

# Обобщенный алгоритм прогнозирования места, времени, масштаба возможной кризисной ситуации

А. А. Привалов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ПГУПС;

<sup>2</sup>Военная академия связи имени С.М. Буденного  
apivalov@inbox.ru

В. А. Колесов

Военная академия связи имени С.М. Буденного  
z01z1@mail.ru

В. И. Веремьев

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)  
vervladiv@gmail.com

**Аннотация.** В статье предложен обобщенный алгоритм прогнозирования места, времени, масштаба возможной кризисной ситуации различного происхождения к применению в интересах обеспечения функционирования информационной системы субъекта РФ при угрозе возникновения кризисной ситуации регионального характера. Он основан на использовании метода топологического преобразования стохастической сети. Особенностью полученного решения является поэтапное укрупнение стохастической сети, позволяющее существенно упростить формальную запись ее эквивалентной функции и последующую процедуру определения функции распределения времени реализации моделируемого процесса прогнозирования развития кризисной ситуации различного характера.

В основу разработанного алгоритма положена модель взаимодействия основных параметров возникновения кризисной ситуации (КС). На основе проведенного анализа получены количественные оценки длительности интервала развития отдельных элементов КС при ее возможном развитии.

**Ключевые слова:** алгоритм; прогнозирование; стохастическая сеть; эквивалентная функция; кризисная ситуация

## I. ВВЕДЕНИЕ

По месту, времени и масштабу кризисная ситуация может быть локальной, региональной или общей. Последняя охватывает буквально всю социальную и экономическую систему, а локальная - только ее часть. Конкретный анализ должен учитывать границы, где происходит кризисная ситуация, разгадать ее структуру, а также исследовать среду, где она функционирует. Самая главная особенность заключается в том, что даже если она невелика – локальный кризис или микрокризис – зачастую начинается цепная реакция, которая распространяется на всю систему, где каждый элемент органически связан с другими. Обсуждаемый ниже подход поможет формализовать и автоматизировать процессы принятия решений в условиях возможного возникновения КС [4, 5, 8]. Все математические модели возникновения КС, алгоритмы прогноза и анализа полученных данных дадут

положительный результат только в том случае, когда они будут использованы в системе информационного обеспечения [1, 2, 7].

## II. ОБОБЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТА, ВРЕМЕНИ, МАСШТАБА ВОЗМОЖНОЙ КРИЗИСНОЙ СИТУАЦИИ

Алгоритм — 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 [8, 9, 10]. 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 на основе анализа геополитического процесса и его составных элементов при прогнозировании развития региональной кризисной ситуации различного характера (социального, экономического, политического и прочего). Указанный алгоритм базируется на основных принципах разработанных и подробно рассмотренных в работе. Свойства социально-геополитических процессов (СГПП) и его элементов определяют структуру алгоритма прогнозирования. В работах [2, 3, 7] кратко описаны алгоритмы прогнозирования международной обстановки 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 СГПП. Неоднородность контролируемого процесса огрубляет общую модель процесса, поэтому для каждого из элементов СГПП (базы событий) осуществляется построение своей более простой и точной модели. Для выявления основных типов реализации процесса необходимого 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. Это образы реализации наблюдаемого процесса соответствуют той или иной фазе СГПП для каждого из выявленных факторов осуществляется модели изменения процесса.

Применение социальной, экономической политической и другой информации с топологическим преобразованием стохастической сети (ТПСС) непосредственно для моделирования мерного процесса позволяет снизить размерность, улучшить адаптивные свойства модели, обусловленные задачи идентификации, а в конечном итоге повысить модели и прогноза оперативности. Использование принципов иерархического моделирования оптимальной дискретизации и восстановления пропущенных событий с различными частотами дискретизации осуществить фильтрацию и определить оптимальную частоту дискретизации. Общий алгоритм прогнозирования возможного возникновения КС предполагает использование следующих исходных данных [5, 6]:

- множество возможных районов возникновения КС  $R_{в.КС} = \{R_{в.КС1}, R_{в.КС2}, \dots, R_{в.КСn}\}$ ;
- множество эталонов событий  $S_{sob.э.т.} = \{s_{sob.э.т.1}, s_{sob.э.т.2} \dots s_{sob.э.т.n}\}$ ;
- множество наблюдаемых событий  $S_{sob.набл.} = \{s_{sob.набл.1}, s_{sob.набл.2} \dots s_{sob.набл.n}\}$ .

Составными элементами введенных множеств являются:

- эталоны временной продолжительности событий  $T_{sob.э.т.i}$ ;
- фактические времена продолжительности событий  $T_{sob.набл.i}$ .

При использовании классификационной матрицы необходимо уточнить объем признаков 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.

- эталоны событий  $S_{sob.э.т.i}$ ;
- фактические события  $S_{sob.набл.i}$ ;
- эталоны признаков событий  $S_{sob.э.т.ij}$ ;
- фактические признаков событий  $S_{sob.набл.ij}$ .
- требуемое количество событий  $N_{sob.тр.}$ ;
- полученное фактическое количество событий  $N_{sob.факт.}$ ;
- требуемое количество признаков событий  $N_{sob.тр.ij}$ .

