

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ПО КОМПЛЕКСУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В рамках оценки устойчивого развития предприятия железнодорожного транспорта в работе предлагается применение методики определения интегральной оценки развития предприятия по комплексу количественных показателей, описывающих его.

Ключевые слова: *устойчивое развитие, ресурсный потенциал, количественные показатели, интегральная оценка.*

Одной из задач в исследовании процессов развития предприятия выступает оценка устойчивости его развития. Устойчивость в данном случае понимается как развитие предприятия по заранее намеченной траектории. Возможность выявления рычагов и их использование для поступательного развития предприятия дает комплексное исследование его ресурсного потенциала.

При изучении любого процесса или динамической системы остро встает вопрос об устойчивости этого процесса. Следовательно, возникает необходимость в осмыслении этой категории. Остановимся на различных подходах в формулировании этого понятия.

Так, в частности, в словаре-справочнике «Математика и кибернетика в экономике» под редакцией Н.П. Федоренко [2] устойчивость понимается как стабильность, являющаяся одним из основных понятий кибернетики, тесно связанной с идеей инвариантности, т.е. неизменности свойств системы относительно каких-либо преобразований.

При изучении динамических систем термин «инвариантность» часто употребляется без указания соответствующего преобразования, при этом имеется в виду инвариантность (или неизменность) по времени. Система может обнаружить сложное поведение, однако некоторые ее свойства остаются при этом неизменными. Таким образом, некоторые высказывания о системе будут неизменно истинными, несмотря на ее непрерывное изменение. Семантически близкими к понятию «устойчивость» являются такие понятия, как «равновесие», «стационарность» и т.д., однако они имеют более узкий смысл.

Рассмотрим наиболее общее определение устойчивости системы. Устойчивость — бихевиористический термин. Определяется при рассмотрении поведения системы. Линия поведения системы называется устойчивой относительно некоторой области фазового пространства, если, начавшись внутри этой области, она никогда ее не покидает. Поле системы устойчиво относительно данной области, если все образующие его линии поведения устойчивы относительно нее (т.е. поле целиком содержится в этой области). Система является устойчивой относительно данной области фазового пространства, если ее поле устойчиво относительно этой области.

Простейшим случаем устойчивого состояния системы является «равновесие», т.е. такое состояние системы, в котором она остается сколь угодно долго, если отсутствуют возмущающие воздействия. Другим примером устойчивого поведения системы является случай, когда поведение системы характеризуется циклом.

Цикл возникает, если при отсутствии возмущений система периодически проходит повторно одну и ту же последовательность состояний — устойчивое множество состояний.

Состояние равновесия (или цикл) системы может быть устойчивым, неустойчивым или безразлично устойчивым относительно некоторого возмущения. Под возмущением понимается любое воздействие на систему, переводящее ее из одного состояния в другое. Результаты влияния возмущения на систему, находящуюся в состоянии равновесия, могут быть различны. Если система возвращается в состояние равновесия при любых возможных возмущениях, то равновесие «абсолютно устойчиво». Если система возвращается в состояние равновесия при возмущениях из некоторой области, то равновесие называется «устойчивым относительно этой области». Если после воздействия система сохраняет состояние, вызываемое возмущением, говорят, что система «безразлично устойчива». В других случаях система считается неустойчивой.

Устойчивое поведение системы обычно является полезным свойством, поскольку позволяет достигать некоторые цели, интересующие исследователя. Однако иногда устойчивость является нежелательным проявлением инерционности системы и существенно ограничивает возможности управления. Например, устойчивость миграционных потоков населения между экономическими районами страны, с одной стороны, благоприятствует возможности разработки прогноза миграционных потоков на перспективу; с другой стороны, эта устойчивость делает миграционные потоки слабоуправляемыми, что существенно сдерживает темпы развития хозяйства в так называемых труднедостаточных районах.

Устойчивость является свойством, которое принадлежит всей системе в целом и не может быть приписано какой-либо ее части в отдельности. При соединении нескольких систем в одну суперсистему нельзя сказать, что она будет устойчивой, если ее части обладают в отдельности устойчивым поведением. Наоборот, несколько нестабильных систем при объединении могут образовать стабильную суперсистему. Несколько систем могут образовать стабильное целое при одном способе соединения и нестабильное при другом.

