

Михалев Данил Алексеевич

аспирант, преподаватель

Набережночелнинский институт (филиал)

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

г. Набережные Челны, Республика Татарстан

БАЙЕСОВСКИЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ УГРОЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ СУВЕРЕНИТЕТУ В СИСТЕМЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

***Аннотация:** в статье обосновывается применение байесовского подхода для прогнозирования угроз технологическому суверенитету в системе экономической безопасности. В качестве перспективного инструмента предлагается использование динамических байесовских сетей с непрерывными переменными. Предложенный подход обеспечивает большую робастность прогнозов в условиях стрессов и структурных сдвигов по сравнению с частотными методами. Полученные результаты подтверждают перспективность динамических байесовских сетей для обоснования стратегических решений по обеспечению экономической безопасности и технологического суверенитета.*

***Ключевые слова:** байесовские сети, технологический суверенитет, экономическая безопасность, прогнозирование, неопределенность, экономические шоки.*

Развивая в экономической науке байесовский подход к прогнозированию угроз технологическому суверенитету в системе экономической безопасности, целесообразнее использовать динамические байесовские сети. В рамках экономической теории они позволят учитывать временную динамику экономических процессов, инерцию технологических изменений и запаздывающие эффекты от объема инвестиций в экономику, государственной политики, а также накопление рисков под влиянием внешних и внутренних шоков. Как отмечает О.Г. Алешина, экономические шоки представляют собой «разрушение структурных связей» в системе, приводящее к необходимости поиска нового равновесия, и их анализ

требует учета как экзогенных, так и эндогенных факторов [1, с. 40]. Динамические байесовские сети представляют для этих целей эффективный вероятностный инструментарий.

Они строятся как последовательность временных срезов, где каждый срез – это состояние показателей в определенный момент времени, а межвременные дуги показывают, как прошлые значения влияют на будущие. Это соответствует базовым принципам байесовской методологии: априорные представления об экономических связях обновляются новой информацией с помощью теоремы Байеса, формируя более точные апостериорные оценки. Л.С. Звягин подчеркивает, что «главным отличием байесовской методологии от различных других подходов является то, что исследователь еще до получения необходимых данных определяет уровень доверия к возможным моделям и затем представляет эту модель в виде определенных вероятностей. Затем, используя теорему Байеса, исследователь находит еще одну совокупность вероятностей, являющихся пересмотренными уровнями доверия к возможным моделям, при этом учитывая новую полученную исследователем информацию [3, с. 30]. Аналогичный механизм обновления вероятностей на основе априорных знаний и поступающих данных применяется в современных экономических прогнозах [4, с. 181].

Развивая идеи предыдущих исследований [2], постепенно направляясь к нужному результату отметим, что при моделировании угроз технологическому суверенитету в системе экономической безопасности целесообразно использовать байесовские сети с непрерывными переменными. В этом случае каждая величина описывается нормальным распределением, а зависимость между узлами сети может быть представлена в виде линейной регрессии (1):

$$X_i = \beta_{i0} + \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_j + \varepsilon_i, \quad (1)$$

где X_i – исследуемый показатель технологического развития, β_{ij} – коэффициенты влияния родительских узлов, а ε_i – случайная ошибка, имеющая нормальное распределение с математическим ожиданием равным нулю и дисперсией σ_i^2

В динамическом варианте модели указанное уравнение дополняется межвременными срезами (2):

$$X_i^{(t)} = \beta_0 + \sum_j \beta_j X_j^{(t)} + \sum_k \gamma_k X_k^{(t-1)} + \varepsilon_i^{(t)}, \quad (2)$$

коэффициенты γ_k показывают силу влияния предыдущих периодов. Благодаря этому сеть учитывает важные экономические эффекты, например, высокую импортозависимость, то есть настоящий уровень во многом определяется предыдущими периодами и накопленными технологиями и созданными цепочками поставок; запаздывающий эффект инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (далее – НИОКР), в этом случае результаты финансирования проявляются с существенной задержкой во времени от 3 до 7 лет в минимальной перспективе; постепенное накопление позитивных или негативных изменений в уровне технологического суверенитета. Необходимо также обозначить узлы сети: санкционные ограничения (ВС), уровень импортозависимости по критическим технологиям (ИЗ), объем и эффективность инвестиций в НИОКР (ИНИОКР), квалификация кадров в высокотехнологичных секторах экономики (КК), доля отечественных разработок (ДОТ), интегральный уровень технологического суверенитета (ТС) и экономической безопасности (ЭБ).

Механизм функционирования модели включает несколько последовательных стадий. Сначала формируются априорные распределения параметров ($\beta \gamma \sigma^2$) на основе данных статистики, экспертных оценок и результатов исследований. Далее строится начальная сеть V_0 для момента $t = 0$ и переходная сеть V -вектор, описывающая условные зависимости между временными срезами. При поступлении новой информации или данных, например, ежеквартальной статистики, сведений о новых санкциях или достигнутых результатов по НИОКР происходит байесовское обновление апостериорных распределений всех зависимых узлов (рис. 1).

