

УДК 33

DOI: 10.34670/AR.2022.23.55.026

## Цифровая поддержка принятия бизнес-решений при стохастических изменениях внешней среды

**Тарарин Игорь Михайлович**

Кандидат технических наук, старший преподаватель,  
кафедра математики и информатики,  
Государственный университет управления,  
109542, Российская Федерация, Москва, Рязанский просп., 99;  
e-mail: im\_tararin@guu.ru

### Аннотация

Проблемы кризисов в мировой экономике, их причины, динамика и способы преодоления занимают значительное место в экономической теории уже давно. Хорошо изучены циклические процессы, когда периоды экономического роста чередуются со спадами с различной периодичностью. У циклических кризисов, кроме очевидных негативных последствий, существуют определенные плюсы. Возникают новые методы и подходы к управлению, замещаются устаревшие технологии, пересматривается система принятия решений и методы регулирования экономики. В принципе, можно считать последовательность циклических кризисов плавным переходом от одного состояния равновесия в экономике к другому. В статье рассмотрены методы преодоления кризисов, возникающих из-за внезапного прекращения снабжения компании ресурсами или услугами, ключевыми для ее функционирования. Приведены примеры кризисов, возникновение и продолжительность которых невозможно прогнозировать. Предложен метод минимизации потерь и возвращения к оптимальному режиму с учетом отсутствия информации о возможной продолжительности возникшего кризиса. Рассмотрены возможности и алгоритм работы системы с элементами искусственного интеллекта для наиболее оптимального выхода из кризисного положения и прогнозирования возможных управленческих решений при возникновении подобных кризисных ситуаций в будущем. На основе алгоритма выхода из наступившего кризиса предложен подход прогнозированию направления развития компании в стабильной ситуации.

### Для цитирования в научных исследованиях

Тарарин И.М. Цифровая поддержка принятия бизнес-решений при стохастических изменениях внешней среды // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2022. Том 12. № 3А. С. 223-231. DOI: 10.34670/AR.2022.23.55.026

### Ключевые слова

Кризисное управление, управление поставками, прогнозирование, интеллектуальные системы, экономика.

## Введение

Проблемы кризисов в мировой экономике, их причины, динамика и способы преодоления занимают значительное место в экономической теории уже давно. Хорошо изучены циклические процессы, когда периоды экономического роста чередуются со спадами с различной периодичностью [Воскобойников и др., 2021; Полуниин, Юданов, 2020].

У циклических кризисов, кроме очевидных негативных последствий, существуют определенные плюсы. Возникают новые методы и подходы к управлению, замещаются устаревшие технологии, пересматривается система принятия решений и методы регулирования экономики [Кутернин, 2017; Полбин, Синельников-Мурылев, Трунин, 2020]. В принципе, можно считать последовательность циклических кризисов плавным переходом от одного состояния равновесия в экономике к другому [Коноплев, 2020].

В современном глобальном мире некоторые кризисы, например, сельскохозяйственные, становятся менее заметны, но вместе с этим некоторые явления приобретают мировой характер. Например, «финансовый пузырь» в США привел к мировому кризису 2007-2009 годов.

Из внезапных кризисов последнего времени можно вспомнить ситуации карантинных ограничений. Например, город Ухань, где был объявлен первый в мире карантин, является одним из крупнейших транспортных центров КНР. Он является ключевым узлом снабжения китайской тяжелой промышленности, крупнейшим контейнерным терминалом река-море. При объявлении жесткого карантина остановились все погрузочные работы, потребители не снабжались ресурсами, производители не могли получить обратно пустые контейнеры. Это привело к эффекту «домино», и никто не мог предположить, сколько времени будет продолжаться такое положение [Филина, 2020; Левицкая, Замковой, Строков, 2019].

