

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Сметюх А. В.

Устойчивое развитие национальной экономики в общем и ее регионов в частности является важнейшей государственной задачей, определяемой соответствующими нормативно-правовыми документами типа НСУР. Особую актуальность такого рода стратегии приобретают во времена финансово-экономических кризисов, когда необходимо не только противостоять внешним вызовам, сохранив достигнутые показатели социально-экономического развития, но и уметь их предвидеть, т. е. прогнозировать. Таким образом, существует необходимость совершенствования инструментов управления и анализа на всех уровнях социально-экономической системы (прежде всего, национальном и региональном). Реалии белорусской экономики, характеризующиеся нестабильностью развития, свидетельствуют о том, что устоявшиеся инструменты макроэкономического анализа не соответствуют требованиям времени. С этой точки зрения, наиболее перспективным направлением исследования экономических процессов является применение теории катастроф, представляющей собой математический инструмент изучения и прогнозирования неустойчивости различных систем, дающий возможность оценить их текущее состояние с точки зрения локальной либо глобальной устойчивости, а также определить точки равновесия.

Базисом теории катастроф является предположение о том, что любая система, в том числе и социально-экономическая, в процессе своего развития подвержена влиянию различного рода флуктуаций, действия которых в определённый момент приводят к смене траектории развития (скачку системы), в результате чего система меняет своё качество. Некая условная точка, в которой происходит скачок, называется точкой бифуркации, по достижению которой система либо выходит на некоторый качественно новый уровень развития, либо происходит её разрушение, т. е. откат назад (регресс). Именно по этой причине такое скачкообразное явление Рене Том и Кристофер Зиман назвали *катастрофой*.

Одним из первых, кто применил инструментарий теории катастроф в экономике, был Кристофер Зиман, исследования которого касались моделирования нестабильного поведения фондового рынка. В дальнейшем методами теории катастроф исследовались бизнес-циклы, поведение на рынке монополии, устойчивость организаций при возникновении кризисов. Кроме того, доказывалась целесообразность применения данного инструмента для всех отраслей экономики [1]. Таким образом, существуют предпосылки использования аппарата теории катастроф для анализа устойчивости развития региональной социально-экономической системы.

Согласно теории Р. Тома и К. Зимана, любой процесс, например, развитие региональной системы, может быть описан при помощи набора управляющих параметров либо переменных. Следовательно, процесс прогнозирования катастрофы в системе происходит путем изучения взаимосвязей переменных, характеризующих ее поведение. Указанные взаимосвязи могут быть описаны уравнениями определенного вида, отражающими либо устойчивый, либо неустойчивый тип связи. Уравнения неустойчивых связей принято называть моделями катастроф. Таким образом, если полученная зависимость хорошо детерминирована уравнениями (уравнением) катастроф, то можно считать, что в анализируемом периоде наблюдалась потеря устойчивости, которая возможна и в будущем.

Исходя из вышесказанного, алгоритм использования теории катастроф при моделировании региональной системы представляется последовательностью следующих этапов:

1. Анализ социально-экономического развития региона. На данном этапе необходимо произвести комплексный анализ функционирования основных сфер и отраслей региона, выявить наиболее успешные и проблемные направления с целью идентификации возможных катастроф по внешним признакам.

2. Формирование системы индикаторов, описывающих устойчивое развитие региональной системы. Ориентиром для создания информационной базы могут послужить показатели, определенные в Национальной стратегии устойчивого развития. Так, общепризнанными из таковых являются динамика ВРП, инвестиций, уровня занятости, промышленного производства, доходов населения и т. д. Для соизмеримости выделенных показателей необходимо использовать последние в относительном выражении – темпы роста либо прироста, индексы развития, что позволяет описать региональную систему в развитии. Кроме того, для репрезентативности выборки указанные индикаторы по возможности должны охватывать все общепризнанные компоненты устойчивости – экономическую, социальную и экологическую.

В качестве основного результирующего показателя развития региона возможно рассмотрение валового регионального продукта. Признаками-факторами ВРП могут выступать показатели эконо-

мической, социальной и экологической сфер. Так, экономическая компонента устойчивого развития может быть представлена объемом промышленного производства, сельскохозяйственного производства, товарооборота, строительства, инвестициями, стоимостью основных производственных фондов, занятостью. К признакам-факторам ВРП социальной компоненты развития можно отнести реальные доходы населения, средний размер назначенных пенсий, объем платных услуг населению, бюджет прожиточного минимума, начисленную заработную плату, доходы и расходы бюджета, объем введенного в эксплуатацию жилья. Экологическая сфера влияния определяется плотностью населения, интенсивностью выбросов от стационарных и передвижных источников, потреблением воды на хозяйственно-питьевые нужды, сбросом сточных вод, объемом производственных отходов, площадью сельскохозяйственных угодий, вырубкой ликвидной древесины.