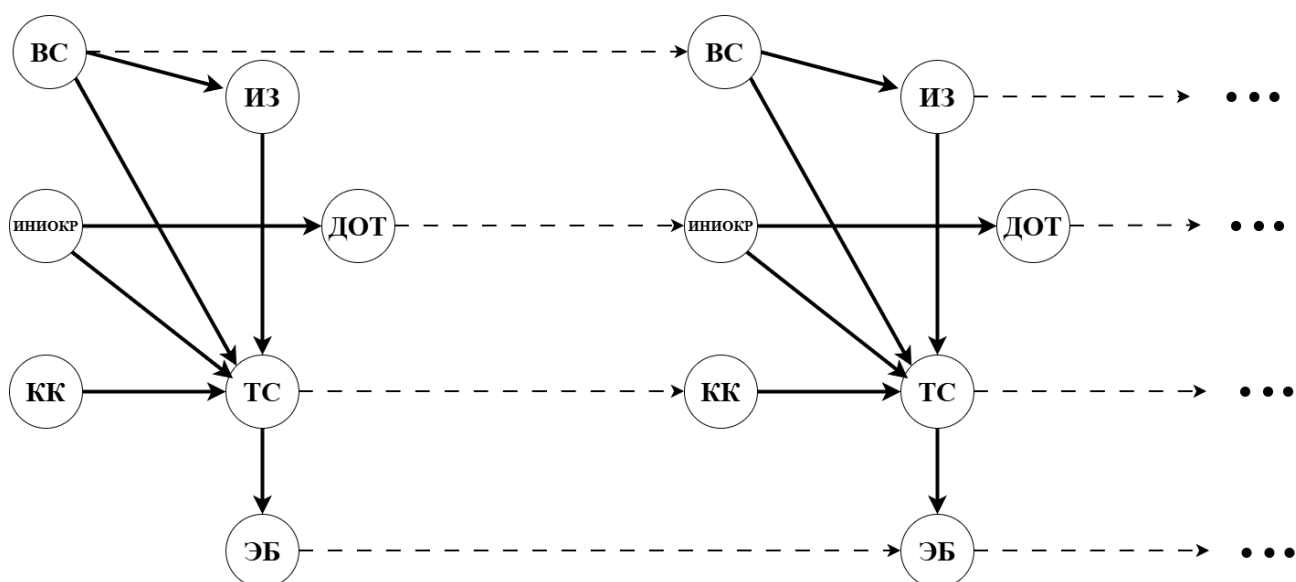


Рис. 1. Байесовская сеть прогнозирования угроз технологического суверенитета в системе экономической безопасности

Как отмечает группа исследователей, байесовские методы дают возможность «обновлять...апостериорные значения параметров...основываясь на априорном распределении вероятностей и исходов из новых данных» [4, с. 181].

Преимущества динамических байесовских сетей в экономическом анализе заключается прежде всего в естественной работе с неопределенностью, характерной для процессов обновления технологических укладов и протекающих геополитических противостояний. Модель позволяет учитывать системные риски и корреляционные каскады, демонстрируя большую робастность по сравнению с частотными методами максимального правдоподобия. М.Г. Успаева и А.М. Гачаев отмечают, что в условия стрессов и структурных сдвигов байесовские оценки «обладают большей устойчивостью и лучше отражают системный характер риска» [6, с. 340]. Кроме того, динамический подход поддерживает сценарное моделирование долгосрочных последствий экономической политики [5].

Несмотря на очевидные преимущества, применение динамических байесовских сетей имеет определенные недостатки. К их числу относится необходимость экспертного подтверждения структуры сети и условных зависимостей, а также вычислительная сложность при большом числе узлов и длительном горизонте прогнозирования. Однако эти ограничения преодолеваются путем

комбинирования статистических данных с экспертными оценками, использования современных алгоритмов МСМС (Гиббса и Метрополиса-Гастингса) [6, с. 339].

Таким образом, внедрение динамических байесовских сетей позволяет повысить обоснованность стратегических решений в сфере экономической безопасности и технологического суверенитета, открывая перспективы создания нового пригодного для данных целей инструментария, и гармонично дополняя существующие модели, усиливая их вероятностный и динамических компонент в условиях неопределенности.

Список литературы

1. Алешина О.Г. Внешние и внутренние шоки в экономике: методология / О.Г. Алешина // Экономика и управление инновациями. – 2022. – №2 (21). – С. 39–60. – DOI 10.26730/2587-5574-2022-2-39-60. – EDN LTMRUU
2. Ваславская И.Ю. Совершенствование инструментария обеспечения технологического суверенитета в условиях роста системных угроз / И.Ю. Ваславская, Д.А. Михалев // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2026. – №1. – С. 5–10. – DOI 10.17513/vaael.4459. – EDN TZANNC
3. Звягин Л.С. Метод байесовских сетей и ключевые аспекты байесовского моделирования / Л.С. Звягин // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2019. – Т. 1. – С. 30–34. – EDN VYDMBX.
4. Зибирев О.Н. Байесовские методы в экономическом прогнозировании / О.Н. Зибирев, А.В. Шутко, С.Г. Руднев // Индустриальная экономика. – 2023. – №6. – С. 180–186. – DOI 10.47576/2949-1886_2023_6_180. – EDN MOYUFO
5. Карева Д.Е. Будущее российской экономики глазами «отцов» и «детей». Взгляд второй / Д.Е. Карева, В.В. Шмат // ЭКО. – 2015. – №12 (498). – С. 45–65. – EDN UYXEFN
6. Успаева М.Г. Байесовские и частотные подходы к калибровке структурных моделей кредитного риска с учетом редких дефолтных событий и корреляционных каскадов в финансовых сетях / М.Г. Успаева, А.М. Гачаев // Экономика:

вчера, сегодня, завтра. – 2025. – Т. 15, №11–1. – С. 339–349. – DOI
10.34670/AR.2026.19.92.049. – EDN JWYRQF