Похожая ситуация возникла совсем недавно, при аварии контейнеровоза «Эвер Гивен» в Суэцком канале. Было заблокировано движение танкеров в обе стороны (и с нефтью, и пустых), в следствии чего через неделю цены на перевозку нефти выросли в два раза. При этом все время поступали противоречивые сведения о возможной продолжительности блокировки канала.

Были использованы элементы теорий микро и макроэкономики, управления рисками. Также применялись данные экономической теории о коротких и длинных циклах развития. Предложен метод анализа на основе алгоритма ветвящихся вычислений. Рассматриваемый план поставки ресурсов представляет собой линейная дискретная модель с конечным числом состояний. Подобные модели оптимизируются с помощью симплекс-метода или его модификаций. Кроме того, использованы методы математического анализа, линейной алгебры и принятия оптимальных решений.

## Основная часть

Рассмотрим случай использования рамках отдельно взятой компании  $n$  поставщиков одинакового (или без дополнительных затрат взаимозаменяемого ресурса или услуги). Пусть вектор  $A_0$  размером  $n \times 1$  содержит фиксированные в некоторый момент времени возможные объемы поставок ресурса из каждого источника. Вектор цен  $B_0$  размером  $n \times 1$  содержит стоимость использования ресурса из каждого источника.

$$A_0^T = (a_1; a_2 \dots a_n);$$

$$B_0^T = (b_1; b_2 \dots b_n).$$

Обычно из всех поставщиков можно выделить одного, с наилучшими условиями для потребителя. Для определенности присвоим ему первый номер. Из альтернативных источников поставка не осуществляется. В таких условиях компания будет более уязвима в случае кризисов, но, как правило, она будет иметь особые условия у поставщика – скидки за объем, программы лояльности и т.п. Кроме того, в некоторых случаях поставка из нескольких источников физически невозможна, например, при использовании транспортной авиации или морских перевозок.

$$A^T = (a_1; 0; 0 \dots 0);$$

$$B^T = (b_1; 0; 0 \dots 0).$$

При нормальном устойчивом режиме функционирования модели ресурс поставляется и используется примерно в одинаковых, стабильных во времени условиях, т.е.

$$\frac{a_1(t+1) \cdot b_1(t+1)}{a_1(t) \cdot b_1(t)} \rightarrow 1.$$

Процессы развития или спада активности на рынке рассматривать не будем, из-за их растянутости во времени.

В какой-то случайный момент времени поставка ресурса становится невозможна. И неизвестно, через какое время поставки возобновятся с оптимальными и устойчивыми условиями. В последнее время известно много примеров аварий, санкционных ограничений, непредсказуемых политических и экономических решений, приведших либо к перекрытию транспортных потоков, либо к запрету взаимодействия с конкретными компаниями или государствами.

Для обеспечения функционирования нужно одновременно решить две задачи:

$$1) \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^N a_i(t+j) = N \cdot a_1$$

Это условие сохранения объема полученных ресурсов за время кризиса. Будем предполагать, что длительность кризиса составит  $N$  циклов, но их точное количество заранее неизвестно. Более того, это количество может часто меняться в процессе устранения аварий или под воздействием политических решений.

$$2) \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^N a_i(t+j) \cdot b_i(t+j) \rightarrow \min$$

Второе условие очевидно – минимизация издержек получения ресурсов.

В условиях внезапно возникшего кризиса компания вынужденно пересматривает условия обеспечения своего функционирования. Приходится использовать все возможные источники поставок, не обращая внимания на то, что это непременно нарушит их оптимальный режим.

$$A = \begin{pmatrix} 0 & a_1^*(t+1) & \dots & a_1^*(N-1) & a_1 \\ a_2(t) & a_2(t+1) & \dots & \dots & 0 \\ a_3(t) & a_3(t+1) & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ a_n(t) & a_n(t+1) & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix};$$

$$B = \begin{pmatrix} 0 & b_1^*(t+1) & \dots & b_1^*(N-1) & b_1 \\ b_2(t) & b_2(t+1) & \dots & \dots & 0 \\ b_3(t) & b_3(t+1) & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ b_n(t) & b_n(t+1) & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

В этих матрицах значения  $a_1^*(t+j)$  это возможные поставки из оптимального ранее источника, но в меньших количествах, или с более высокими затратами  $b_1^*(t+j)$ .

