Обобщенный алгоритм прогнозирования процесса развития региональной чрезвычайной ситуации природного характера

Generalized algorithm for forecasting the process of development of a regional emergency situations of natural character

Привалов / Privalov A.
Андрей Андреевич
(aprivalov@inbox.ru)
доктор военных наук, профессор.
ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» (ВАС им. С. М. Буденного) МО РФ,
профессор кафедры применения войск связи.
г. Санкт-Петербург

Колесов / Kolesov V.
Вадим Александрович
(z01z1@mail.ru)
кандидат военных наук, доцент.
ВАС им. С. М. Буденного,
преподаватель кафедры организации информационно-аналитической работы.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: обобщенный алгоритм – generalized algorithm; прогнозирование – forecasting; стохастическая сеть – stochastic network; эквивалентная функция – equivalent function; чрезвычайная ситуация – emergency situation.

В статье предложен обобщенный алгоритм прогнозирования процесса развития региональной чрезвычайной ситуации природного характера. Алгоритм использует метод топологического преобразования стохастической сети. Особенностью используемого решения является поэтапное укрупнение стохастической сети, позволяющее существенно упростить формальную запись ее эквивалентной функции и последующую процедуру определения функции распределения времени реализации моделируемого процесса развития региональной чрезвычайной ситуации природного характера.
В основу разработанного алгоритма положена модель взаимодействия основных параметров возникновения чрезвычайной ситуации природного характера. На основе проведенного анализа получены количественные оценки длительности интервала развития отдельных элементов чрезвычайной ситуации природного характера при ее возможном развитии.

The article proposes a generalized algorithm for predicting the development of a regional emergency of a natural nature. The algorithm uses the method of topological transformation of a stochastic network. The peculiarity of the solution used is the gradual enlargement of the stochastic network, which makes it possible to significantly simplify the formal recording of its equivalent function and the subsequent procedure for determining the time distribution function of the implementation of the simulated process – the development of a regional emergency of a natural nature.
The developed algorithm is based on a model of interaction of the main parameters of the occurrence of a natural emergency. On the basis of the analysis, quantitative estimates of the duration of the interval of development of individual elements of a natural emergency in its possible development were obtained.

Введение

Для современного состояния России и других промышленно развитых стран мира характерно нарастание угроз в природно-техногенной сфере, а техногенные и природные катастрофы становятся постоянно действующими факторами не только экономики, но и политики. Крупнейшие аварии, катастрофы и стихийные бедствия, имевшие место в последние десятилетия в России и за рубежом, унесли сотни тысяч человеческих жизней, причинили большой и часто невосполнимый ущерб окружающей среде. Прямые экономические потери и затраты на ликвидацию их последствий достигают десятков и сотен миллиардов долларов.

В соответствии с федеральным законом “О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” под чрезвычайной ситуацией (ЧС) природного и техногенного характера понимается обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушения условий жизнедеятельности людей [4,6].

ЧС регионального характера — те ЧС, в результате которых зона ЧС не выходит за пределы одного субъекта РФ, при этом количество пострадавших составляет свыше 50 человек, но не более 500 человек либо размер материального ущерба составляет свыше 5 млн рублей, но не более 500 млн рублей [3].

К природным относятся ЧС, связанные с проявлением стихийных сил природы: землетрясения, цунами, наводнения, извержения вулканов, оползни, сели, ураганы, смерчи, бури, природные пожары и др.

Чрезвычайные ситуации характеризуются качественными и количественными критериями. К каче-

ственным критериям относятся: временной (внезапность и быстрота развития событий); социально-экологический (человеческие жертвы, выведение из хозяйственного оборота больших площадей); социально-психологический.

В настоящее время появились большие возможности для прогноза и предупреждения стихийных бедствий и природных катастроф. Эти возможности обеспечиваются появлением новых информационных технологий, развитием глобальных компьютерных сетей и телекоммуникаций, совершенствование системы государственного управления. Используя перечисленные средства, возможно более эффективно, чем раньше, прогнозировать и предупреждать стихийные бедствия и ликвидировать их последствия [1,2,8,9].

Существующая тенденция к возрастанию масштабов ЧС заставляет своевременно и обоснованно вырабатывать необходимые меры для предупреждения ЧС природного характера и их ликвидации. С этой целью создаются соответствующие структуры – системы информационного обеспечения в условиях ЧС [4].

Анализ развития чрезвычайных ситуаций и принятие оперативных решений затрудняются сложностью оценки их основных факторов и эффективности принимаемых решений. Руководящим органам обычно приходится действовать в условиях острого дефицита времени, ограниченной точности и достоверности информации. Так, точность среднесрочных метеопрогнозов составляет 65-70%. Это может привести к принятию нерациональных и даже ошибочных решений, а следовательно, и к большим потерям. Поэтому совершенствование систем информационного обеспечения, ориентированных на прогноз и предупреждение ЧС, на защиту населения и территорий, имеет особенно большое значение [7,9].

Обсуждаемый ниже подход поможет формализовать и автоматизировать процессы принятия решений в условиях ЧС. Он поможет выбирать способы реализации принимаемых решений и оценивать их эффективность. Все математические модели возникновения бедствий и катастроф, алгоритмы прогноза и анализа полученных данных дадут положительный результат только в том случае, когда они будут использованы в системе информационного обеспечения обобщенного алгоритма прогнозирования процесса развития региональной чрезвычайной ситуации природного характера. Для разработки обобщенного алгоритма прогнозирования процесса развития региональной чрезвычайной ситуации природного характера воспользуемся сформированными эталонами и методом топологического преобразования стохастических сетей, описанным в [5].