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

- 1) Предварительное определение районов возможного возникновения КС  $R_{в.КС} = \{R_{в.КС1}, R_{в.КС2}, \dots, R_{в.КСn}\}$ .
- 2) Определение типов и количества необходимых  $S_{sob.необх.}$  и возможных  $S_{sob.возм.}$  событий и формирование их вербального описания.
- 3) Обоснование типов  $S_{sob.мин.}$  и достаточного количества признаков проявившихся событий  $S_{sob.дост.ij}$ .
- 4) Анализ выявленных событий  $S_{sob.набл.} = \{s_{sob.набл.1}, s_{sob.набл.2} \dots s_{sob.набл.n}\}$ .
- 5) Осуществление поиска признаков, пропущенных ранее событий в прогнозируемых временных интервалах  $T_{sob.набл.}$ .
- 6) Анализ найденных признаков  $S_{sob.набл.ij}$ .
- 7) Восстановление прошедшего события по его признакам  $\sum_{i=1}^n S_{sob.набл.ij} \leq \sum_{j=1}^m S_{sob.э.т.ij}$ .
- 8) Оценка событий и возможности выдачи прогноза по времени возможного возникновения КС по полной совокупности событий.

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

- 1) 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. Реализация СГПП для большинства факторов можно разделить на несколько различающихся типов, что говорит о неоднородности реализаций.

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.

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

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  $N_{\text{соб. сум. кол. пр.}} \leq N_{\text{соб. тр. кол. пр.}}$ . В противном случае осуществляется поиск пропущенных событий.

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

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

Аналогичные преобразования производятся для остальных ветвей сети:

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

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

$$Q_{\text{сстп}}^{\text{эт}}(s) = \frac{a_1 \cdot \rho}{(a_1 + s)(\rho + s)}$$

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

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

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

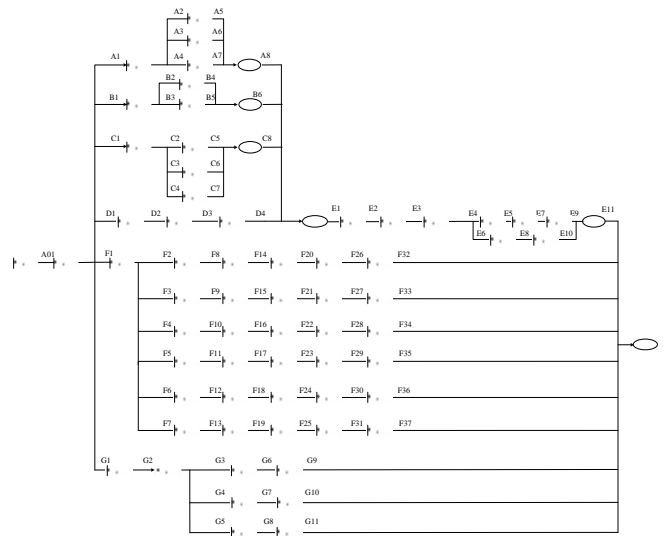


Рис. 1. Стохастическая сеть, отображающая эталонную последовательность событий по возникновению КПС

3) Прогнозирование развития процесса на заданный интервал упреждения  $T_{\text{соб.эт.и}}$  по построенным прогнозным моделям.

При краткосрочном прогнозировании событий осуществляется прогноз 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 фаз СГПП по начальным точкам текущего СГПП 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 СГПП 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 – нецелесообразно по причине использования временных окон различной продолжительности.

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

3.4. Определение прогнозного значения процесса развития КПС с частотой дискретизации измеренного процесса.

3.5. Сохранение полученных результатов прогнозирования.

### III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

4) Контроль полученных прогнозных значений функций распределения на временных интервалах. Основными показателями, характеризующими, являются:

- временной интервал прогноза за расчетный период (сутки, неделю, месяц, квартал, год);
- максимальное значение функций распределяется 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 подготовки к КС или выход за границы 2–5 % интервала от планового графика.

Если прогнозируется развитие КС, то, в соответствии со значениями эквивалентной функции, возможно рассчитать время, место, масштаб КС. При этом получают различные факторы, на которые необходимо обратить внимание для предотвращения его возникновения. Непосредственно, предварительно кризисный 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.

5) При поступлении новой информации о развитии СГПП 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 КС, 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 СГПП и его составных элементов. 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 подготовки КС подтвердили изложенные качества модели.

Данный алгоритм не является частным только для СГПП и его элементов, он может применяться к целому классу составных элементов политических 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, распределенных территориально.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Акаев А.А., Малков С.Ю., Геополитическая динамика: возможности логико-математического моделирования // Геополитика и безопасность 2009. №4 (8). Стр. 39-55.
- [2] Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М., Анализ временных рядов и прогнозирование. М.: Финансы и статистика, 2010. 320 с.
- [3] Боришполец К.П. Методы политических исследований. М.: Аспект Пресс, 2005, 215 с.
- [4] Дугин А.Г. Социология геополитических процессов. М: Международное «Евразийское движение», 2019, 356 с.
- [5] Колесов В.А. Модель политического процесса на основе аппроксимации аналитическими функциями // Сб. тр. ВКА им. А.Ф. Можайского. СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского. 2016. № 1 (650). Стр. 188–197.
- [6] Колесов В.А., Привалов А.А., Ачкасов Н.Б. Методика прогнозирования масштаба возникновения ВК. // Сборник трудов конференции НПО Спецматериалов, СПб.; НПО СМ, 2019, стр. 107-114.
- [7] Петухов А.Ю. Моделирование социальных и политических процессов. Нижний Новгород НГУ имени Лобачевского. 2015 г. 149 с.
- [8] Привалов А.А. Метод ТПСС и его использование для анализа систем связи ВМФ. СПб, ВМА им. Н.Г. Кузнецова, 2001, 168с.
- [9] Филлипс Д., Гарсиа-Диас А., Методы анализа сетей, М.: Мир, 1984. 496 с.
- [10] Цветков В.Я. Геоинформационные исследования при разработке прогнозов // Геодезия и картография. 2001. №7. С.41-44.