ в состояние $z_k(t_{i+1})$ ($j \neq k$) зависит от $h(t)$ и $x(t)$, переход происходит за малый интервал времени.

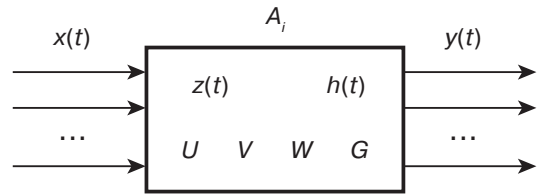


Рис. 7. Агрегат A_i

При поступлении сигнала x_m в момент времени t_m состояние агрегата определяется с помощью оператора V :

$z(t_m + 0) = V[t_m, x_m, z(t_m)]$, где $t = t_m + 0$ — момент времени t принадлежит бесконечно малому полукоткрытому интервалу $t \in (t_m, t_n]$.

Рассмотрим интервал времени (t_m, t_{m+1}) . Если он не содержит моментов поступления сигналов, то для момента времени $t \in (t_m, t_{m+1})$ состояние агрегата определяется оператором U :

$$z(t) = U[t, t_m, z(t_m + 0)].$$

Особые состояния агрегата, возникающие в момент времени t_s при поступлении входных сигналов, обозначим через $z(t_s)$ [1]. Смену состояний в моменты времени t_s обозначим через оператор W :

$$z(t_s + 0) = W[t_s, z(t_s)].$$

Выдача выходных откликов определяется с помощью оператора выхода J :

$$y(t_s) = J[t_s, z(t_s + 0)].$$

Таким образом, каждый агрегат A_i задается совокупностью вида

$$A_i = \langle X, H, Z, Y, U, V, W, J \rangle.$$

За счет универсального описания применение A -схемы позволяет охарактеризовывать любые групповые объекты в отрыве от контекста их функционирования и использования. Формальное описание отдельных агрегатов может быть уточнено путем введения типовых математических схем, позволяющих конкретизировать функционирование элементов агрегативной системы. Наиболее эффективно функционирование агрегатов группового объекта описывается в виде конечного автомата или сети Петри.

Конечный автомат или F -схема типового агрегата задается конечными множествами $XF = \{x_0, x_1, x_2, x_3\}$ — множество входных воздействий (x_0 — работать в нормальном режиме; x_1 — останов; x_2 — работать в критическом режиме; x_3 — выход из строя), $YF \subseteq Y$ — множество выходных откликов, $AF = \{a_0, a_1, a_2, a_3\}$ — множество внутренних состояний (a_0 — функционирование в нормальном режиме; a_1 — останов; a_2 — функционирование в критическом режиме; a_3 — агрегат A_i выведен из строя).

Функционирование конечного автомата определяется следующими отображениями [2]:

$\varphi : XF \times AF \rightarrow AF$ — переходы автомата;

$\psi : XF \times AF \rightarrow YF$ — выходы автомата.

Таким образом, агрегат A_i представляется в виде совокупности:

$$FA = \langle XF, AF, YF, \varphi, \psi \rangle.$$

Поскольку в общем случае выдача выходных сигналов агрегатом может осуществляться не только при поступлении сигналов на вход, но и при изменении внутренних параметров. Рассмотрим F -автомат Мура агрегата A_i , для которого функция выходов определяется как $y(t) = \psi(z(t))$ (табл. 1).

Таблица 1

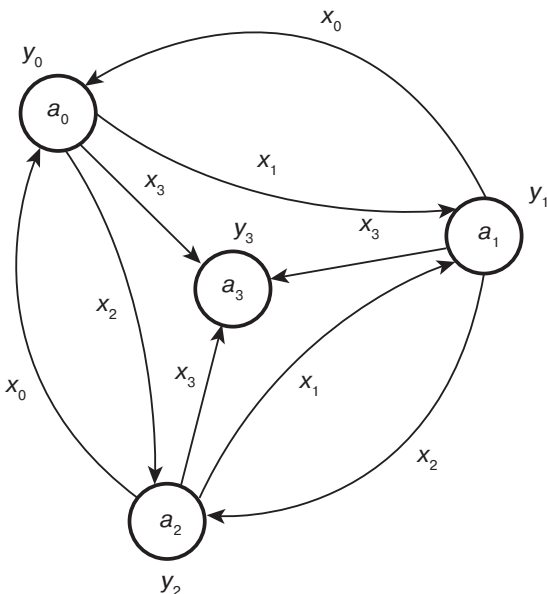
Переходы F -автомата Мура типового агрегата A_i