Система находится в состоянии равновесия тогда и только тогда, когда каждый элемент находится в состоянии равновесия, определяемом другими элементами. Этот принцип лежит в основе многих определений и моделей экономического равновесия.

С позиции системного подхода любой объект является, как правило, многомерным и представляет собой систему. В исследовании системы встает первостепенной важности вопрос — обладает ли она устойчивостью или нет? Следовательно, в первую очередь следует определиться в термине «устойчивость» как категории случайного процесса — стационарного или нестационарного.

В экономико-математическом словаре под авторством Л.И. Лопатникова данная категория трактуется следующим образом [1].

Устойчивость системы — есть способность динамической системы сохранять движение по намеченной траектории, поддерживать намеченный режим функционирования, несмотря на воздействующие на нее возмущения.

Основными видами устойчивости являются равновесие, гомеостаз, стационарный режим. Эти состояния системы характеризуются следующим образом.

Равновесие — взаимное погашение разнонаправленных сил, при котором свойства системы остаются неизменными.

Гомеостаз — неизменность существенных параметров системы независимо от влияния внешней среды.

Стационарный режим — циклическое повторение одной и той же последовательности состояний.

Как известно, динамическую систему описывает процесс ее поведения в динамике. Следовательно, говоря об устойчивости системы, мы ведем речь об устойчивости процесса ее поведения в динамике. В признаковом же пространстве этот процесс описывается траекторией движения системы. Тогда в терминах геометрической интерпретации процесса поведения системы понятия устойчивости и неустойчивости системы можно сформулировать так.

Система называется неустойчивой, если малые изменения параметров приводят к резким изменениям траектории процесса (катастрофы сборки).

В свою очередь, устойчивость системы представляет собой слабое изменение траектории процесса при малых изменениях исходных параметров в области своих возможных значений. То есть система является устойчивой, если в окрестности любой точки траектории движения системы малое изменение исходных параметров не приводит к резким изменениям траектории.

В то же время любой процесс имеет степени свободы, поэтому его можно подвергнуть управлению. При управлении случайным процессом решается основная задача: как из нестационарного случайного процесса получить стационарный? Задача управления в конечном счете сводится, таким образом, к снижению уровня риска случайного процесса.

Поскольку как нестационарный, так и стационарный процессы являются случайными, то в их поведении риск исключить невозможно. Однако уровень риска стационарного случайного процесса гораздо ниже, чем нестационарного. Одним из способов снижения уровня риска является метод оптимального управления, в основе которого лежит корректировка управляющих параметров таким образом, чтобы процесс поведения системы был предсказуемым. Тогда с точки зрения оптимального управления процесс развития системы будет стационарным, а следовательно, устойчивым, если энтропия управляющих параметров будет постоянна.

Используя данную трактовку категории устойчивости, применимую к любому случайному процессу, можно сформулировать и изучать такие категории, как демографическая устойчивость, экономическая устойчивость, финансовая устойчивость, устойчивость физического процесса и т.д. Все они имеют единые гносеологические корни.

Как известно, любой процесс можно описать определенной функцией, которая будет отражать непрерывно поведение динамического объекта в течение какого-либо периода. В то же время если процесс описывается дискретными состояниями объекта, то он отражается посредством точек в координатной форме в многомерном признаковом (фазовом) пространстве.

При этом возникает задача оценки устойчивости процесса развития объекта. В частности, к таким объектам вполне можно отнести и предприятие железнодорожного транспорта, которое можно описать множеством информативных показателей, достаточно полно и представительно отражающим его.

В решении задач социально-экономического характера в подавляющем большинстве приходится сталкиваться с изучением процессов развития многомерного динамического объекта. При этом особую актуальность приобретают задачи определения его уровня развития (потенциала), оцененного по комплексу показателей, построения шкалы для измерения потенциала объекта. Несмотря на достаточную сложность, предлагается следующий подход в их решении.

В физическом смысле потенциал тела — это количественная мера возможности тела совершить некоторую работу. Возникает вопрос, как измерить потенциал тела.