Алгори́тм — набор инструкций, описывающих порядок действий исполнителя для достижения результата решения задачи за конечное число действий. В старой трактовке вместо слова «порядок» использовалось слово «последовательность», но по мере развития параллельности в работе компьютеров слово «последовательность» стали заменять более общим словом «порядок». Это связано с тем, что работа каких-то инструкций алгоритма может быть зависима от других инструкций или результатов их работы [1,2,9]. Таким образом, некоторые инструкции должны выполняться строго после завершения работы инструкций, от которых они зависят. Независимые инструкции или инструкции, ставшие независимыми из-за завершения работы инструкций, от которых они зависят, могут выполняться в произвольном порядке, параллельно или одновременно, если это позволяют используемые процессор и операционная система.

Алгоритм предназначен для получения данных в систему поддержки принятия решения (СППР) на основе анализа природного, экологического либо технологического процесса и его составных элементов при прогнозировании развития региональной чрезвычайной ситуации. Указанный алгоритм базируется на основных принципах, разработанных и подробно рассмотренных в работах. В работах [1,2,8] кратко описаны алгоритмы прогнозирования с учетом влияния ряда факторов и использованием различных методических подходов. Эти алгоритмы нашли свое применение в ранних версиях программ прогнозирования для систем поддержки принятия решения (СППР). В настоящем разделе описан модифицированный алгоритм прогнозирования с выделением перечисленных выше принципов, позволивших повысить оперативность выдаваемого прогноза. При ретроспективном анализе выработок контролируемого процесса используется типовая последовательность событий, позволяющая при моделировании выявить прогнозируемые ЧС. Неоднородность контролируемого процесса огрубляет общую модель процесса, поэтому для каждого из элементов ЧС (базы событий) осуществляется построение своей более простой и точной модели. Для выявления основных типов реализации процесса необходимо в соответствии с системным анализом и теории распознавания образов преобразовать многомерную реализацию процесса (стохастическая сеть) в образ с минимальным количеством координат, в полученном пространстве признаков выявить скопления полученных образов – функции распределения. Эти образы реализации наблюдаемого процесса соответствуют той или иной фазе ЧС, для каждого из выявленных факторов осуществляется моделирование изменения процесса.

Применение различной информации с топологическим преобразованием стохастической сети (ТПСС) непосредственно для моделирования мерного процесса позволяет снизить размерность, улучшить адаптивные свойства модели, обусловленные задачей идентификации, а в конечном итоге повысить качество модели и прогноза оперативности. Использование принципов иерархического моделирования оптимальной дискретизации и восстановления пропущенных событий с различными частотами дискретизации позволяет осуществить фильтрацию и определить оптимальную

частоту дискретизации. Общий алгоритм прогнозирования возможного возникновения ЧС предполагает использование следующих исходных данных [5,9]:

– множество возможных районов возникновения ЧС

$$R_{\text{в.ЧС}} = \{R_{\text{в.ЧС1}}, R_{\text{в.ЧС2}}, ..., R_{\text{в.ЧС}n}\};$$

– множество эталонов событий

$$S_{\text{соб эт}} = \{S_{\text{соб эт 1}'}, S_{\text{соб эт 2}'}, ..., S_{\text{соб эт }n'}\} \;;$$

– множество наблюдаемых событий

$$S_{\text{соб.набл.}} = \{S_{\text{соб.набл.1}'}, S_{\text{соб.набл.2}'}, ..., S_{\text{соб.набл.}n'}\}.$$

Составными элементами введенных множеств являются:

– эталоны временной продолжительности событий $T_{\text{соб.эт.}i}$;

– фактические времена продолжительности событий $T_{\text{соб.набл.}i}$.

При использовании классификационной матрицы необходимо уточнить объем признаковой выборки. При избыточном количестве признаков возможно управляемое сокращение количества признаков в используемой признаковой выборке. Элементы эталонов и реализаций имеют различную степень значимости, которая учитывается при начале и окончании процесса, а также при наступлении ключевых событий. При обработке используются:

– эталоны событий $S_{\text{соб эт }i}$;

– фактические события $S_{\text{соб.набл.}i}$;

– эталоны признаков событий $S_{\text{соб.эт.}ij}$;

– фактические признаков событий $S_{\text{соб.набл.}ij}$;

– требуемое количество событий $N_{\text{соб.тр.}}$;

– полученное фактическое количество событий $N_{\text{соб.факт.}}$;

– требуемое количество признаков событий $N_{\text{соб.тр.}ij}$.

Обобщенная блок-схема общего алгоритма прогнозирования возможного возникновения ЧС с обратной связью представлена на рис. 2, 3, 4 и включает в себя 39 блоков.

В блоке № 2 происходит ввод исходных данных, которые включают:

– предварительно определенные районы возможного возникновения ЧС

$$R_{\text{в ЧС}} = \{R_{\text{в ЧС1}}, R_{\text{в ЧС2}}, ..., R_{\text{в ЧС}n}\};$$

– типы и количество необходимых событий

$$S_{\text{соб.необх.}} = \{S_{\text{соб.необх.1}}, S_{\text{соб.необх.2}}, ..., S_{\text{соб.необх.}n}\}$$

для нахождения эквивалентной функции сети;

– типы и количество возможных событий

$$S_{\text{соб.возм.}} = \{S_{\text{соб.возм.1}}, S_{\text{соб.возм.2}}, ..., S_{\text{соб.возм.}n}\};$$

– типы и количество признаков, поступивших в систему обработки в качестве исходных данных

$$S_{\text{соб.факт.пр.}} = \{S_{\text{соб.факт.пр.1}}, S_{\text{соб.факт.р.2}}, ..., S_{\text{соб.факт.пр.}ij}\};$$

– множество эталонов событий

$$S_{\text{соб эт}} = \{S_{\text{соб эт 1}'}, S_{\text{соб эт 2}'}, ..., S_{\text{соб эт }n'}\};$$

– множество наблюдаемых событий

$$S_{\text{соб.набл.}} = \{S_{\text{соб.набл.1}'}, S_{\text{соб.набл.2}'}, ..., S_{\text{соб.набл.}n'}\};$$