Следует заметить, что в более поздних исследованиях базовая триада устойчивого развития дополняется производственной, инновационной и институциональной составляющей. Анализ многочисленных работ показал, что наличие и действенность институтов является определяющим фактором развития регионов. Кроме того, мы полагаем, что состояние устойчивости региональной системы достигается именно благодаря действию институциональных факторов. Таким образом, ставится задача количественной оценки результативности действия институциональной среды на устойчивость развития региона.

Индикаторы, характеризующие результативность институтов, по аналогии с триадой устойчивости могут быть разбиты на три основных блока. Действие экономических институтов может быть описано следующими показателями: объем производства малых предприятий, доля малых предприятий в общей численности, удельный вес предприятий частной формы собственности; величина прямых иностранных инвестиций, доля работников, занятых в частном секторе. Результативность институтов социального вектора отражают показатели: численность работников секции государственного управления, количество преступлений, густота железнодорожных путей, густота дорог с твердым покрытием, доля приватизированной жилищной собственности, количество студентов на тысячу населения, численность работников с высшим образованием. Институты экологической направленности определяются уровнем развития туристического комплекса региона: количеством иностранных туристов, посетивших область, объемом туристических услуг и т. д.

3. Применение корреляционно-регрессионного анализа для оценки и подтверждения тесноты связи исследуемых показателей. Для построения адекватной модели должны применяться как линейные, так и нелинейные методы. Данный этап позволяет [2]:

- сформировать систему переменных-факторов и переменных-результатов, значимость взаимосвязи которых подтверждена статистически;
- благодаря этому, всесторонне описать параметры развития системы как в текущем, так и в будущем периоде с возможностью прогнозирования;
- выявить закономерности развития региональной социально-экономической системы с учетом воздействия внутренних и внешних факторов;
- определить характер связи между изучаемыми объектами;
- построение уравнений устойчивых связей.

4. Построение уравнений устойчивых связей, которые имеют вид:

$$y = a_1 x^2 + a_2 x .$$

5. Построение моделей катастроф, описывающих взаимосвязь признака-результата с признаками-факторами. В настоящее время разработан комплекс моделей капсоидных катастроф (оценивают неустойчивость связи одной переменной с другой) и омбилических катастроф (оценивают неустойчивость связи двух переменных с третьей), параметры которых могут быть получены эконометрическими методами либо при помощи прикладных информационных решений (MS Excel, Statistica, Mathcad). Наиболее встречающиеся модели катастроф приведены в таблице 1 [3]:

Таблица 1 – Классификация моделей катастроф

| Тип катастрофы | Каноническая форма | Бифуркационное множество |
|----------------|-----------------------------|---------------------------|
| Складка | $y = x^3 + ax$ | – |
| Сборка | $y = x^4 + a_1 x^2 + a_2 x$ | $y = 4x^3 + 2a_1 x + a_2$ |

| | | |
|-----------------|---|--|
| Ласточкин хвост | $y = x^5 + a_1x^3 + a_2x^2 + a_3x$ | $5x^4 + 3a_1x^2 + 2a_2x + a_3 = 0$ $20x^3 + 6a_1x + 2a_2 = 0$ |
| Бабочка | $y = x^6 + a_1x^4 + a_2x^3 + a_3x^2 + a_4x$ | $6x^5 + 4a_1x^3 + 3a_2x^2 + 2a_3x + a_4 = 0$ $30x^4 + 12a_1x^2 + 6a_2 + 2a_3 = 0$ |
| Вигвам | $y = x^7 + a_1x^5 + a_2x^4 + a_3x^3 + a_4x^2$ | $7x^6 + 5a_1x^4 + 4a_2x^3 + 3a_3x^2 + 2a_4x + a_5 = 0$ $42x^5 + 20a_1x^3 + 12a_2x^2 + 6a_3x + 2a_4 = 0$ |

Источник: собственная разработка на основе [3].

6. Сравнение коэффициента детерминации полученного уравнения катастрофы с уравнением устойчивого характера. Если уровень детерминации устойчивых связей выше уровня детерминации уравнения катастроф, то региональная система развивается устойчиво, в противном случае – все наоборот [4].

7. В случае подтверждения неустойчивых связей между переменными, необходимо исследовать параметры бифуркационного множества, которое задается критическими точками моделей катастроф. Обращение системы бифуркационного множества в ноль свидетельствует о наступлении катастрофы. Чем ближе значение системы к нулю, тем ближе она находится к катастрофическому скачку. Таким образом, отыскание критических точек и сравнение их с фактическими значениями показателей позволит не только выявить периоды потери устойчивости, но и задать некий пороговый уровень исследуемых индикаторов.

