УДК 519.86 **DOI: 10.18413/2518-1092-2026-11-2-0-2**

Федоров М.В.
Королев В.А.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОЛИТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МНОГОПОТОЧНОСТИ

Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской Академии Наук,
Большой Каретный переулок, д.19 стр. 1., Москва, 127051, Россия

e-mail: korolev.va@iitp.ru

Аннотация
В статье рассматривается проблема анализа и прогнозирования состояний политической системы на основе теории многопоточности (Multiple Streams Framework) Джона Кингдона. Политическая безопасность определяется как состояние стабильности политической активности, границы которой определяются стабильным и турбулентным режимами. Для моделирования взаимодействия потоков проблем, политических решений и политических условий предлагается применение методов нечёткой логики, теории катастроф и теории перколяции. Каждый из методов позволяет анализировать различные аспекты политической динамики. Нечёткая логика позволяет моделировать процессы принятия решений в условиях неопределённости, теория катастроф позволяет исследовать политическое состояние в точках бифуркаций (окон возможностей), а перколяция позволяет изучать фазовые переходов в политической системе. Разработаны соответствующие математические модели, проведён их сравнительный анализ. Статья также вводит понятия «политической температуры» и «усталости системы», предлагая направления для дальнейших исследований.

Ключевые слова: политическая безопасность; теория многопоточности; окно возможностей; нечёткая логика; теория катастроф; перколяция; политическая турбулентность; системы поддержки принятия решений

Для цитирования: Федоров М.В., Королев В.А. Сравнительный анализ различных методов математического моделирования политической динамики на основе теории многопоточности // Научный результат. Информационные технологии. – Т.11, №2, 2026. – С. 14-25. DOI: 10.18413/2518-1092-2026-11-2-0-2

Fedorov M.V.
Korolev V.A.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT METHODS OF MATHEMATICAL MODELING OF POLITICAL DYNAMICS BASED ON THE MULTIPLE STREAMS FRAMEWORK

Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, Russian Academy of Sciences,
19 Bolshoy Karetny per., Moscow, 127051, Russia

e-mail: korolev.va@iitp.ru

Abstract
This article examines the problem of analyzing and forecasting the states of the political system based on John Kingdon’s Multiple Streams Framework. Political security is defined as a state of stability in political activity, the boundaries of which are determined by stable and turbulent regimes. To model the interaction among the problem stream, policy stream, and politics stream, the application of fuzzy logic, catastrophe theory, and percolation theory is proposed. Each of these methods enables the analysis of different aspects of political dynamics. Fuzzy logic allows for the modeling of decision-making processes under conditions of uncertainty; catastrophe theory facilitates the investigation of the political state at bifurcation points (policy windows); and percolation theory enables the study of phase transitions within the political system. Corresponding mathematical models are developed, and a comparative analysis of these models is conducted. The

article also introduces the concepts of "political temperature" and "system fatigue," outlining directions for further research.
Keywords: political security; Multiple Streams Framework; policy window; fuzzy logic; catastrophe theory; percolation; political turbulence; decision support systems
For citation: Fedorov M.V., Korolev V.A. Comparative Analysis of Different Methods of Mathematical Modeling of Political Dynamics Based on the Multiple Streams Framework // Research result. Information technologies. – T.11, №2, 2026. – P. 14-25. DOI: 10.18413/2518-1092-2026-11-2-0-2

ВВЕДЕНИЕ

Политические процессы характеризуются высокой степенью неопределённости и динамичности. Актуальной задачей является разработка инструментов, позволяющих анализировать и прогнозировать состояние политической системы для обеспечения её стабильности. В данной работе политическая безопасность понимается как состояние системы, обеспечиваемое комплексом мер, направленных на стабилизацию политической активности, границы которой определяются стабильным и турбулентным состояниями. Стабильное состояние характеризуется отсутствием среды для политической напряжённости, в то время как турбулентное состояние запускает поток проблем и усиливает напряжённость в обществе.