	y_0	y_1	y_2	y_3
	a_0	a_1	a_2	a_3
x_0	a_1	—	a_1	—
x_1	—	a_0	a_0	—
x_2	a_2	a_2	—	—
x_3	a_3	a_3	a_3	—

Матрица соединений C и вектор выходов \vec{y} выглядят следующим образом:

$$C = \begin{pmatrix} 0 & x_0 & x_2 & x_3 \\ x_1 & 0 & x_2 & x_3 \\ x_1 & x_0 & 0 & x_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}; \vec{y} = \begin{pmatrix} y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix}$$

На рис. 8 представлен граф переходов и выходов конечного автомата типового агрегата A_i .

Рис. 8. Граф конечного автомата Мура типового агрегата A_i

Принимая во внимание наличие в системе процессов стохастического характера (например, выход из строя агрегата A_i), сигнал x_3 можно представить в виде случайной величины, определяемой вероятностью поломки агрегата A_i .

Формализовать агрегат A_i допустимо также с помощью сети Петри или N -схемы.

Сеть Петри агрегата A_i задается в виде совокупности $NA = \langle PN, DN, FN, MN \rangle$, где $PN = \{p_i | i = 0 \dots N_{PN} - 1\}$ — множество мест (позиций) сети;

$DN = \{d_i | i = 0 \dots N_{DN} - 1\}$ — множество переходов сети ($PN \cap DN = \emptyset$); $FN = (PN \times DN) \cup (DN \times PN)$ — отношения инцидентности сети (дуги графа)

$$((FN \neq \emptyset) \wedge (\forall w \in PN \cup DN, u \in PN \cup DN : wFNu \vee uFNw)).$$

Кратность всех дуг сети равна 1;

$MN : PN \rightarrow N^+$ — разметка сети Петри, где N^+ — множество натуральных чисел.

Число фишек (меток) в позиции p_i задается следующим образом:

$$\forall p \in PN, MN(p) = n.$$

Множество MN может быть задано в векторном виде:

$$MN = (MN(p_0), MN(p_1), \dots, MN(p_{PN-1}))^T.$$

Начальная разметка сети определяется следующим образом:

$$MN^{(0)} = (1, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0)^T.$$

Позиции p_0, p_1, p_2, p_7 эквивалентны состояниям a_0, a_1, a_2, a_3 описанного выше конечного автомата. Позиции p_3, p_4, p_5, p_6 эквивалентны входным сигналам x_1, x_2, x_0, x_3 .

Достоинством сети Петри является возможность проверить достижимость определенной разметки аналитическим способом.

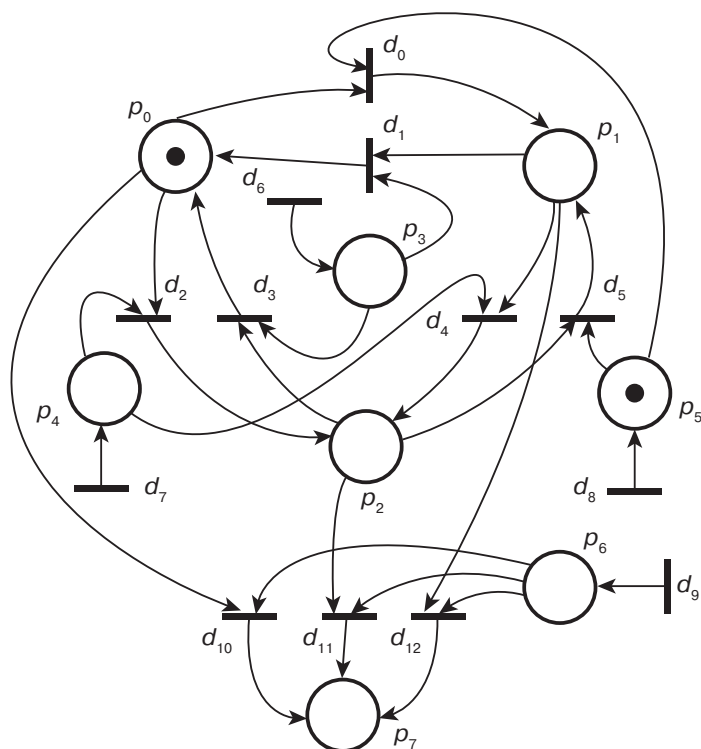
Двудольный граф сети Петри представлен на рис. 9.