– эталоны временной продолжительности событий $T_{\text{соб.эт.}i}$;

– фактические времена продолжительности событий $T_{\text{соб набл }i}$;

– классификационная матрица $K_{S_{\text{набл соб сх}}}$;

– типы и количество признаков, поступивших в систему обработки в качестве исходных данных

$$S_{\text{соб.факт.пр.}} = \{S_{\text{соб.факт.пр.1}}, S_{\text{соб.факт.р.2}}, ..., S_{\text{соб.факт.пр.}ij}\};$$

– множество эталонов событий

$$S_{\text{соб эт}} = \{S_{\text{соб эт 1}'}, S_{\text{соб эт 2}'}, ..., S_{\text{соб эт }n'}\};$$

– множество наблюдаемых событий

$$S_{\text{соб.набл.}} = \{S_{\text{соб.набл.1}'}, S_{\text{соб.набл.2}'}, ..., S_{\text{соб.набл.}n'}\};$$

– эталоны временной продолжительности событий $T_{\text{соб.эт.}i}$;

– фактические времена продолжительности событий $T_{\text{соб.набл.}i}$;

– классификационная матрица $K_{S_{\text{набл соб сх}}}$;

– максимальное время поиска признака события $T_{\text{поис. max }i}$.

Обобщенный алгоритм прогнозирования возможного возникновения ЧС включает в себя следующие этапы:

1) Предварительное определение районов возможного возникновения ЧС $R_{\text{в.ЧС}} = \{R_{\text{в.ЧС1}}, R_{\text{в.ЧС2}}, ..., R_{\text{в.ЧС}n}\}$.

2) Определение типов и количества необходимых $S_{\text{соб необх}}$ и возможных $S_{\text{соб.возм}}$ событий и формирование их вербального описания.

3) Обоснование типов $S_{\text{соб.тип}}$ и достаточного количества признаков проявившихся событий $S_{\text{соб.дост.}ij}$.

4) Анализ выявленных событий

$$S_{\text{соб.набл.}} = \{S_{\text{соб.набл.1}'}, S_{\text{соб.набл.2}'}, ..., S_{\text{соб.набл.}n'}\}.$$

5) Осуществление поиска признаков, пропущенных ранее событий в прогнозируемых временных интервалах $T_{\text{соб.набл.}}$.

6) Анализ найденных признаков $S_{\text{соб.набл.}ij}$.

7) Восстановление прошедшего события по его признакам

$$\sum_{i=1}^{n} S_{\text{соб.набл.}ij} \le \sum_{j=1}^{m} S_{\text{соб.эт.}ij} \ .$$

8) Оценка событий и возможности выдачи прогноза по времени возможного возникновения ЧС по полной совокупности событий.

В начале прогнозирования времени, места и масштаба ЧС выделяются основные системные блоки и определяется связь каждого блока с процессом обработки, на котором:

1. Разрабатывается первичный ретроспективный анализ данных с выявлением и восстановлением пропущенных событий, который проводится в целях составления эталонных описаний.

Каждая реализация событий и их признаков представляет собой *n*-мерный вектор значений. Реализацию вектора для большинства факторов можно разделить на несколько различающихся типов, что говорит о неоднородности реализаций [5].

Для учета неоднородности реализаций при моделировании определяют требуемое (наиболее вероятное) число возможных типов событийных признаков и всю выборку классифицируют по типам событий. Эта задача решается согласно общему алгоритму с использованием элементов теории распознавания образов и системного анализа.

1.1 Систематизация (выделение) отдельных реализаций фаз военно-политического процесса из предыстории (блоки 4-6) и выявление наиболее возможного числа признаков событий возможных типов в выборке.

Для этого формируют вспомогательное признаковое пространство $S_{\text{соб.факт.}ij}$ размерностью $N_{\text{соб.факт.}} \le N_{\text{соб.треб.}}$. Осуществляют построение образов каждой реализации из базы данных. Выявляют наиболее возможное число событий $N_{\text{соб.факт}}$ в признаковом пространстве или число событий в выборке.

Моделируемый процесс представляют в виде изменяющейся детерминированной составляющей. Изменяющуюся детерминированную составляющую представляют в виде комбинации функций распределения, позволяющих с достаточной точностью воспроизвести любой интервал из реализаций процесса из преды-