Потенциал одного тела измерить нельзя, но можно его измерить при помощи другого тела, которое называется «эталонным», или его еще называют «носителем потенциала». Само понятие потенциала возникло в астрономии и характеризовалось как возможность тел притягиваться друг к другу (закон всемирного тяготения), т.е. как понятие гравитации, а затем как способность взаимодействия различных тел.

Абстрагируясь от конкретно-физического понятия потенциала, можно обобщить его следующим образом. Пусть изучается некоторый динамический объект произвольной природы. Эволюционный процесс предполагает изменение уровней развития объектов. Естественно, что однородные объекты, имеющие различные уровни развития, обладают и разными потенциальными возможностями в осуществлении процесса изменения как внутренней своей структуры, так и внешней среды.

Исходя из этих рассуждений, можно обобщить понятие потенциала для объекта произвольной природы и сформулировать его так: «Потенциал динамического объекта есть количественная мера уровня его развития, оцененная по совокупности показателей, описывающих его».

Естественно, в этом случае необходим формальный аппарат для аналитических способов измерения потенциала, т.е. нахождения формул для его вычисления. В математике функция, которая позволяет вычислить значение потенциала, называется потенциальной функцией, или потенциалом.

Методика построения потенциальной функции для измерения потенциала динамического объекта произвольной природы заключается в следующем [3].

Пусть объект исследования описывается системой показателей $x_1, x_2, \dots, x_n$. Проведя наблюдения в динамике за период $[t_1, t_n]$, можно свести эти данные в информационный массив в виде матрицы «время — признак», элементами x_{ij} которой являются значения j -го показателя в момент времени наблюдения t_i .

Для построения потенциальной функции необходимо выбрать носитель потенциала, или эталонный объект. Поскольку мы рассматриваем один объект в динамике, то следует определить эталонные значения показателей системы. Так как в качестве эталонных можно выбрать любые значения, с которыми сравниваются наблюдаемые значения показателей в динамике, то средние значения показателей вполне могут выступать в качестве эталонных.

Так как потенциал объекта есть уровень его развития, то для определения уровня следует построить некоторую ось с началом и направлением. Значение проекции состояния объекта в момент наблюдения t_i будет представлять собой количественную меру уровня развития объекта. Такой осью может являться

первая главная компонента, построенная по исходному информационному массиву, которая имеет вид:

$$y = \sum_{j=1}^n a_{ij} \tilde{x}_j,$$

где $\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_{x_j}}$, $\bar{x}_j$ — среднее значение j -го признака; σ_{x_j} — среднее

квадратическое отклонение j -го признака, а потенциальная функция для вычисления потенциала объекта в момент времени t_i будет выглядеть следующим образом:

$$y_i = \sum_{j=1}^n \alpha_j \cdot \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_{x_j}}.$$

Исходя из геометрической интерпретации данной формулы, значение первой главной компоненты представляет собой значение проекции объекта в момент времени t_i на первую главную компоненту.

С другой стороны, преимущество первой главной компоненты перед осями проекций, составленными другими способами, заключается в том, что первая главная компонента имеет наибольшую долю дисперсии по всему комплексу признаков X и совпадает с наибольшей полуосью n -мерного эллипсоида, охватывающего корреляционное облако, образованное исходными данными.

Из вида формулы видно, что нулевой уровень развития соответствует такому состоянию объекта, когда он имеет значения признаков, равные их средним. Это затрудняет анализ поведения объекта в динамике. Для устранения этого недостатка осуществим параллельный перенос на вектор $\bar{X} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n)$, и уровень развития будет рассчитываться по формуле

$$y_i = \sum_{j=1}^n \alpha_j \frac{x_{ij}}{\sigma_{x_j}}.$$

Таким образом, уровень развития будет равен нулю, если признаки принимают нулевые значения.