В качестве теоретической основы используется теория многопоточности (Multiple Streams Framework, MSF), разработанная Джоном Кингдоном [1]. Согласно этой теории, формирование политической повестки происходит в результате взаимодействия трёх независимых потоков: проблем (Problem Stream), политических решений (Policy Stream) и политических условий (Political Stream). Соединение элементов этих потоков в определённый момент времени создаёт «окно возможностей» (Policy Window) или точку бифуркации, которая может привести как к укреплению, так и к дестабилизации политической системы.

Целью данного исследования является разработка математической модели, позволяющей анализировать гетерогенные потоки данных для систем поддержки принятия политических решений. Для этого рассматриваются и сравниваются три математических аппарата: нечёткая логика, теория катастроф и теория перколяции. [2-6]

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА: ТЕОРИЯ МНОГОПОТОЧНОСТИ КИНГДОНА

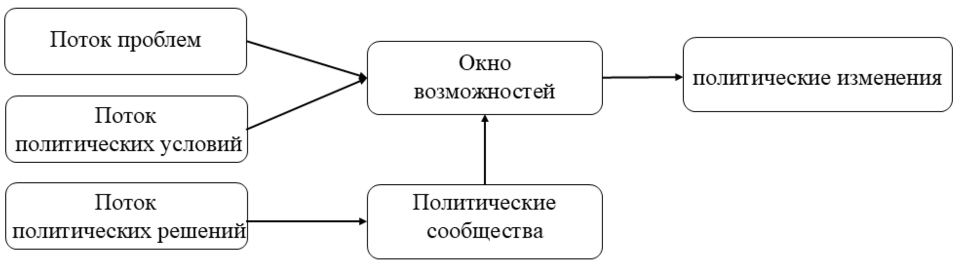

Рис. Общая схема теории сложных потоков
Fig. General scheme of the theory of complex flows

Теория Кингдона постулирует, что процесс формирования политики происходит в трёх потоках (см. рисунок):

1. Поток проблем (Problem Stream) представляет собой совокупность вопросов, воспринимаемых обществом и политическими акторами как требующие государственного реагирования. Формирование данного потока осуществляется под влиянием объективных индикаторов (статистические данные, отчеты), знаковых событий, а также обратной связи от реализации предыдущих политических курсов. Важно отметить, что Кингдон различает собственно

«проблемы», которые субъективно определяются как требующие решения, и «условия» – объективно существующие, но не получающие статуса проблем в публичной повестке.

2. Поток политических решений (Policy Stream) составляет совокупность идей, концепций и готовых проектов решений, разрабатываемых и продвигаемых сообществом экспертов, аналитиков, лоббистов и заинтересованных групп. Решения из этого потока циркулируют в так называемой «первичной политике», конкурируя между собой по критериям технической осуществимости, соответствия ценностям и приемлемости с точки зрения затрат.

3. Поток политических условий (Political Stream) формируется под воздействием факторов системного уровня: общенационального настроения, результатов выборов, идеологического состава законодательных органов, активности групп интересов. Данный поток характеризует общую политическую конъюнктуру, определяющую границы возможного в конкретный временной период.

Ключевую роль в соединении элементов этих потоков играют политические предприниматели (Policy Entrepreneurs), далее в работе мы будем называть их политическими сообществами – акторы, активно продвигающие определенные проблемы и решения в повестке дня. Их деятельность направлена на использование благоприятного стечения обстоятельств для легитимации своих предложений.

Совпадение элементов трех потоков, а именно (i) признания проблемы, (ii) наличия готового решения и (iii) благоприятной политической конъюнктуры приводит к открытию «окна возможностей». Это кратковременный период, когда вероятность значительных политических изменений многократно возрастает. В терминах синергетики, данное состояние системы идентифицируется как точка бифуркации, в которой малые воздействия могут привести к макроскопическим последствиям – как к стабилизации, так и к дестабилизации политического режима [5].

В условиях стабильной политической системы эти три потока функционируют в режиме рутинного управления, при котором возникающие проблемы решаются в рамках существующих институциональных процедур. Однако активизация политических сообществ, целенаправленно стремящихся к изменению приоритетов повестки дня, может нарушить данное равновесие. Их деятельность, направленная на переоценку значимости определенных явлений и искусственное соединение элементов потоков, является одним из ключевых факторов возникновения политической турбулентности.