Получив формальное описание агрегатов, можно построить модель всей агрегативной системы (группового объекта). Для этого необходимо определить структуру A -схемы и характер взаимодействия агрегатов.

Агрегативная система состоит из N агрегатов, называемых полюсами. В зависимости от конкретного группового объекта агрегаты могут являться входными, выходными или внутренними полюсами.

Каждый агрегат A_i имеет как входные контакты, представленные множеством $X^{(i)}$, на которые подается входной алфавит, так и выходные — множество $Y^{(i)}$, с которых снимается выходной алфавит [3].

Поскольку взаимодействие между агрегативной системой и внешней средой также осуществляется посредством сигналов, внешняя среда может быть представлена в виде агрегата A_0 . Соответственно на входные контакты $X^{(0)}$ будут поступать выходные сигналы агрегативной системы, а с выходных контактов $Y^{(0)}$ данные будут идти на входные контакты системы. Взаимодей-

Рис. 9. Двудольный граф сети Петри для агрегата A_i

ствие агрегатов между собой осуществляется с помощью коммуникационной функции F .

Приведенные реализации группового объекта с применением типовых математических схем аппарата имитационного моделирования положены в основу программных компонент, написанных на языке высокого уровня и представляющих собой интерфейсы и реализации базовых классов. Разработанные базовые классы представляют собой шаблоны, опираясь на которые можно задавать специализацию конкретных групповых объектов, проводя наследование и реализуя дополнительные функции и методы.

В результате проведенных исследований разработана математическая модель группового объекта на основе A -схемы. Кроме того, формализована агрегативная система, состоящая из N элементов. Прделанная работа позволила также получить математическое описание отдельных агрегатов с использованием F - и N -схем.

Разработанная модель группового объекта может служить основой для построения программных моде-

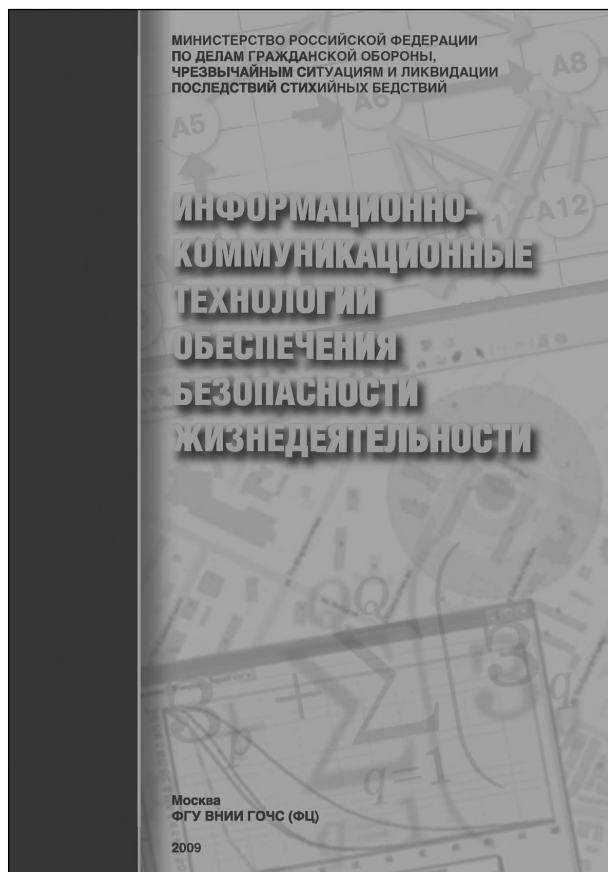
лей для систем имитационного моделирования ликвидации последствий ЧС.