Необходимо составить план поставки ресурсов на  $N$  циклов вперед, используя все возможные источники. Данный план должен корректироваться при поступлении информации о продолжительности кризиса и о возможностях поставщиков. Проводить такую корректировку в ручном режиме скорее всего невозможно, т.к. объем и скорость поступающей информации слишком велики.

При практически неограниченном списке поставщиков, множестве вариантов маршрутов и большом количестве шагов  $N$  можно применять численные методы дискретной оптимизации [Горский, 2019].

Для выхода из кризисной ситуации с наименьшими потерями требуется использовать алгоритмы и программы с элементами искусственного интеллекта. При большом, практически неограниченном, количестве альтернативных поставщиков, можно очень быстро выбрать из них наиболее надежного (но не оптимального) на время кризиса.

Проверяя отношения

$$\left| \frac{a_{i_0}(t+1) \cdot b_{i_0}(t+1)}{a_{i_0}(t) \cdot b_{i_0}(t)} - 1 \right| < \varepsilon_{i_0},$$

где  $\varepsilon$  – положительная величина, которую, по возможности, можно минимизировать, несмотря на значительный объем постоянно изменяющихся условий. В последовательности  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_{i_0}, \dots$  программа с элементами ИИ ищет все более и более близкую к нулю абсолютную

погрешность отклонения искомой дроби от единицы. Скорость и надежность, с которой интеллектуальная система способна выполнять перестановку всех возможных вариантов массива исходных данных может максимально приблизить модель к оптимальному значению векторов

$$A^T = (a_1; 0; 0 \dots 0),$$

$$B^T = (b_1; 0; 0 \dots 0).$$

При этом компоненты  $a_1$  и  $b_1$  должны передвигаться по массивам вниз, сохраняя при этом коллинеарность данных. Обучаемость системы при этом должна заключаться в анализе и отсеке условий, которые не способны улучшить критерий оптимальности модели. «Понимание» системой, какие из предложений от поставщиков не приведут к желаемым результатам, и, следовательно, исключение их из перебора, существенно сократит объем вычислений и повысит скорость принятия решений. Кроме того, пакеты интеллектуальных программ способны оперативно работать с закодированной или неявной информацией о поставщиках.

Можно рассмотреть случай, когда элементами вектора-столбца  $A_0 = (a_1; a_2 \dots a_n)^T$  будут не объемы поставок, а стратегии поведения при возникновении кризиса. Например, в рассмотренной выше ситуации с блокировкой Суэцкого канала, очевидны для покупателей нефти следующие варианты:  $a_1$  - ждать завершения кризиса, ничего не предпринимая,  $a_2$  - сократить объем производства,  $a_3$  - повысить цены, тем самым уменьшив спрос,  $a_4$  - провести танкеры другим маршрутом, и т.д. [Silaev et al, 2020]. При этом вектор-столбец  $B_0 = (b_1; b_2 \dots b_n)^T$  будет содержать убытки при выборе конкретной стратегии поведения или их комбинации. Метод анализа при такой постановке задачи не изменится. Изменится только критерий оптимальности

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^N a_i(t+j) \cdot b_i(t+j) \rightarrow \min$$

так как теперь  $a_i$  не являются количествами ресурса. В этом случае потребуется обеспечить условие

$$\min_i \left\{ \sum_{j=0}^N b_i(t+j) \right\},$$

что позволить выбрать одну из возможных стратегий с наименьшими убытками [Данилов, Пивоваров, Давыдов, 2020].