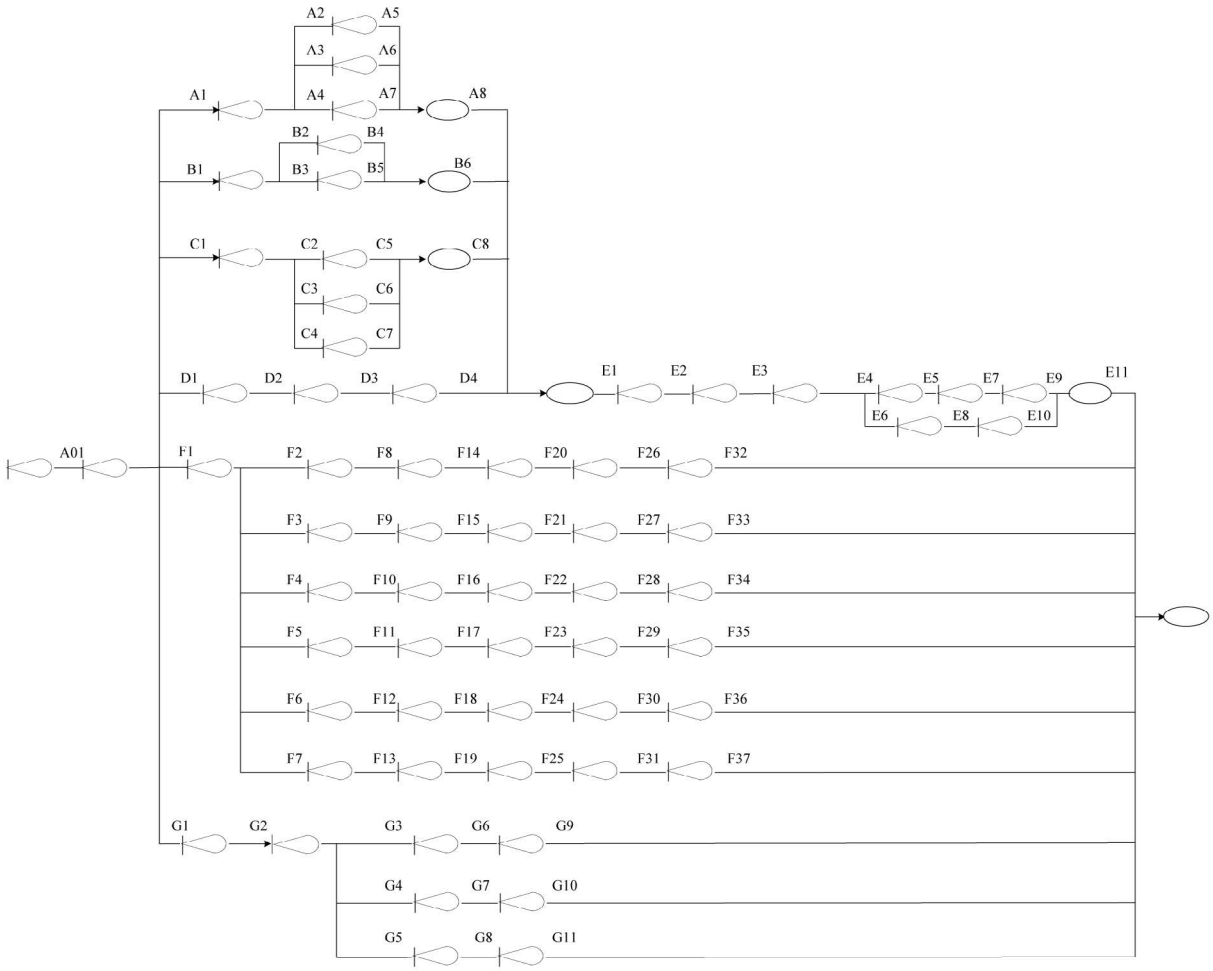

Рис. 1. Стохастическая сеть, отображающая эталонную последовательность событий по возникновению ЧС

стории. Стохастическая сеть, отображающая эталонную последовательность событий по возникновению ЧС представлена на рис. 1. Для первых узлов ветвей сети показано выполненное преобразование Лапласа, имеющее следующий вид:

$$a_{01}(S)=\int_0^{\infty} e^{-st}\cdot d[A(t)]=\frac{a_{01}}{a_{01}+s}. \quad (1)$$

Аналогичные преобразования производятся для остальных ветвей сети:

$$a_1(s)\ldots a_8(s), b_1(s)\ldots b_6(s), c_1(s)\ldots c_8(s),$$
$$d_1(s)\ldots d_4(s), e_1(s)\ldots e_{11}(s),$$
$$f_1(s)\ldots f_{37}(s), g_1(s)\ldots g_{11}(s),(s) \quad (2)$$

Эквивалентная функция укрупненной эталонной сети, представленной на рис. 1, имеет вид:

$$Q_{\text{чс}}^{\text{эт}}(s)\frac{a_1\cdot\rho}{(a_1+s)(\rho+s)} \quad (3)$$

Определение эталонной эквивалентной функции позволяет вычислить среднее время реализации процесса и функцию распределения с целью дальнейшего сравнения их с полученными функциями:

$$T_{\text{ср}}^{\text{чс}}=\frac{d[Q(s)]}{d[Q(t)]}=\frac{a_{01}\cdot\rho}{(-2\cdot a_{01}+a_{01}+\rho)a_{01}^2}+\frac{a_{01}\cdot\rho}{(-2\cdot\rho+a_{01}+\rho)\rho^2} \quad (4)$$

$$TR_{\text{чс}}(t)=\frac{1}{2\pi j}\int_{\alpha-j^{\infty}}^{\alpha+j^{\infty}} Q(s)\cdot\frac{\exp(st)}{s}ds=$$
$$=\frac{\rho(1-\exp(-a_{01}\cdot t))}{(-2\cdot a_{01}+a_{01}+\rho)a_{01}}+\frac{a_{01}(1-\exp(-\rho\cdot t))}{(-2\cdot\rho+a_{01}+\rho)\rho} \quad (5)$$

В блоке №11 выполняется чтение текущего признака $S_{\text{соб.факт.}ij}$ или события из базы данных.

В блоке №12 выполняется распознавание текущего признака событий $S_{\text{соб.факт.}ij}$ из базы данных.

В блоке №13 выполняется анализ типов и количества признаков $S_{\text{соб.факт.}ij}$, поступивших в систему обработки в качестве исходных данных и выявление событий $S_{\text{соб.факт.}i}$ на основе обработки массива признаков $S_{\text{соб.факт.}ij}$.

1.2 Осуществление анализа времени, затрат $T_{\text{поис max }i}\le T_{\text{поис }i}$ на основе выявленных типов событий и признаков в выборке полученного остатка.

Поиск событий при $T_{\text{поис.max.}i}\le T_{\text{поис.}i}$ продолжается и признаки поступают в обработку. При $T_{\text{поис.max.}i}\le T_{\text{поис.}i}$ поиск прекращается.

Идентификация процесса и его составляющих элементов как многомерного для каждого отдельного типа процесса (блок 14-27), характерного для данного интервала времени на основе одной из разновидностей.

2. Осуществляется поиск событий и прогнозирование развития процесса.