Таким образом, задача математического моделирования в данном контексте заключается в формализации условий возникновения «окна возможностей», идентификации аномальных паттернов во взаимодействии потоков, вызванных целенаправленными действиями акторов, и разработке критериев дифференциации между нормальным и турбулентным состояниями политической системы.

2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

2.1. Моделирование на основе нечёткой логики

Для формализации процессов принятия решений в условиях неопределённости, характерных для политической сферы, предлагается применение математического аппарата нечёткой логики. Данный метод позволяет оперировать лингвистическими переменными и качественными оценками, что адекватно отражает природу политических процессов, характеризуемых высокой степенью субъективности и недостаточностью точных количественных данных. [4]

2.1.1 Формализация потоков как лингвистических переменных

В рамках модели каждый из трёх потоков теории Кингдона формализуется как лингвистическая переменная, значениями которой являются нечёткие множества.

Определение нечётких множеств

Каждый поток описывается нечёткими переменными, которые являются функциями принадлежности. Допустим поток проблем будет $P(x)$, поток политических решений $I(y)$, поток политических условий $C(z)$, $D(w)$ − состояние окна возможностей.

Поток проблем (P):

- $\mu_P(x)$– степень принадлежности проблемы *x* к множеству «важных проблем».
- Пример: «Высокая важность», «Средняя важность», «Низкая важность».

Поток политических решений (I):

- $\mu_I(y)$ – степень принадлежности решения *y* к множеству «готовых решений».
- Пример: «Высокая готовность», «Средняя готовность», «Низкая готовность».

Поток политических условий (C):

- $\mu_c(z)$– степень принадлежности политического условия *z* к множеству «благоприятных условий».
- Пример: «Высокая благоприятность», «Средняя благоприятность», «Низкая благоприятность».

Окно возможностей (W):

- $\mu_D(w)$ - степень принадлежности окна возможностей *o* к множеству «состояние окна».
- Пример: «Окно открыто», «Окно может открыться в скором времени», «Окно закрыто».

Нечёткие правила взаимодействия потоков

Опишем взаимодействие потоков с помощью нечётких правил, которые определяют, как сочетание проблем, политических решений и политических возможностей приводит к «окнам возможностей». Пример правил:

1. **ЕСЛИ** проблема «высокой важности» **И** решение «высокой готовности» **И** политика «высокой благоприятности», **ТО** окно возможностей «открыто».
2. **ЕСЛИ** проблема «средней важности» **И** решение «средней готовности» **И** политика «средней благоприятности», **ТО** окно возможностей «Окно может открыться в скором времени».
3. **ЕСЛИ** проблема «низкой важности» **ИЛИ** решение «низкой готовности» **ИЛИ** политика «низкой благоприятности», **ТО** окно возможностей «закрыто».

Эти правила можно записать в следующем виде:

$$R_i\text{: ЕСЛИ } \mu_P(x) = \mathrm{A}_i \text{ И } \mu_I(y) = B_i \text{ И } \mu_c(z) = \mathrm{C}_i \text{ ТО } \mu_W = D_i$$

где:

- A_i, B_i, C_i – нечёткие множества для проблем, решений и политики,
- D_i – нечёткое множество для окна возможностей,
- μ_W – степень принадлежности к окну возможностей.
- μ_P– степень принадлежности к множеству проблем.
- μ_I – степень принадлежности к множеству решения.
- μ_c – степень принадлежности к множеству политических условий.

Агрегация нечётких правил

Для каждого правила вычисляется степень активации (t-норма)

$$\alpha_i = min(\mu_P(x), \mu_s(y), \mu_c(z)).$$

Затем результаты всех правил агрегируются (s-норма)

$$\mu_w(w) = max(\alpha_1 * D_1(w), \alpha_2 * D_2(w), \dots, \alpha_n D_n(w)),$$

где *w* – степень открытость окна возможностей.

Дефаззификация

Чтобы получить чёткое значение для окна возможностей, необходимо выполнить дефаззификацию различными методами [7]. Например, можно использовать метод центра тяжести.

$$\boldsymbol{w}^* = \frac{\int \boldsymbol{w} * \mu_w(w)dw}{\int \mu_w(w)dw},$$

где $\boldsymbol{w}^*$ – чёткое значение степени открытости окна.