Можно также совместно рассмотреть варианты стратегий с убытками от их применения на  $N$  шагов кризиса. В этом случае возникает матрица  $R$ :

$$R = \begin{pmatrix} 0 & r_1(t+1) & \dots & r_1(N-1) & r_1 \\ r_2(t) & r_2(t+1) & \dots & \dots & 0 \\ r_3(t) & r_3(t+1) & \dots & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \\ r_n(t) & r_n(t+1) & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix},$$

где  $r_i$  - риск использования стратегии поведения, определяемый величиной убытков в течении времени [1]. В этом случае можно выбрать стратегию (или их комбинацию) с помощью методов анализа матричных игр в условиях полной неопределенности.

В перспективе экспертные оценки узких специалистов будут вытесняться программными продуктами с элементами ИИ. Длинные списки (матрицы) фактической информации о поставщиках, с системой перекрестных ссылок, с помощью систем с элементами ИИ можно анализировать методами имитационного моделирования или с помощью обучаемых нейронных сетей [Губарева, 2020]. Также интеллектуальная система способна проверять информацию, представленную в матрицах  $A$  и  $B$  на надежность. На основе алгоритмов разветвляющихся вычислений можно оценить, в какой момент времени поставка ресурсов от конкретного поставщика становится затруднительна, и с каким другим поставщиком следует продолжить работу.

Наряду с анализом входных данных (матриц  $A$  и  $B$ ) для системы искусственного интеллекта возможно разработать модель «прогнозирования предпочтений». Поставляемым товарам или услугам можно поставить в соответствие их «рейтинги», и оценивать надежность поставщиков по ним. Такой подход позволит выполнить плавный, без резких финансовых затрат (или потерь) переход к более перспективному поставщику или выход на рынок с новыми услугами.

Предложенный подход к анализу поведения в кризисных ситуациях может использоваться и в других случаях. Например, в случае модернизации производства или обновления технологического оборудования, можно оптимизировать длительность этого периода  $N$ . В этом случае значениями  $a_i$  будут доли нового оборудования

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_1(t+1) & \dots & a_1(N-1) & 0 \\ 0 & a_2(t+1) & \dots & \dots & a_2(N) \\ 0 & a_3(t+1) & \dots & \dots & a_3(N) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & a_n(t+1) & \dots & \dots & a_n(N) \end{pmatrix},$$

при условии  $\sum_{i=2}^n a_i(N) = 1$  и критерии оптимальности

$$\sum_{i=2}^n \sum_{j=0}^N a_i(t+j) \cdot b_j(t+j) \rightarrow \max$$

где  $b_j$  - эффективность новых технологий.

### Заключение

В статье рассмотрены методы преодоления кризисов, возникающих из-за внезапного прекращения снабжения компании ресурсами или услугами, ключевыми для ее функционирования. Приведены примеры кризисов, возникновение и продолжительность которых невозможно прогнозировать. Предложен метод минимизации потерь и возвращения к оптимальному режиму с учетом отсутствия информации о возможной продолжительности возникшего кризиса. Рассмотрены возможности и алгоритм работы системы с элементами искусственного интеллекта для наиболее оптимального выхода из кризисного положения и прогнозирования возможных управленческих решений при возникновении подобных кризисных ситуаций в будущем. На основе алгоритма выхода из наступившего кризиса предложен подход прогнозированию направления развития компании в стабильной ситуации.