2.1 Каждому типу процесса ставится в соответствие эталонная модель процесса (блоки 11-13); такая декомпозиция модели позволяет повысить точность моделирования по сравнению с тем, как если бы осуществлялось построение общей модели для всех типов процесса и устойчивость идентификации. В результате определения типа текущего процесса из набора характерных моделей для данного, в качестве модели текущего процесса выбирается модель распознанного или заданного типа. При идентификации этой модели используются предыстории распознанного или прогнозируемого типа процесса. Для идентификации проверяются условия $N_{\text{соб.сум.кол.пр.}}\le N_{\text{соб.сум.кол.пр.}}$. В противном случае осуществляется поиск пропущенных событий.

2.2 Моделируемый процесс представляют в виде изменяющейся детерминированной составляющей. Изменяющуюся детерминированную составляющую представляют в виде комбинации функций распределения, позволяющих с достаточной точностью воспроизвести любой интервал из реализаций процесса из предыстории (блоки 17,18).

В блоке №14 выбирается требуемый для обработки элемент ЧС.

В блоке №15 происходит анализ количества и типов событий (выявление имеющихся) $S_{\text{соб.факт.}i}$.

В блоке №16 принимается решение о возможности выдачи прогноза по имеющимся в наличии событиям $S_{\text{соб.факт.}i}$. В случае возможности выдачи прогноза при $N_{\text{соб.факт.}}\le N_{\text{соб.треб.}}$ данные поступают в блок №23.

В блоке №17 при недостаточном количестве данных для прогнозирования ведется поиск признаков произошедших событий в заданных временных интервалах с заданными параметрами в различных формах представления.

В блоке №18 происходит анализ выявленных признаков $S_{\text{соб.факт.}ij}$ по форме представленной информации, в которой данный признак может быть зафиксирован, и по времени его проявления.

В блоке №19 происходит восстановление прошедшего события $S_{\text{соб восст }i}$ по его признакам $S_{\text{соб.факт.}ij}$, выявленным из представленной информации.

В блоке №20 происходит принятие решения о возможности выдачи прогноза по восстановленным $S_{\text{соб восст }i}$ и имеющимся ранее событиям $S_{\text{соб набл }i}$. При достаточном количестве событий $N_{\text{соб.факт.}}\le N_{\text{соб.треб.}}$ результат поступает на блок №23. При недостаточности событий принимается решение о невозможности выдачи прогноза в блоке 26.

В блоке №21 на основании того, что не превышается максимальное время поиска $T_{\text{поис max }i}$ определяются недостающие признаки $S_{\text{соб.недост.}ij}$, которые требуются для классификации событий. После этого ставится задача на поиск необходимых признаков в указанных формах представления информации.

В блоке №22 принимается решение на продолжение либо прекращение поиска исходя из заданного максимального времени поиска $T_{\text{поис.max}\,i}$. При превышении указанного порога $T_{\text{поис max}\,i} \le T_{\text{поис}\,i}$ информация поступает на блок №26.

В блоке №23 идет прогнозирование возможных мест возникновения ЧС на основании всех имевшихся ранее и поступивших данных с нахождением эквивалентной функции сети и построением графика функции. При этом выбираются максимальные значения функций распределения на заданный момент времени.

В блоке №24 идет расчет значений функций распределения $R_i(t), i = 1, \ldots R_{\text{вЧС}}$.

Получается семейство функций распределения, характеризующих возможность возникновения ЧС в различных районах.

В блоке №25 делается заключение об анализе всех возможных мест возникновения ЧС $R_{\text{в.ЧС}} = \{R_{\text{в.ЧС1}}, R_{\text{в.ЧС2}}, \ldots, R_{\text{в.ЧС}n}\}$ на основании всех имевшихся ранее и поступивших данных. В случае выявления непроанализированного района цикл вычислений повторяется.

В блоке №26 принимается решение, что осуществление прогнозирования места возможного возникновения ЧС невозможно по причине недостаточного количества событий $N_{\text{соб.сум.кол.пр.}} \le N_{\text{соб.сум.кол.пр.}}$ и превышения допустимого времени поиска признаков наступления событий $T_{\text{поис max}\,i} \le T_{\text{поис}\,i}$.

В блоке №27 идет выбор максимума значений функции $R_i(t)$ на заданный момент времени и определение места возможного возникновения ЧС.

2.3 Определяют (распознают) тип текущего процесса (блок 12), используя имеющуюся на данный момент неполную информацию о контролируемом процессе (измеренные начальные точки процесса). Распознавание осуществляется в построенном признаковом пространстве, используя правило распознания (решающее правило).

2.4 Определяют предысторию изменения каждого из интервалов (блоки 16-18).

Каждому типу процесса ставится в соответствие эталонная модель процесса; такая декомпозиция модели позволяет повысить точность моделирования по сравнению с тем, если бы осуществлялось построение общей модели для всех типов процесса и устойчивость идентификации. В результате определения типа текущего процесса из набора характерных моделей для данного, в качестве модели текущего процесса выбирается модель распознанного или заданного типа. При идентификации этой модели используются предыстории распознанного или прогнозируемого типа процесса. Для идентификации проверяются условия $N_{\text{соб.сум.кол.пр.}} \le N_{\text{соб.сум.кол.пр.}}$.

В противном случае осуществляется поиск пропущенных событий.

3. Прогнозируется развитие процесса на заданный интервал упреждения по построенным прогнозным моделям (блоки 29-32).

При краткосрочном прогнозировании событий прогноз осуществляется, используя прогнозные значения, эквивалент функции событий, информацию о типах событий $S_{\text{соб.факт.}ij}$ и их признаков $S_{\text{соб.факт.}ij}$.

При оперативном прогнозе развития ЧС по начальным точкам текущего процесса определяется его тип и моделируется детерминированная составляющая процесса. Общее прогнозное значение процесса эквивалента функции событий при оперативном прогнозе определяется как прогнозная линия. В виде последовательных этапов прогнозирование процесса развития ЧС можно представить следующим образом:

3.1 Расчет прогнозных значений эквивалентной функции распределения коэффициентов в соответствии с имеющимся набором событий по прогнозируемым значениям с учетом предыстории.