Определение функции принадлежности

Функции принадлежности для потока проблем P

Пусть x – степень важности проблемы от 0 до 10, определим три нечётких множества:
Низкая важность (A_1):

$$\mu_{\mathrm{A}_1}(x) = \begin{cases} 1 - \dfrac{x}{2}, & 0 \le x \le 2, \\ 0, & x > 2 \end{cases}$$

Средняя важность (A_2):

$$\mu_{\mathrm{A}_2}(x) = \begin{cases} \dfrac{x-1}{2}, \text{при} & 1 \le x \le 3 \\ \dfrac{7-x}{2}, & \text{при } 5 < x < 7 \\ 0, \text{ при } & x > 7 \\ 1, & \text{при } 5 < x \le 7 \end{cases}$$

Высокая важность (A_3):

$$\mu_{\mathrm{A}_3}(x) = \begin{cases} \dfrac{x-6}{2}, & 6 \le x \le 8 \\ 0, & x \le 6 \\ 1, & x > 8 \end{cases}$$

Функции принадлежности для потока решений I

Пусть y – степень важности проблемы от 0 до 10, определим три нечётких множества:
Низкая готовность (B_1):

$$\mu_{B_1}(y) = \begin{cases} 1 - \dfrac{y}{3}, & 0 \le x \le 3, \\ 0, & x > 3. \end{cases}$$

Средняя готовность (B_2):

$$\mu_{B_2}(y) = \begin{cases} \dfrac{y-2}{2}, \text{при} & 2 \le x \le 4 \\ \dfrac{8-y}{2}, & \text{при } 6 < x \le 8 \\ 0, \text{при } & x > 8 \\ 1, \text{при } & 4 < x \le 6 \end{cases}$$

Высокая готовность (B_3):

$$\mu_{B_3}(y) = \begin{cases} \dfrac{y-5}{3}, & 5 < y \le 8 \\ 0, & y \le 5 \\ 1, & y > 8 \end{cases}$$

Функции принадлежности для потока политических возможностей C

Пусть z – степень благоприятности политических возможностей от 0 до 10, определим три нечётких множества:
Низкая благоприятность (C_1):

$$\mu_{C_1}(z) = \begin{cases} 1 - \frac{z}{4}, & 0 \le z \le 4, \\ 0, & z > 4. \end{cases}$$

Средняя благоприятность (C_2):

$$\mu_{C_2}(z) = \begin{cases} \frac{z-3}{2}, \text{при } 3 \le z \le 5 \\ \frac{9-z}{2}, & \text{при } 7 < z < 9 \\ 0, \text{при } z > 9 \\ 1, \text{при } 5 < z \le 7 \end{cases}$$

Высокая благоприятность (C_3):

$$\mu_{C_3}(z) = \begin{cases} \frac{z-6}{2}, & 6 < z \le 8 \\ 0, & z \le 6 \\ 1, & z > 8 \end{cases}$$

Функции принадлежности для состояний окна возможностей W

Пусть w – степень открытости окна возможностей (например, от 0 до 1). Определим три нечётких множества:

Окно закрыто (D_1):

$$\mu_{D_1}(w) = \begin{cases} 1 - 5w, & 0 \le w \le 0.2, \\ 0, & z > 0{,}2. \end{cases}$$

Окно в скором времени может открыться (D_2):

$$\mu_{D_2}(w) = \begin{cases} 5w, \text{при } 0 \le w \le 0.2 \\ \frac{1-w}{0.4}, & \text{при } 0.6 < w \le 1 \\ 1, \text{при } 0.2 < w \le 0.6 \end{cases}$$

Окно открыто (D_3):

$$\mu_{D_3}(w) = \begin{cases} \frac{w-0.5}{0.3}, & 0.5 < z \le 0.8 \\ 0, & w \le 0.5 \\ 1, & w > 0.8 \end{cases}$$

Пример

Рассмотрим пример, чтобы понять, как работает наша модель. Предположим, что:

- Проблема имеет степень важности x=7.
- Решение имеет степень готовности y=6.
- Политика имеет степень благоприятности z=8.