### Библиография

1. Воскобойников И.Б. и др. Постшоковый рост российской экономики: опыт кризисов 1998 и 2008-2009 гг. и взгляд в будущее // Вопросы экономики. 2021. (4). С. 5-31.
2. Горский М.А. Теоретический подход и численный метод поиска квазиоптимального решения нелинейной дискретной задачи большой размерности // Экономический журнал ВШЭ. 2019. Т. 23. № 3. С. 465-482.
3. Губарева Е.А. Нейронные сети в анализе временных рядов // Инновации и инвестиции. 2020. № 10. С. 150-153.
4. Данилов Ю.А., Пивоваров Д.А., Давыдов И.С. Некоторые результаты исследования новых кризисных предикторов // Вопросы экономики. 2020. (5). С. 86-106.
5. Коноплев Д.Э. Асимметрия информационных волн в экономическом мышлении: опыт финансовых кризисов // Вопросы экономики. 2020. (1). С. 111-126.
6. Кутернин М.И. Моделирование комплексного процесса импортозамещения и модернизации экономики страны при управлении через ее естественные монополии // Вестник Университета (Государственный университет управления). 2017. № 9. С. 39-44.
7. Левицкая Л.П., Замковой А.А., Строков М.М. Распределение грузов на транспорте на основе стратегического прогнозирования грузопотоков // Проблемы прогнозирования. 2019. № 1. С. 74-81.
8. Полбин А.В., Синельников-Мурылев С.Г., Трунин П.В. Экономический кризис 2020 г.: причины и меры по его преодолению и дальнейшему развитию России // Вопросы экономики. 2020. (6). С. 5-21.
9. Полуни Ю.А., Юданов А.Ю. Метод анализа экономических процессов в условиях нестабильности (на примере анализа динамики выручки российских компаний) // Экономический журнал ВШЭ. 2020. Т. 24. № 4. С. 622-649.
10. Филина В.Н. Современные подходы к оценке эффективности транспортных проектов // Проблемы прогнозирования. 2020. № 2. С. 128-136.
11. Silaev A.A. et al. Features of Artificial Intelligence Simulation Models and Risks When Using Them // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 1100. P. 394-404.
12. Silaev A.A. et al. Some Aspects of Forecasting and Evaluating the Effectiveness of Investments in the System of Management of Oil Production and Refining Industry in the Region // Scientific and Technical Revolution: Yesterday, Today and Tomorrow. 2020. P. 1653-1663.

---

## Digital business decision support in the sudden change of external conditions

**Igor' M. Tararin**

PhD in Technical Science, Senior Lecturer,  
Department of Mathematics and Informatics,  
State University of Management,  
109542, 99, Ryazanskii ave., Moscow, Russian Federation;  
e-mail: im\_tararin@guu.ru

### Abstract

The problems of crises in the world economy, their causes, dynamics and ways of overcoming them have occupied a significant place in economic theory for a long time. Cyclical processes are well studied, when periods of economic growth alternate with recessions at different intervals. Cyclic crises, in addition to the obvious negative consequences, have certain advantages. New methods and approaches to management are emerging, obsolete technologies are being replaced, the decision-making system and methods of economic regulation are being revised. In principle, one can consider the sequence of cyclical crises as a smooth transition from one state of equilibrium in the economy to another. In the article, the disclosure of crises of solving methods, their occurrence due to the sudden appearance of supplying the company with restrictions or services that are key to its functions. Examples of crises are given, the exceptions and duration of which cannot be predicted. The proposed method of minimizing losses and returning to an emergency regime, considering the possibility of the possible duration of the crisis that has arisen. The possibilities and algorithm of the system with elements of artificial intelligence for the most optimal way out of a crisis situation and forecasting possible management decisions in the event of similar crisis situations in the future are considered. Based on the algorithm for overcoming the onset of the crisis, an approach is proposed for predicting the direction of the company's development in a stable situation.

### For citation

Tararin I.M. (2022) Tsifrovaya podderzhka prinyatiya biznes-reshenii pri stokhasticheskikh izmeneniyakh vneshnei sredy [Digital business decision support in the sudden change of external conditions]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 12 (3A), pp. 223-231. DOI: 10.34670/AR.2022.23.55.026

### Keywords

Crisis management, supply management, forecasting, intelligent systems, economics.