3.2 Согласование частот дискретизации детерминированной составляющей и измеряемого процесса на основе длительности анализируемых временных интервалов, насыщенных событиями и принципов дискретизации. Приведение моделируемого процесса и измеряемого процесса к единой (большей) частоте дискретизации с использованием иерархического моделирования и принципов фильтрации (блок 20) нецелесообразно по причине использования временных окон различной продолжительности.

3.3 Расчет прогнозного значения эквивалентной функции на заданный интервал упреждения с учетом изменения влияющих событий (блок 23).

3.4 Определение прогнозного значения процесса развития ЧС с частотой дискретизации измеренного процесса (блок 24).

3.5 Сохранение полученных результатов прогнозирования.

4. Осуществляется контроль полученных прогнозных значений функции распределения на временных интервалах. Основными характеризующими показателями являются:

– временной интервал прогноза за расчетный период (сутки, неделю, месяц, квартал, год);

– максимальное значение функций распределения за выбранный интервал времени.

В соответствии с этим для контроля осуществляют:

4.1 Сравнение полученных значений функций распределения с соответствующими этапами эталонного графика. При краткосрочном прогнозировании полученные значения сравнивают с графиком эквивалентной функции (за неделю, месяц) или ее эталонным графиком. При оперативном прогнозировании важно недопущение пропуска возможной ЧС или выход за границы 2-5% интервала от планового графика.

Если прогнозируется развитие ЧС, то в соответствии со значениями эквивалентной функции возможно рассчитать время, место, масштаб ЧС. При этом получаются различные факторы, на которые необходимо обратить внимание для предотвращения его возник-

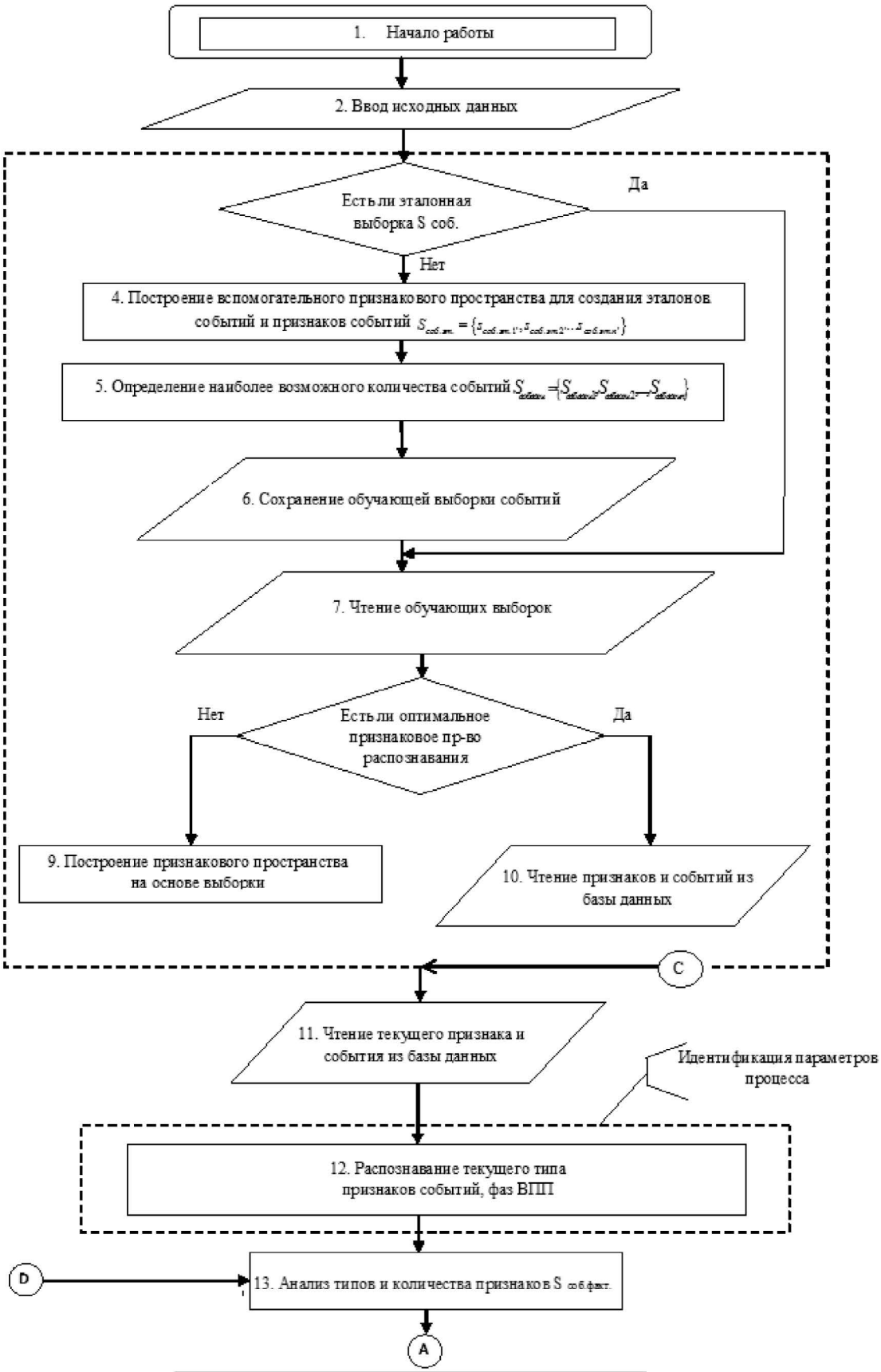

Рис. 2. Обобщенный алгоритм прогнозирования места, времени, масштаба возможной ЧС