Вычисление степени принадлежности:

1. **Для потока проблем:** $\mu_{A_1}(7) = 0$, $\mu_{A_2}(7) = 0$, $\mu_{A_3}(7) = 0.5$
2. **Для потока решений:** $\mu_{B_1}(6) = 0$, $\mu_{B_2}(6) = 1$, $\mu_{B_3}(6) = 0.33$
3. **Для потока политических условий:** $\mu_{C_1}(8) = 0$, $\mu_{C_2}(8) = 0.5$, $\mu_{C_3}(8) = 1$

Применение нечётких правил:

1. **ЕСЛИ** проблема «высокой важности» (A_3) **И** решение «высокой готовности» (B_3) **и** политика «высокой благоприятности» (C_3), **то** окно возможностей «Открыто» (D_3).

2. **ЕСЛИ** проблема «средней важности» (A_2) **И** решение «средней готовности» (B_2) **И** политика «средней благоприятности» (C_2), **ТО** окно возможностей «скоро откроется» (D_2).

3. **ЕСЛИ** проблема «низкой важности» (A_1) **ИЛИ** решение «низкой готовности» (B_1) **ИЛИ** политика «низкой благоприятности» (C_1), **ТО** окно возможностей «Закрыто» (D_1).

Вычисление степени активации для каждого правила, t-нормы и s-нормы.

Для правила 1

$$\alpha_1 = \min\left(\mu_{A_3}(7), \mu_{B_3}(6), \mu_{C_3}(8)\right) = \boldsymbol{min}(0.5{,}0.33{,}1) = 0.33$$

Для правила 2

$$\alpha_2 = \min(\mu_{A_2}(7), \mu_{B_2}(6), \mu_{C_2}(8)) = \boldsymbol{min}(0{,}1{,}0.5) = 0$$

Для правила 3

$$\alpha_3 = \max\left(\mu_{A_1}(7), \mu_{B_1}(6), \mu_{C_1}(8)\right) = \boldsymbol{max}(0{,}0{,}0) = 0$$

Агрегация результатов

Результаты правил агрегируются с использованием операции максимума:

$$\mu_W(w) = \max(\alpha_1 * D_3(w), \alpha_2 * D_2(w), \alpha_3 * D_1(w))$$

Подставляем наши значения:

$$\mu_W(w) = \max(0.33 * D_3(w), 0 * D_2(w), 0 * D_1(w)) = 0.33 * D_3(w)$$

Дефаззификация

Для дефаззификации используем метод центра тяжести, функция принадлежности для «Открыто» D_3 определена как:

$$\mu_{D_3}(w) = \begin{cases} \frac{w - 0.5}{0.3}, & 0.5 < z \le 0.8 \\ 0, & w \le 0.5 \\ 1, & w > 0.8 \end{cases}$$

Так как $\mu_W(w) = 0.33 * D_3(w)$, то функция принадлежности для окна возможностей:

$$\mu_{D_3}(w) = \begin{cases} 0.33 * \frac{w - 0.5}{0.3}, & 0.5 < z \le 0.8 \\ 0, & w \le 0.5 \\ 0.33, & w > 0.8 \end{cases}$$

Вычисление центра тяжести

$$\boldsymbol{w}^* = \frac{\int_{0.5}^{0.8} w * 0.33 * \frac{w-0.5}{0.3} dw + \int_{0.8}^{1} w * 0.33 dw}{\int_{0.5}^{0.8} 0.33 * \frac{w-0.5}{0.3} dw + \int_{0.8}^{1} 0.33 dw} = \frac{0.2243}{0.1155} \approx 1.94$$

Так как у нас значение от 0 до 1 включительно, то значение $\boldsymbol{w}^* = \mathbf{1}$, максимальная открытость.