Литература

1. Советов Б.Я. Моделирование систем. М.: Высш. шк., 2005. 343 с.: ил.
2. Сирота А.А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем. М.: Техносфера, 2006. 280 с.: ил.
3. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1968. 356 с.: ил.

Сведения об авторе:

Седельников Юрий Викторович, МЧС России, Департамент гражданской защиты, заместитель директора, г. Москва, ул. Ватутина, 1.



УДК 355.58:654.1

ББК 68.903+ 68.45

И 74

Рецензенты: Ю.Д. Макиев, доктор технических наук, профессор, главный специалист ЦСИ ГЗ МЧС России; А.В. Шевченко, доктор технических наук, профессор, начальник научно-технического центра Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия.

Информационно-коммуникационные технологии обеспечения безопасности жизнедеятельности: монография / под общ. ред. П.А. Попова, МЧС России. — М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. — 272 с.

ISBN 978-5-93970-035-7

Книга подготовлена в Федеральном государственном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий). Она посвящена характеристике современного этапа развития человеческой цивилизации, теоретических основ информационно-коммуникационных технологий, закономерностям влияния информационно-коммуникационных технологий на население, характеристике информационных технологий поддержки принятия решений в области безопасности жизнедеятельности, характеристике информационно-коммуникационных технологий формирования культуры безопасности жизнедеятельности, технологий и технических средств информирования и оповещения населения. В ней дана оценка социально-экономической эффективности информационно-коммуникационных технологий управления риском чрезвычайных ситуаций.

Книга рассчитана на широкий круг читателей — как профессионально занимающихся вопросами управления риском

чрезвычайных ситуаций, так и тех, кто интересуется этими вопросами. Она также может быть использована в учреждениях высшего профессионального образования при изучении дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» и подготовке специалистов по проблемам предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

© МЧС России, 2009

© ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009

© Оформление ООО «ИПП «Куна»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

РАЗДЕЛ 1. Характеристика современного этапа развития человеческой цивилизации

РАЗДЕЛ 2. Теоретические основы информационно-коммуникационных технологий

РАЗДЕЛ 3. Закономерности влияния информационно-коммуникационных технологий на население

РАЗДЕЛ 4. Характеристика информационных технологий поддержки принятия решений в области безопасности жизнедеятельности

РАЗДЕЛ 5. Характеристика информационно-коммуникационных технологий формирования культуры безопасности жизнедеятельности

РАЗДЕЛ 6. Технологии и технические средства информирования и оповещения

РАЗДЕЛ 7. Социально-экономическая эффективность информационно-коммуникационных технологий обеспечения безопасности жизнедеятельности

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

УКАЗАТЕЛЬ СОКРАЩЕНИЙ

Изложению основных идей по использованию современных ИКТ, их программно-аппаратной реализации в Общероссийской комплексной системе информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей, единых дежурно-диспетчерских службах (ЕДДС), Национальном центре управления в кризисных ситуациях (НЦУКС) и посвящена настоящая книга.

В подготовке монографии принимали участие Акимов В.А., Афлятунов Т.И., Аюбов Э.Н., Вавило А.В., Верескун А.В., Гаврилова А.А., Дурнев Р.А., Коровин А.И., Лукьянович А.В., Мирочицкий В.В., Муркова М.В., Омельченко М.В., Пономарев А.И., Попов П.А., Сангаджиева Н.А., Силкин А.В., Скубак Н.Ю., Хоруженко А.Ф.

Авторский коллектив выражает уверенность, что изложенные в книге материалы будут полезны для широкого круга читателей — как профессионально занимающихся вопросами обеспечения безопасности жизнедеятельности и управления риском чрезвычайных ситуаций, так и тех, кто интересуется этими вопросами.

Авторы будут признательны лицам, которые пришлют свои замечания и предложения по изложенному в данной книге кругу вопросов по адресу:

121352 Москва, ул. Давыдовская, д. 7, ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ),

<http://www.vniigochs.ru>

e-mail: durnev@vniigochs.ru

Электронная версия книги в формате PDF

<http://elibrary.ru/item.asp?id=15017754>