Возникает проблема определения наивысшего уровня развития. Пусть объект стремится достичь такого состояния в перспективе, которое называется эталонным $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$. Это эталонное состояние объекта будет соответствовать уровню развития, равному 100, т.е.

$$y^* = \sum_{j=1}^n \alpha_j \frac{x_j^*}{\sigma_{x_j}} = 100.$$

Чтобы определить уровень развития объекта в момент времени t_i , нужно вычислить значение y_i . Поскольку нами определена ось, на которой отмечается уровень развития объекта, необходимо еще ввести масштаб. Поскольку мы определили уровни развития, равные 0 и 100, то на этой шкале значение y_i будет рассчитываться следующим образом:

$$y^* - 100,$$

из этой пропорции определим $C(t_i)$:

$$C(t_i) = \frac{y_i}{y^*} 100,$$

или в развернутом виде:

$$C(t_i) = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_j \frac{x_{ij}}{\sigma_{x_j}}}{\sum_{j=1}^n \alpha_j \frac{x_j^*}{\sigma_{x_j}}} 100, \quad (1)$$

или более детально

$$C(t_i) = \frac{\alpha_1 \frac{x_{i1}}{\sigma_{x_1}} + \alpha_2 \frac{x_{i2}}{\sigma_{x_2}} + \dots + \alpha_n \frac{x_{in}}{\sigma_{x_n}}}{\alpha_1 \frac{x_1^*}{\sigma_{x_1}} + \alpha_2 \frac{x_2^*}{\sigma_{x_2}} + \dots + \alpha_n \frac{x_n^*}{\sigma_{x_n}}} 100, \quad (2)$$

что соответствует значению потенциала на построенной шкале.

Данная шкала позволяет наглядно проследить уровень развития или потенциал многомерного динамического объекта, оцененного по комплексу показателей, описывающих его, который является интегральной оценкой состояния объекта в определенный момент времени.

Таким образом, определив уровень развития предприятия в дискретных точках, а затем соединив их плавно, можно оценить устойчивость процесса его развития. Данный подход позволяет существенно снизить размерность признакового пространства и перейти от n -мерного к двумерному, где в качестве первой координаты выступает время t , а в качестве второй — уровень развития $C(t)$.

Обобщая последовательность рассуждений, можно вывести алгоритм расчета уровня развития объекта в динамике за период $[t_1, t_N]$. Однако следует отметить, что, в зависимости от структуры исходной системы показателей, алгоритм будет подвергаться модификации.

Так, если система показателей будет представлена одним блоком, то алгоритм будет составлен для решения одноуровневой задачи. Если же система показателей разбита на блоки и каждый блок представлен тем или иным перечнем показателей, то алгоритм будет составлен для решения двухуровневой задачи. Если же система показателей разбита на блоки, а сами блоки еще на подблоки, подблоки же разбиваются еще на соответствующие подблоки и так до самого нижнего уровня вплоть до элементарных показателей, то алгоритм будет составлен для решения многоуровневой задачи.

Построим алгоритм для решения одноуровневой и двухуровневой задач.

Алгоритм решения одноуровневой задачи

Пусть x_{ij} — значения j -го признака в году t_i исследуемого периода.

1. Рассчитываются средние значения признаков:

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij}}{N}.$$

2. Рассчитываются средние квадратические отклонения признаков:

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{N}}.$$

3. Рассчитываются стандартизованные значения признаков:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sigma_j}.$$

4. Задаются экспертным путем эталонные значения признаков:

$$X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*).$$

5. Рассчитываются стандартизованные значения эталонов:

$$Z_j^* = \frac{x_j^*}{\sigma_j}.$$

6. Рассчитываются веса признаков в потенциальной функции:

$$\alpha_j = \frac{Z_j^*}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_j^*)^2}}.$$

7. Составляется потенциальная функция:

$$y = \sum_{j=1}^n \alpha_j Z_j.$$

8. Рассчитываются значения потенциальной функции в моменты времени t_i .

$$y_i = \sum_{j=1}^n \alpha_j Z_{ij}.$$

9. Рассчитывается значение потенциальной функции для эталонного состояния объекта:

$$y^* = \sum_{j=1}^n \alpha_j Z_j^*.$$

10. Рассчитывается значение интегральной оценки развития объекта в момент времени t_i :

$$C(t_i) = \frac{y_i}{y^*} 100.$$

Алгоритм решения двухуровневой задачи

Алгоритм решения двухуровневой задачи состоит из двух этапов.

I. Расчет интегральных оценок в разрезе блоков:

Пусть x_{ijk} — значение j -го показателя k -го блока в году t_i исследуемого периода.

1.1. Рассчитываются средние значения признаков k -го блока:

$$\bar{x}_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ijk}}{N}.$$

1.2. Рассчитываются средние квадратические отклонения признаков k -го блока:

$$\sigma_{jk} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_{ijk} - \bar{x}_{jk})^2}{N}}.$$

1.3. Рассчитываются стандартизованные значения признаков k -го блока:

$$Z_{ijk} = \frac{x_{ijk}}{\sigma_{jk}}.$$

1.4. Задаются экспертным путем эталонные значения признаков k -го блока:

$$X_{jk}^* = (x_{1k}^*, x_{2k}^*, \dots, x_{nk}^*).$$

1.5. Рассчитываются стандартизованные значения эталонов k -го блока:

$$Z_{jk}^* = \frac{x_{jk}^*}{\sigma_{jk}}.$$

1.6. Определяются веса показателей в потенциальной функции k -го блока:

$$\alpha_{jk} = \frac{Z_{jk}^*}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (Z_{jk}^*)^2}}.$$

1.7. Составляется потенциальная функция k -го блока:

$$y_k = \sum_{j=1}^n \alpha_j Z_{jk}.$$

1.8. Рассчитываются значения потенциальной функции k -го блока в момент времени t_i :

$$y_{ik} = \sum_{j=1}^n \alpha_{jk} Z_{ijk}.$$

1.9. Рассчитываются значения потенциальной функции k -го блока для эталонного состояния:

$$y_k^* = \sum_{j=1}^n \alpha_{jk} Z_{jk}^*.$$

1.10. Рассчитывается значение интегральной оценки по k -му блоку в момент времени t_i :

$$C_{ik} = \frac{y_{ik}}{y_k^*} 100.$$

II. Расчет интегральной оценки по всей совокупности блоков:

2.1. Рассчитываются веса блоков:

$$\tilde{\alpha}_k = \frac{y_k^*}{\sqrt{\sum_{k=1}^m (y_k^*)^2}}.$$

2.2. Составляется потенциальная функция по всей совокупности блоков:

$$\tilde{y} = \sum_{k=1}^m \tilde{\alpha}_k y_k.$$

2.3. Рассчитывается значение потенциальной функции в момент времени t_i :

$$\tilde{y}_i = \sum_{k=1}^m \tilde{\alpha}_k y_{ik}.$$

2.4. Рассчитывается эталонное значение потенциальной функции:

$$\tilde{y}^* = \sum_{k=1}^m \tilde{\alpha}_k y_k^*.$$

2.5. Рассчитывается интегральная оценка развития объекта в момент времени t_i :

$$\tilde{C}_i = \frac{\tilde{y}_i}{\tilde{y}^*} 100.$$

Алгоритм решения многоуровневой задачи можно воспроизвести, используя метод индукции. При этом решение начинается с последнего уровня, затем переходит на предпоследний и завершается интегральной оценкой.

Большое значение имеют веса блоков и показателей α_j и $\tilde{\alpha}_k$ в потенциальных функциях. Они позволяют выявить приоритеты в управлении многомерным динамическим объектом в общем и предприятием в частности. С использованием значений весов осуществляется упорядочивание блоков по мере убывания весов и внутри каждого блока — упорядочивание показателей. Полученная схема приоритетов в управлении объектом представляет собой схему оптимального управления. В частности, инвестирование целесообразно осуществлять пропорционально значениям этих весов.

Фазовый портрет, отражающий динамику интегральной оценки, позволяет оценить устойчивость процесса развития объекта.

Существует несколько методик определения интегральной оценки по комплексу показателей. Один класс методик основывается на экспертных оценках. При этом достоверность результатов вызывает сомнение, поскольку в экспертных оценках превалирует субъективизм и снижается объективность. Другой класс методик не позволяет выявить веса признаков, что существенно снижает диапазон применения такого рода методик. Данная методика устраняет перечисленные недостатки и существенно повышает информативность полученных результатов.

Библиографический список

1. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. М.: Наука, 1987. 512 с.
2. Математика и кибернетика в экономике: Словарь-справочник / Под ред. Н.П. Федоренко. М.: Экономика, 1975. 704 с.
3. Шаланов Н.В. Системный анализ. Кибернетика. Синергетика: Математические методы и модели. Экономические аспекты. Новосибирск: НГТУ, 2008. 288 с.