2.2. Моделирование на основе теории катастроф

Для анализа критических переходов политической системы между качественно различными состояниями (стабильность – турбулентность) применяется математический аппарат теории катастроф. Данный метод позволяет исследовать поведение нелинейных динамических систем, в которых плавное изменение управляющих параметров может вызывать скачкообразные изменения состояния системы (катастрофы). [8]

2.2.1 Теоретико-катастрофическая интерпретация модели

В контексте данного исследования «окно возможностей» идентифицируется как точка бифуркации, то есть момента потери системой структурной устойчивости, когда её дальнейшая эволюция становится принципиально неоднозначной. Синергетический подход позволяет интерпретировать политическую систему как нелинейную среду, где малые воздействия в окрестности точек бифуркации могут привести к макроскопическим последствиям (аттракторам развития). [5,8]

Катастрофа – резкое изменение состояния системы, вызванное плавным изменением некоторых параметров системы.

Бифуркация – точка, в которой система переходит из одного состояние в другое.

Потенциальная функция – это функция, которая описывает изменение системы. Бифуркация – это точки, в которых потенциальная функция имеет особенности – экстремумы или разрывы.

В терминах теории катастроф, точка бифуркации в многопоточной системе Кингдона – это окно возможностей. Благодаря моделировании данным методом мы сможем проанализировать такие точки, где небольшие изменения в параметрах приводят к значительным изменениям в системе в целом. Эти окна могут быть интерпретированы как катастрофы, где система переходит из одного состояния (стабильность) в другое (турбулентность).

2.2.2 Формальная параметризация модели

Поведение системы описывается набором управляющих (внешних) параметров, соответствующих потокам Кингдона, и одной фазовой переменной, характеризующей состояние системы:

Определение параметров системы:

- Проблемы (P): Уровень важности проблемы (x).
- Политические решения (I): Готовность решений (y).
- Политические условия (C): Благоприятность условий (z).
- Окно возможностей (W): Состояние системы (стабильное или турбулентное).

Потенциальная функция:

- Потенциальная функция системы может быть определена как функция, зависящая от параметров P, I и C. Например:

$$V(x, y, z) = ax^2 + by^2 + cz^2 + dxy + exz + fyz,$$

где a, b, c, d, e, f – коэффициенты, определяющие взаимодействие потоков.

Как мы уже сказали, точки бифуркации возникают, когда потенциальная функция имеет особенности. Например, при определённых значениях параметров система может перейти из стабильного состояния в турбулентное.

В контексте политической системы, это может быть момент, когда проблема становится настолько важной, что требует немедленного решения, или когда политические условия становятся настолько благоприятными, что открывается окно возможностей.

Одной из наиболее распространённых моделей в теории катастроф является катастрофа типа «сборка». [5,8] Она описывает систему с двумя устойчивыми состояниями, между которыми может происходить резкий переход. В контексте политической системы, катастрофа «сборка» может быть использована для моделирования перехода между стабильным и турбулентным состояниями.

Уравнение катастрофы вида «сборка» $V(x) = \frac{1}{4}x^4 - \frac{1}{2}ax^2 - bx$, где x – состояние системы, a и b – параметры, определяющие поведение системы.

В нашем случае, можно говорить о том, что параметр a отражает уровень политической напряжённости, параметр b – уровень готовности решений. При низких значениях a и b система находится в стабильном состоянии.

При увеличении a (уровень напряжённости) система может резко перейти в турбулентное состояние, даже если b (готовность решений) изменяется плавно.

2.3. Моделирование на основе теории перколяции

Теория перколяции [3] изучает возникновение связных структур (кластеров) в случайных средах и моделирует фазовые переходы второго рода. Политическая система представляется в виде графа, где узлы – это акторы или события, а рёбра – связи между ними.

С точки зрения синергетики [5], теория перколяции является мощным инструментом для анализа фазовых переходов в сложных системах, где кооперативное поведение элементов приводит к макроскопическим изменениям. Малинецкий в монографии [5] отмечает, что такие переходы часто носят пороговый характер и могут быть интерпретированы как «точки обострения», в которых система переходит в качественно новое состояние. В политическом контексте это соответствует внезапному распространению протестных настроений или идей – формированию «гигантского кластера» общественного запроса, который система уже не может игнорировать. Это позволяет моделировать не только сам факт открытия «окна возможностей», но и скорость распространения турбулентности в политическом пространстве.