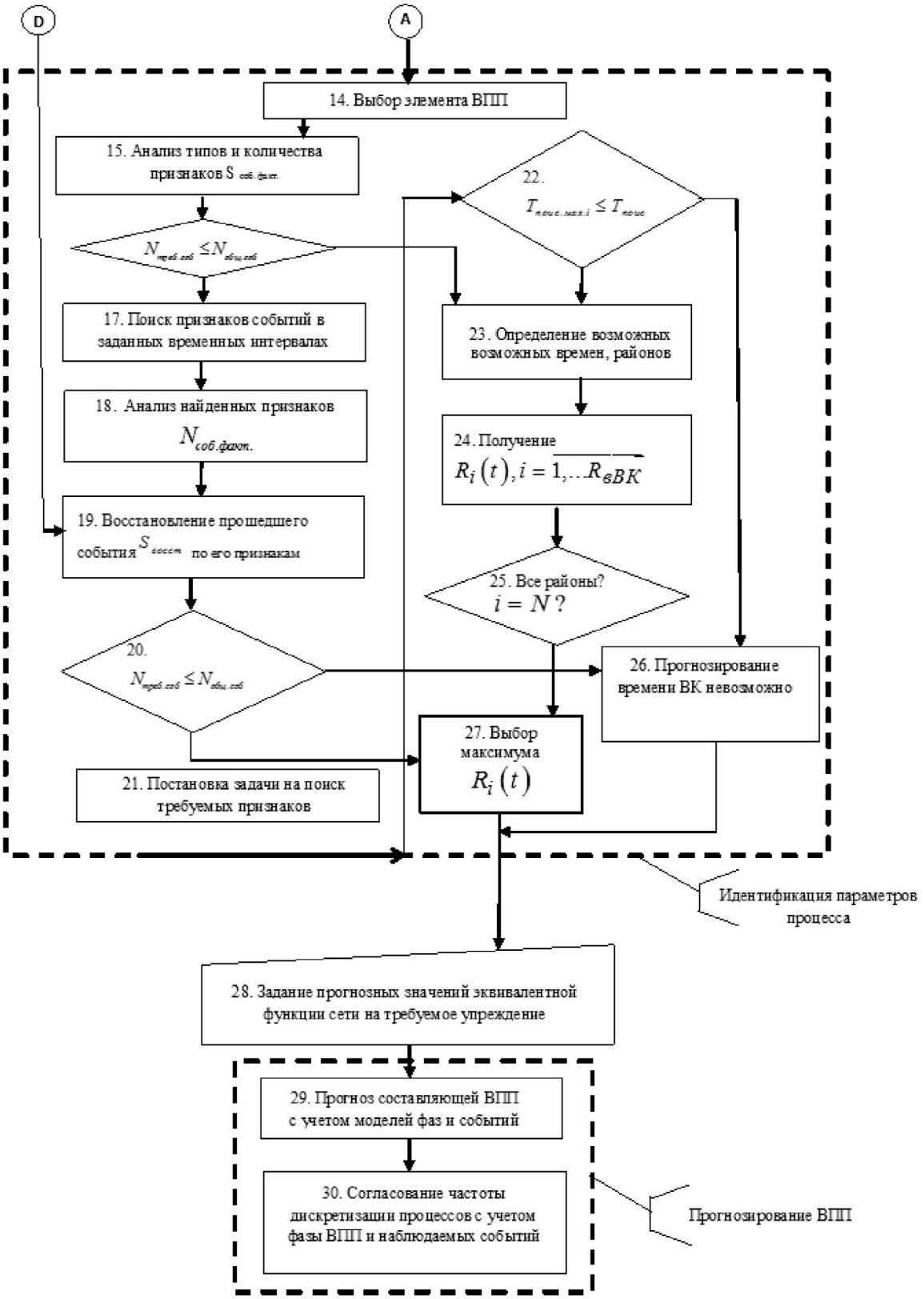

Рис. 3. Обобщенный алгоритм прогнозирования места, времени, масштаба возможной ЧС (продолжение)