8. Нахождение индексов устойчивости, представляющих собой отношение фактических и соответствующих критических значений переменных. Таким образом, индексы устойчивости отражают удаленность социально-экономической системы от катастрофы, запас ее прочности. Формула для расчета индекса устойчивости показателя экономической социальной, экологической либо институциональной компонент развития региона для конкретного периода, отражающего во сколько раз фактическое значение показателя отстает от критического, имеет следующий вид:

$$I_{yi} = \frac{x_i - x_{кр}}{x_{кр}} .$$

В случае, если найденный индекс является положительным, наблюдается превышение фактического показателя над критическим значением, в обратной ситуации - наблюдается разрыв в сторону уменьшения. Для определения устойчивости за весь период наблюдения возможно использования средней геометрической частных индексов устойчивости, взятых по модулю:

$$I_{yi} = \sqrt[n]{I_{yi_1} \cdot I_{yi_2} \cdot \dots \cdot I_{yi_n}} .$$

Использование средневзвешенной величины позволяет в большей степени отражать пропорциональность распределение показателей во времени, что позволяет учесть значимость каждого периода.

9. Определение вероятности наступления катастрофы в будущем. Реализация данного этапа предложенного алгоритма возможна только для катастрофы сборки, потенциальная функция которой определяется:

$$y = \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{4}ax^2 + bx .$$

Следует заметить, что числовые коэффициенты введены для упрощения дальнейших преобразований.

Бифуркационное множество катастрофы сборки, которое задается критическими точками, может быть записано уравнением:

$$\frac{dy}{dx} = x^3 + ax + b = 0 .$$

Данное уравнение имеет от одного до трех вещественных корней, природа которых зависит от дискриминанта:

$$D = 4a^3 + 27b^2$$

Катастрофа происходит тогда, когда дискриминант D меняет знак с отрицательного на положительный.

Для оценки вероятности наступления катастрофы сборки в работе [5] предложен метод статистической линеаризации для варианта, когда переменные управления (признак-факторы) являются случайными величинами. В таком случае вероятность катастрофы можно выразить в виде:

$$P_k = \frac{1}{2} + \Phi(t),$$

$$\text{где } t = \frac{\bar{D}}{\sigma_D} = \frac{4\bar{a}^3 + 27\bar{b}^2}{\sqrt{144\bar{a}^4\sigma_a^2 + 2916\bar{b}^2\sigma_b^2}},$$

\bar{a}, \bar{b} - математические ожидания коэффициентов уравнения бифуркационного множества катастрофы сборки;

σ_a^2, σ_b^2 - дисперсии коэффициентов уравнения бифуркационного множества катастрофы сборки;

$\Phi(t)$ - функция Лапласа.

В свою очередь, вероятность устойчивости регионального развития будет равна:

$$P_y = \frac{1}{2} - \Phi(t).$$

К сожалению, в настоящее время использование теории катастроф в экономических исследованиях представляется ограниченным. Во многом это связано со сложностью и нелинейностью протекания экономических процессов и ограниченностью собственно математического аппарата. В связи с этим автором был разработан доступный для применения алгоритм использования теории катастроф, который позволяет: выявить предрасположенность к изменению траектории регионального развития; исследовать характер протекания макроэкономических процессов; определить критические значения индикаторов устойчивости; оценить текущее состояние региона с позиции устойчивости.

Результатом реализации предложенного алгоритма является возможность исследования устойчивости развития региональной системы, выявления кризисных процессов в динамике основных макроэкономических показателей, что может послужить научной основой для принятия соответствующих решений на различных уровнях управления.

Список использованных источников

1. Бурцева, А.Д. Теория катастроф: подходы к исследованию и применение / А.Д. Бурцева, М.П. Воронов // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – №5 – С. 43-52.
2. Клебанова, Т.С. Моделирование кризисной динамики показателей экономики Украины на основе теории катастроф / Т.С. Клебанова, Е.А. Сергиенко, Л.С. Гурьянова // Бизнес-Информ. – 2011. – №5. – С. 4-9.
3. Бородин, А.Н., Новикова, Н.Н., Шаш, Н.И. Применение синергетических методов и теории катастроф / А.Н. Бородин, Н.Н. Новикова, Н.И. Шаш // Эффективное антикризисное управление. – 2015. – №2. – С. 84-90.
4. Кузьменко, А.К. Моделирование развития предприятия с использованием теории катастроф / А.К. Кузьменко // Бизнес-Информ. – 2014. – №9. – С. 114-118.
5. Питухин, А.В. Методы теории катастроф при проектировании элементов конструкций машин и оборудования лесного комплекса / А.В. Питухин // Известия вузов «Лесной журнал». – 2007. – № 2. – С. 58-65.

ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: СТРУКТУРА И ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Дашкевич Т. В.

Развитие мировой экономической системы ведет к необходимости создания единого хозяйственного пространства, которое требует эффективного использования всех видов ресурсов: информационных, экономических, технических факторов.

Эффективность при этом рассматривается как основополагающая экономическая категория, которая подразумевает производительность, результативность какого-либо процесса или