Математический метод перколяции позволяет моделировать фазовые переходы системы, при которых система приобретает качественно новые свойства при малом изменении параметров или иначе – позволяет моделировать процесс, при котором плавное изменение параметров системы приводит к скачкообразному изменению системы.

Фазовые переходы

Как было сказано выше, в терминах термодинамики, теория перколяции рассматривает фазовые переходы второго рода, поскольку фазовый переход первого рода предполагает переход системы из одного агрегатного состояния в другое, к примеру – замерзание воды, плавление металла и прочее. [3] Согласно принятым определениям, фазовый переход первого порядка – равновесный переход вещества из одной фазы в другую, в котором скачкообразно изменяются первые производные функции по температуре и давлению.

Фазовый переход второго рода не предполагает изменения агрегатного состояния системы, а только внутренних свойств, к примеру, переход металлов и сплавов в состояние сверхпроводимости, переход парамагнетик-ферромагнетик. Фазовый переход второго порядка – это такой переход, при котором вторые производные термодинамических потенциалов по давлению и температуре изменяются скачкообразно.

Основные понятия

Как правило такую систему описывают либо как решетку, либо как граф $G=(V,E)$, где V – множество вершин(узлов), а E – множество ребёр (связей)

Такая система имеет порог перколяции – это такая вероятность p_c при которой возникает бесконечный кластер, иначе «система протекает».

- При $p<p_c$ – только изолированные кластеры.
- При $p>p_c$ – возникает гигантский связный кластер.

Кластер – это связный подграф, с математической точки зрения это связанное подмножество всех вершин решётки.

К примеру, разберём модель лесного пожара, таким образом у нас получается:

Модель: Рёберная перколяция на квадратной решётке.

Параметры:

- p – вероятность того, что участок леса не выгорел.
- p_c≈0.5927 (для квадратной решётки).

Сценарий:

- При $p<p_c$ огонь гаснет, не охватив весь лес.
- При $p>p_c$ пожар охватывает бесконечную область.

3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Нечёткая логика, теория катастроф и перколяция дополняют друг друга: первая описывает процессы принятия решений в условиях неопределённости, вторая – критические точки развития, третья – механизмы распространения изменений. Комплексное использование этих методов позволяет перейти от описания отдельных феноменов к построению прогнозных моделей, способных учитывать нелинейность и многоуровневость политических процессов.

В таблице представлено сравнение рассмотренных методов по ключевым критериям.

Таблица

Сравнительный анализ математических моделей для теории Кингдона

Table

Comparative analysis of mathematical models for Kingdon's theory

Критерий	**Метод нечёткой логики**	**Теория катастроф**	**Теория перколяции**
Тип данных	Работает с нечёткими данными	Требует точные количественные данные	Работает с вероятностными и сеточными данными
Динамика системы	Подходит для анализа взаимодействия потоков	Подходит для анализа резких изменений (бифуркаций)	Подходит для анализа фазовых переходов и распространения турбулентности
Окно возможностей	Моделируется через нечёткие правила	Моделируется поведении системы в точке бифуркации	Моделируется как момент достижения порога перколяции, когда возникает «гигантский кластер» проблемы или недовольства
Гибкость	**Высокая**. Позволяет легко добавлять новые лингвистические переменные и правила	**Средняя**. Зависит от выбранного типа катастрофы; сложно масштабировать на более чем 2-3 управляющих параметра	**Высокая** Позволяет моделировать системы с разной топологией (решётки, случайные графы, масштабно-свободные сети)
Применимость	Подходит для анализа процессов принятия решений	Подходит для анализа кризисов и переходов между состояниями	Подходит для анализа устойчивости системы к каскадным процессам (распространение протестов, информационных кампаний)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ДАЛЬНЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе проведён анализ возможности применения трёх математических аппаратов нечёткой логики, теории катастроф и теории перколяции для моделирования политических процессов в рамках теории Кингдона. Каждый из методов имеет свою нишу:

- Нечёткая логика эффективна для моделирования процессов принятия решений в условиях неопределённости.
- Теория катастроф позволяет анализировать критические точки (бифуркации) в развитии политической системы.

- Теория перколяции даёт инструментарий для оценки устойчивости системы к распространению турбулентности.