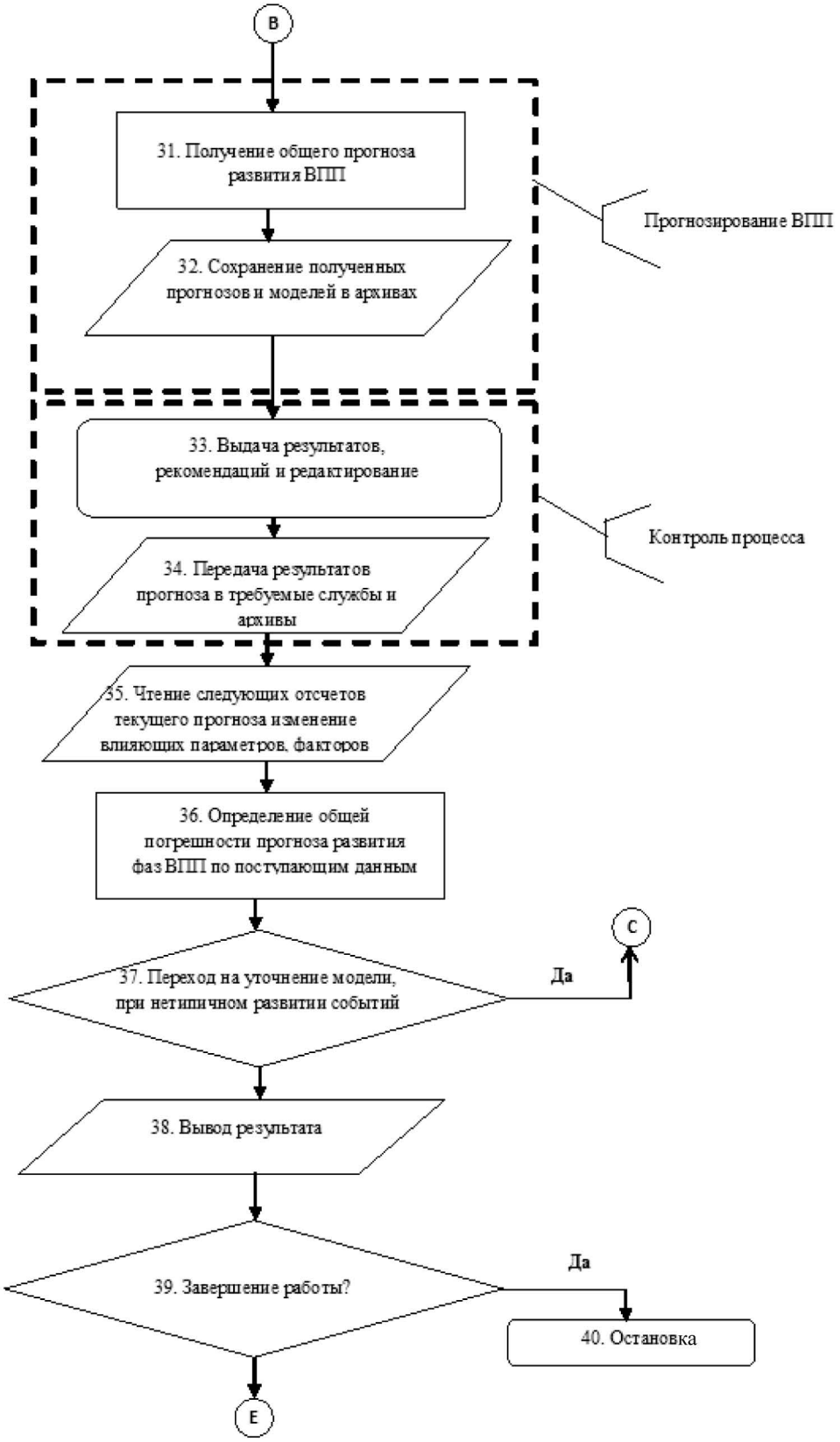

Рис. 4. Обобщенный алгоритм прогнозирования места, времени, масштаба возможной ЧС (окончание)

новения. Непосредственно предварительно регион с соответствующей характеристикой выбирается из базы данных. Эту функцию осуществляет программный блок выработки воздействий и рекомендаций для выработки мер воздействия. По данным измерений можно определить и факторы, повлиявшие на выход контролируемых значений эквивалентной функции геополитического процесса за обычные пределы. Это возможно путем сравнения полученных значений эквивалента функции на каждом интервале времени со значениями, которые в среднем должны быть отмечены.

4.2 Передача прогнозной информации о процессе блокам систем управления и контроля. Формирование и редактирование эталонов графиков прогноза и передача их вышестоящим и иным организациям, в частности, оперативным дежурным.

5. При поступлении новой информации о развитии ЧС осуществляется новое прогнозирование и при необходимости пересчет параметров эталонных моделей, если погрешность прогноза выходит за допустимый предел. Затем происходит вывод результатов либо в виде прогноза места возможного возникновения ЧС, либо выдается информация о невозможности его выдачи. В блоке №38 происходит вывод результатов либо в виде прогноза места возможного возникновения ЧС, либо выдается информация о невозможности его выдачи.

Применения данной модели эталонных значений параметров распределения можно осуществлять через определенный интервал времени по мере накопления новой информации, для них характерна достаточная стабильность.

Алгоритм прогнозирования является универсальным для ЧС. Основным его отличием от существующих алгоритмов является наличие обработки нескольких типов событий и отдельных реализаций процесса идентификации многомерного контролируемого процесса с использованием функций распределения.

Первое позволило учесть неоднородность реализации процесса, второе – связать изменчивость формы графиков с изменением внешних факторов.
Оба этих отличительных свойства позволяют повысить точность моделирования, устойчивость прогнозной модели, осуществить адекватный учет влияния внешних факторов на форму графиков. Экспериментальное исследование данного алгоритма на различных сценариях ЧС подтвердили изложенные качества модели.

Данный алгоритм не является частным только для ЧС, он может применяться к целому классу составных элементов других процессов, например, к объектам и системам ведомственного и государственного управления. Кроме того, как вариант обобщения, он может применяться к многоэлементным политическим, социальным и экономическим объектам, распределенным территориально.

Литература

1. Акаев, А. А. Геополитическая динамика: возможности логико-математического моделирования / А.А. Акаев, С.Ю. Малков // Геополитика и безопасность. – 2009. – № 4 (8). – С. 39–55.

2. Афанасьев, В. Н. Анализ временных рядов и прогнозирование / В.Н. Афанасьев, М.М. Юзбашев. – М.: Финансы и статистика, 2010. – 320 с.

3. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 мая 2007 №304 «О классификации предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 28.05.2007. – № 22. – ст. 2640. Официальный интернет-портал правовой информации. – 2007. – 11 с.

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 5 ноября 1995 №1113 «О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 13.11.1995. – № 46. – ст. 4459. Официальный интернет-портал правовой информации. – 1995. – 12 с.

5. Привалов, А. А. Метод ТПСС и его использование для анализа систем связи ВМФ / А.А. Привалов. – СПб.: ВМА им. Н.Г. Кузнецова, 2001. – 168 с.

6. Руководящий документ РД52.27.724-2009 «Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения» М., 2009. – 61 с.

7. Российская Федерация. Законы. Об информации, информационных технологиях и о защите информации : Федеральный закон № 149–ФЗ : [принят Государственной Думой 8 июля 2006 : одобрен Советом Федерации 14 июля 2006] // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – 16 с.

8. Филлипс, Д. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. – М.: Мир, 1984. – 496 с.

9. Цветков, В. Я. Геоинформационные исследования при разработке прогнозов / В.Я. Цветков, Ф.Н. Лещиков // Геодезия и картография. – 2001. – № 2. – С. 42–44.