### References

1. Danilov Yu.A., Pivovarov D.A., Davydov I.S. (2020) Nekotorye rezul'taty issledovaniya novykh krizisnykh prediktorov [Some results of the study of new crisis predictors]. *Voprosy ekonomiki* [Matters of Economics], 5, pp. 86-106.
2. Filina V.N. (2020) Sovremennye podkhody k otsenke effektivnosti transportnykh projektov [Modern approaches to evaluating the effectiveness of transport projects]. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of Forecasting], 2, pp. 128-136.
3. Gorskii M.A. (2019) Teoreticheskii podkhod i chislennyi metod poiska kvazioptimal'nogo resheniya nelineinoy diskretnoy zadachi bol'shoi razmernosti [Theoretical approach and numerical method for finding a quasi-optimal solution to a non-linear discrete problem of large dimension]. *Ekonomicheskii zhurnal VShE* [Higher School of Economics Economic



- 
- Journal], 23, 3, pp. 465-482.
4. Gubareva E.A. (2020) Neironnye seti v analize vremennykh ryadov [Neural networks in time series analysis]. *Innovatsii i investitsii* [Innovations and investments], 10, pp. 150-153.
  5. Konoplev D.E. (2020) Asimetriya informatsionnykh voln v ekonomicheskom myshlenii: opyt finansovykh krizisov [Asymmetry of information waves in economic thinking: the experience of financial crises]. *Voprosy ekonomiki* [Matters of Economics], 1, pp. 111-126.
  6. Kuternin M.I. (2017) Modelirovanie kompleksnogo protsessa importozameshcheniya i modernizatsii ekonomiki strany pri upravlenii cherez ee estestvennye monopolii [Modeling of the complex process of import substitution and modernization of the country's economy when managed through its natural monopolies]. *Vestnik Universiteta (Gosudarstvennyi universitet upravleniya)* [Bulletin of the University (State University of Management)], 9, pp. 39-44.
  7. Levitskaya L.P., Zamkovo A.A., Stokov M.M. (2019) Raspredelenie gruzov na transporte na osnove strategicheskogo prognozirovaniya gruzopotokov [Distribution of cargo in transport based on strategic forecasting of cargo flows]. *Problemy prognozirovaniya* [Problems of Forecasting], 1, pp. 74-81.
  8. Polbin A.V., Sinel'nikov-Murylev S.G., Trunin P.V. (2020) Ekonomicheskii krizis 2020 g.: prichiny i mery po ego preodoleniyu i dal'neishemu razvitiyu Rossii [The economic crisis of 2020: causes and measures to overcome it and further develop Russia]. *Voprosy ekonomiki* [Matters of Economics], 6, pp. 5-21.
  9. Polunin Yu.A., Yudanov A.Yu. (2020) Metod analiza ekonomicheskikh protsessov v usloviyakh nestabil'nosti (na primere analiza dinamiki vyruchki rossiiskikh kompanii) [A Method for Analyzing Economic Processes in Conditions of Instability (on the Example of the Analysis of Russian Companies' Revenue Dynamics)]. *Ekonomicheskii zhurnal VShE* [Higher School of Economics Economic Journal], 24, 4, pp. 622-649.
  10. Silaev A.A. et al. (2020) Features of Artificial Intelligence Simulation Models and Risks When Using Them. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1100, pp. 394-404.
  11. Silaev A.A. et al. (2020) Some Aspects of Forecasting and Evaluating the Effectiveness of Investments in the System of Management of Oil Production and Refining Industry in the Region. In: *Scientific and Technical Revolution: Yesterday, Today and Tomorrow*.
  12. Voskoboinikov I.B. et al. (2021) Postshokovyi rost rossiiskoi ekonomiki: opyt krizisov 1998 i 2008-2009 gg. i vzglyad v budushchee [Post-shock growth of the Russian economy: the experience of the 1998 and 2008-2009 crises. and a look into the future]. *Voprosy ekonomiki* [Questions of Economics], 4, pp. 5-31.