Для создания комплексной системы поддержки принятия решений целесообразно комбинирование этих подходов. В качестве направлений для дальнейших исследований предлагается:

1. Формализация понятий «политическая температура» и «усталость политической системы» по аналогии с материаловедением.
2. Выявление и классификация атрибутов политической турбулентности (демография, экономические показатели, медиа-активность и др.).
3. Разработка интегральной модели, сочетающей сильные стороны рассмотренных методов для многомасштабного анализа (от локального до национального уровня).

Перспективным направлением является разработка вычислительных моделей политической динамики, позволяющих проводить эксперименты в виртуальной среде, что включает в себя:

- Анализ сценариев развития политической системы при варьировании ключевых параметров («политической температуры», уровня напряжённости, активности медиа).
- Идентификация аттракторов – устойчивых состояний системы, к которым она стремится вернуться после возмущений.
- Моделирование нелинейных обратных связей, усиливающих или ослабляющих политическую турбулентность.

Такой подход позволит не только прогнозировать кризисы, но и оценивать эффективность управляющих воздействий, направленных на стабилизацию системы.

Список литературы

1. Kingdon J.W. Agendas, Alternatives, and Public Policies. – Boston: Little, Brown, 1984. – 240 p.
2. Thom R. Structural Stability and Morphogenesis: An Outline of a General Theory of Models / Translated by D.H. Fowler. – Reading, Mass.: W.A. Benjamin, 1975. – 348 p.
3. Меньшиков М.В., Молчанов С.А., Сидоренко А.Ф. Теория перколяции и некоторые приложения // Итоги науки и техники. Сер. Теор. вероятн. Мат. статист. Теор. кибернет. – 1986. – Т. 24. – С. 53–110.
4. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений. – М.: Мир, 1976. – 168 с.
5. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. – 6-е изд. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 312 с.
6. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат, А. Г. Подвесовский, Ю. В. Тюменцев. – 3-е изд. (эл.). – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 801 с. – (Адаптивные и интеллектуальные системы).
7. Демидова Г.Л., Лукичев Д.В. Регуляторы на основе нечеткой логики в системах управления техническими объектами. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 81 с.
8. Арнольд В.И. Теория катастроф, Москва, «Наука», 1990. – 128 с.

References

1. Kingdon J.W. Agendas, Alternatives, and Public Policies. – Boston: Little, Brown, 1984. – 240 p.
2. Thom R. Structural Stability and Morphogenesis: An Outline of a General Theory of Models / Translated by D.H. Fowler. – Reading, Mass.: W.A. Benjamin, 1975. – 348 p.
3. Menshikov M.V., Molchanov S.A., Sidorenko A.F. Percolation Theory and Some Applications // Itogi Nauki i Tekhniki. Ser. Teor. Veroyatn. Mat. Stat. Teor. Kibernet. – 1986. Vol. 24, pp. 53–110.
4. Zadeh L.A. The Concept of a Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning. – M.: Mir, 1976. – 168 p.
5. Malinetsky G.G. Mathematical Foundations of Synergetics: Chaos, Structures, Computational Experiment, 6th ed. Moscow: LIBROKOM Publishing House, 2009. – 312 p.
6. Pegat A. Fuzzy Modeling and Control / A. Pegat, A.G. Podvesovsky, Yu.V. Tyumentsev. – 3rd ed. (el.). – M.: Binom. Laboratory of knowledge, 2015. – 801 p. – (Adaptive and intelligent systems).
7. Demidova G.L., Lukichev D.V. Fuzzy Logic Controllers in Technical Object Control Systems. – St. Petersburg: ITMO University, 2017. – 81 p.
8. Arnold V.I. Catastrophe Theory. Moscow: Nauka, 1990. – 128 p.

Федоров Максим Валериевич, доктор химических наук, член-корреспондент РАН, и.о. директора, Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской Академии Наук, г. Москва, Россия
Королев Всеволод Алексеевич, аспирант, Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской Академии Наук, г. Москва, Россия

Fedorov Maxim Valerievich, Doctor of Chemical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Acting Director, Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
Korolev Vsevolod Alekseyevich, Postgraduate Student, Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia