

УДК: 334.012.82

Андреева Тамара Александровна

кандидат экономических наук, старший научный сотрудник ИЭОПП СОРАН,
профессор Новосибирского гуманитарного института
burnside@ngs.ru, г. Новосибирск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО ПОДХОДА ПРИ ОЦЕНКЕ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЗОЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В статье предложен подход к моделированию процессов оценки финансовой устойчивости элементов мезо-экономических систем, как одного из состояний при их эволюционном развитии и перехода через неустойчивое состояние системы к новому устойчивому состоянию, но уже для следующего более эффективного развития системы. Показаны возможные траектории развития системы в зависимости от значений внутренних управляющих параметров.

Ключевые слова: моделирование; эволюционная экономика; фазовые траектории развития; неустойчивое состояние; финансовая устойчивость

Andreeva Tamara Aleksandrovna

candidate of Economic Sciences, Senior researcher at the Institute of Economics and Industrial Engineering of SB RAS, Associate Professor of " Statistics and Accounting " Novosibirsk humanitarian Institute , burnside@ngs.ru, Novosibirsk

USING EVOLUTIONARY APPROACH IN ASSESSING THE FINANCIAL STABILITY OF THE ELEMENTS OF MESO-ECONOMIC SYSTEMS

Using evolutionary approach in assessing the financial stability of the elements of meso-economic systems

This paper proposes an approach to modeling processes assessing the financial stability of the elements of meso- economic systems, as one of the condition in their evolutionary development and transition through the unstable condition of the system to a new stable state, but for the next more efficient development system. Shows the possible trajectories development of the system depending on the values of the internal control parameters.

Key words: modeling; evolutionary economics; the phase trajectories of development; the unstable state; financial stability.

Целью исследования явилась оценка возможностей перехода системы из устойчивого состояния в состояние неустойчивости, из одного вида фазовой траектории в другой с использованием методов эволюционного моделирования.

Эволюционная экономика является молодым направлением в экономической науке. Она противостоит основному течению экономической теории, и в частности неоклассике. Это противостояние состоит в том, что:

- эволюционная экономика ориентирована на прогресс, отказывается от равновесного подхода;
- в эволюционной экономике существует зависимость от предшествующего пути развития;
- экономические агенты приспосабливаются к среде, что диктует определенные правила поведения экономических субъектов: они не максимизируют полезность, их поведение рутинно, они действуют путем проб и ошибок, прибегая часто к имитации;
- процесс экономического развития носит достаточно спонтанный характер;

Таким образом, эволюционисты пытаются преодолеть статичный характер ортодоксии.

Е.А. Погребинская выделила основные характеристики эволюционных изменений в экономике [1]:

- временная характеристика (долговременные, непрерывные);
- характеристика направленности (направление, необратимые, многовекторные и одновекторные);
- динамическая характеристика (постепенные и скачкообразные, линейные и нелинейные);
- сущностная характеристика (закономерные, кумулятивные, системные, симметричные и несимметричные, устойчивые и неустойчивые,

рациональные и нерациональные, изо-, поли- и гомоморфные, одиночные и множественные);

- параметрическая характеристика количества, качества, отношений, количества и качества, количества и отношений, качества и отношений, а также количества, качества, отношений всех или части элементов экономических систем.

Ученые выдвигают множество предположений, чтобы определить критерии «естественного» отбора экономических систем в ходе эволюции.

Например, Н.Н.Думная говорит, «По-видимому, главным критерием, с точки зрения самой системы, является отбор тех вариантов, которые наиболее эффективно, экономно используют в первую очередь свободную энергию, а также другие природные ресурсы.

Здесь намечается смычка политической экономии с естественными науками. То, что в физике, а также в общей теории эволюции называется «экономией энтропии», в политической экономии звучит как закон экономии рабочего времени, который выступает как частный случай «экономии энтропии...».

Однако указанного критерия недостаточно. К нему следует присовокупить и закономерности взаимодействия человека и природы, а также чисто человеческие требования и представления о социально-экономической системе» [1].

Некоторые ученые считают, что эволюционная экономика применима к узким сферам таким, как инновационная сфера, новые технологии и т.д.

Другие предполагают о возможности появления в структуре экономической теории нового раздела – микро-микроэкономики, где может господствовать эволюционная теория. В России группа В.Маевского говорит, что в экономической теории грядут перемены, и эволюционная экономика займет место господствующей концепции.

В результате обобщения идей сторонников эволюционной экономической теории следует выделить два принципа: онтология эволюции и онтология сложных систем. Первый принцип говорит о том, что любая система способна эволюционировать во времени. Кроме того, она подчиняется механизму естественного отбора, в ней существуют механизмы передачи информации, присутствует наследственность и разнообразие. Далее, экономика – это сложная система, представляющая собой совокупность малых и больших систем. Эта мысль лежит в основе второго принципа. Для эволюционной экономики, как для любой сложной системы характерны:

- нелинейность взаимодействия компонентов, т.е. наличие эмерджентных свойств, самоорганизации компонентов и др.;
- открытость системы, предполагающая постоянный обмен информацией с внешней средой;
- динамическая природа поведения системы, т.е. постоянное развитие во времени;
- стохастический характер поведения системы – непредвиденный характер изменения системы вызывает определенные трудности в прогнозировании ее свойств в будущем;
- многоуровневость системы, обусловленная ее сложностью, вследствие чего возникает необходимость в обратной связи и обучении системы;
- зависимость от предшествующего развития;
- наличие бифуркации, возможность «эффекта резонанса» даже в случае незначительного изменения условия функционирования;
- гетерогенность компонентов сложной системы, т.е. разнообразие, обусловленное качественными и количественными различиями компонентов системы;

- наличие самоподдерживающихся процессов, т.е. механизмов, зарождающихся внутри системы и поддерживающие ее существование и развитие за счет внутренних ресурсов, иными словами, наличие способности к самообразованию системы.

Р. Нельсон и С.Уинтер отмечают, «эволюционная теория экономических изменений – не интерпретация экономической действительности в виде отражения гипотетических постоянных «имеющихся данных», а схема, которая может помочь наблюдателю, достаточно осведомленному о фактах настоящего, посмотреть чуть дальше сквозь дымку, застилающую будущее». [2]

Они предложили микроэкономический подход, главной идеей которого является то, что изменения (инновации) зарождаются на уровне отдельных предприятий и в процессе взаимодействия распространяются на отрасль в целом, формируют новые условия хозяйствования. Предприятия не могут не реагировать на новые условия, поэтому выбирают новые стратегии поведения.

Использование эволюционного подхода предполагает использование математических моделей, которые способны анализировать неустойчивое поведение экономических систем.

Для перехода системы в устойчивое состояние необходимо пройти через состояние неустойчивости. Переход системы из одного устойчивого состояния в другое через неустойчивое состояние происходит за счет изменения значений управляющих параметров.

Управляющие параметры – постоянные величины, которые входят в эволюционное уравнение. Можно сказать, что управляющие параметры являются отражением процесса влияния самоорганизации системы или внешней среды на экономическую систему.

Под внешним влиянием или процессами, происходящими внутри системы, меняются значения управляющих параметров, а, следовательно,

система изменяет направление своего развития к тому или иному устойчивому состоянию — аттрактору.

Аттрактор — участок фазового пространства, окруженный областью притяжения, попав в которую система в дальнейшем развивается только в направлении этого аттрактора.

Кроме того, аттракторы бывают нежелательные для системы, хаотические. В таких аттракторах преобладают процессы разрушения. Система может регулировать процесс притяжения в той или иной аттрактор, изменив интервал значений управляющих параметров.

В моделях экономического роста крупных регионов в качестве переменных используют, как правило, капитал, уровень цен, национальный доход, уровень зарплаты и др. [4]. Такие модели описывают согласованное поведение фирм, которые входят в рассматриваемый регион.

В данной работе будет использована модель анализа поведения отдельной фирмы, как элемента мезоэкономической системы. [3]

Фирма - это открытая, нелинейная система, которая обменивается с внешним миром информацией и обладает свойством внутренней самоорганизации. Роль внешней среды играет экономика региона.

В данной работе, в качестве объекта исследования выбирается фирма, управляющими параметрами которой являются численность сотрудников и величина собственного капитала.

Устойчивым состоянием для таких объектов является аттрактор «пределный цикл», т.е. периодическое движение с постоянными во времени характеристиками. Другими словами, развитие в сторону стационарности есть устойчивое состояние для подобных динамических систем.

Пусть фирма состоит из Y_1 сотрудников, а ее собственный капитал равняется Y_2 . Определим, существует ли устойчивое состояние для данной фирмы.

Для начала необходимо составить эволюционное уравнение фирмы. Его вид должен удовлетворять общему виду уравнений:

$\frac{dY_i}{dt} = F_i(Y_1, \dots, Y_n)$, где Y_i - переменные; F_i - функция переменных, которая зависит от специфических особенностей системы; n - минимальное количество переменных, необходимых для описания эволюции системы.

Так как в качестве управляемых параметров выбраны число сотрудников и величина собственного капитала, то $\frac{dY_1}{dt}$, $\frac{dY_2}{dt}$ - скорость увеличения числа сотрудников и капитала фирмы соответственно.

Эволюционный подход предполагает, что скорость изменения величины, являющейся переменной, пропорциональна «приросту» этой величины за исключением ее «потерь». Таким образом, система эволюционных уравнений фирмы выглядит так:

$$\begin{cases} \frac{dY_1}{dt} = aY_2 - bY_1; \\ \frac{dY_2}{dt} = cY_2 - dY_1; \end{cases}$$

Первая главная пропорция состоит в том, что скорость увеличения числа сотрудников пропорциональна числу новых сотрудников минус часть уволившихся сотрудников. В большинстве случаев, если фирма имеет большой капитал, то число ее сотрудников тоже велико.

Поэтому количество новых сотрудников пропорционально росту капитала фирмы, а количество уволившихся составляет некоторую часть от числа имеющихся сотрудников. Следовательно, первая пропорция:

$\frac{dY_1}{dt} = aY_2 - bY_1$, где a - коэффициент, показывающий, какую часть капитала может выделить фирма на привлечение новых сотрудников; b - коэффициент, текучести кадров.

Вторая пропорция формулируется следующим образом: скорость увеличения капитала пропорциональна доходу от вложения капитала; от этой величины нужно отнять расходы на оплату труда сотрудников. Более того,

доход от вложения капитала пропорционален величине вложенного капитала, а расходы на сотрудников - их количеству. Получаем:

$$\frac{dY_2}{dt} = cY_2 - dY_1, \text{ где } c - \text{ коэффициент эффективности вложения капитала;}$$

d - коэффициент пропорциональности, характеризующий величину затрат фирмы на сотрудников.

Анализ системы уравнений начинается с нахождения стационарных состояний. У систем такого вида особая точка единственна, ее координаты — $(0,0)$. Исключение составляет вырожденный случай, когда уравнения можно представить в виде:

Общее решение системы уравнений необходимо искать среди функций вида:

$Y_1(t) = Ae^{\lambda t}$, $Y_2(t) = Be^{\lambda t}$, где A , B , λ — некоторые неизвестные константы. Определив значения этих трех неизвестных, получим общее решение системы.

Подставляем данные функции в систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dY_1}{dt} = A\lambda e^{\lambda t} = -b(Ae^{\lambda t}) + a(Be^{\lambda t}); \\ \frac{dY_2}{dt} = B\lambda e^{\lambda t} = -d(Ae^{\lambda t}) + c(Be^{\lambda t}); \end{cases}$$

Сокращая на ненулевой множитель $e^{\lambda t}$, получаем:

$$\begin{cases} A\lambda = -bA + aB; \\ B\lambda = -dA + cB; \end{cases}$$

Данная система представляет собой алгебраическую систему однородных линейных уравнений относительно неизвестных A , B :

$$\begin{cases} (-b - \lambda)A + aB = 0; \\ -dA + (c - \lambda)B = 0; \end{cases}$$

Полученная система уравнений имеет ненулевое решение лишь в том случае, когда определитель, составленный из коэффициентов системы, равен нулю: $\begin{vmatrix} -b - \lambda & a \\ -d & c - \lambda \end{vmatrix} = 0$.

Раскрывая определитель, получаем характеристическое уравнение:

$$\lambda^2 + (b - c)\lambda + (da - bc) = 0$$

Квадратное уравнение имеет два решения λ_1 и λ_2 , при которых возможны ненулевые значения констант A, B для решения $Y_1(t) = Ae^{\lambda_1 t}$, $Y_2(t) = Be^{\lambda_2 t}$ системы уравнений. Каждому из значений $\lambda_{1,2}$ соответствует свой набор констант, а общее решение начальной системы двух дифференциальных уравнений является суммой двух линейно-независимых решений:

$$Y_1(t) = -C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t},$$

$$Y_2(t) = -C_1 \beta e^{\lambda_1 t} + C_2 \mu e^{\lambda_2 t},$$

$$\text{где } \beta = \frac{\lambda_1 - a}{-b} = \frac{c}{\lambda_1 + d}, \mu = \frac{\lambda_2 - a}{-b} = \frac{c}{\lambda_2 + d}$$

Теперь проверим на устойчивость стационарных решений эволюционных уравнений. Итак, характеристические числа могут быть:

1. Действительными:
 - А) разных знаков,
 - Б) одного знака,
2. комплексно - сопряженными,
3. чисто мнимыми.

Эти случаи определяют тип поведения решения системы ОДУ. Найдем, что устойчивость зависит от знака величин $\lambda_{1,2}$, которые выражаются следующим образом:

$$\lambda_{1,2} = \frac{(c - b) \pm \sqrt{(c - b)^2 - 4(da - bc)}}{2}$$

От знака подкоренного выражения зависит, какие значения примут характеристические числа: действительные или комплексные. Рассмотрим все возможные варианты.

1. Если $(c - b)^2 - 4(da - bc) > 0$,

то оба корня характеристического уравнения $\lambda_{1,2}$ принимают действительные значения.

А) Пусть $(da - bc) < 0$.

Тогда подкоренное выражение всегда принимает положительные значения. Кроме того,

$$(c - b)^2 - 4(da - bc) > (c - b)^2.$$

Следовательно, $\sqrt{(c - b)^2 - 4(da - bc)} > |c - b|$.

Таким образом, характеристические корни будут иметь разные знаки. Стационарное состояние в этом случае — не устойчивое, а тип поведения фазовых траекторий называется седло (см. рисунок 1).

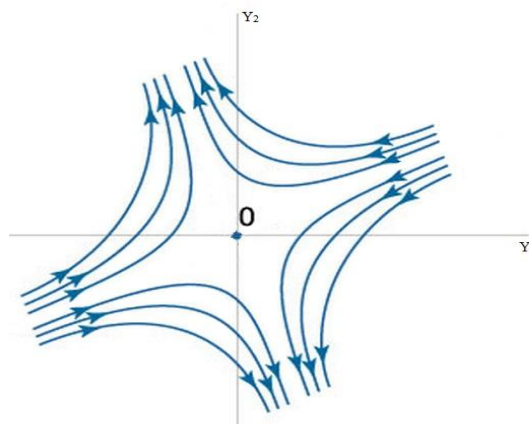


Рисунок 1. Тип поведения фазовых траекторий - седло

Б) Пусть $(da - bc) > 0$.

Чтобы $\lambda_{1,2}$ принимали действительные значения необходимо выполнение неравенства $(c - b)^2 \geq 4(da - bc)$. Из этого следует, что

$$(c - b)^2 - 4(da - bc) < (c - b)^2,$$

а значит, верным является неравенство:

$$\sqrt{(c-b)^2 - 4(da-bc)} < |c-b|.$$

Характеристические корни всегда будут одного знака. Причем, знак будет совпадать со знаком выражения $(c-b)$.

Если $c > b$,

то такой тип поведения фазовых траекторий называется неустойчивый узел (см. рисунок 2), $c < b$ (корни $\lambda_{1,2} < 0$) – устойчивый узел (см. рисунок 3).

В случае неустойчивого узла происходит увеличение количества сотрудников и увеличение величины собственного капитала. Фирма не сможет достичь устойчивой стационарной точки, в которой

$$Y_1 = Y_2 = 0.$$

Если фирма имеет развитие типа устойчивый узел, то в конечном итоге она достигнет состояния стационарности, так как траектория развития стремится к началу координат – стационарной точке.

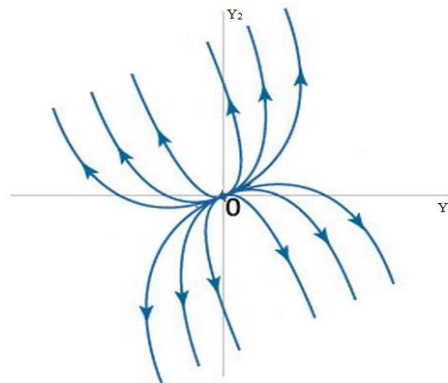


Рисунок 2. Тип поведения фазовых траекторий – неустойчивый узел

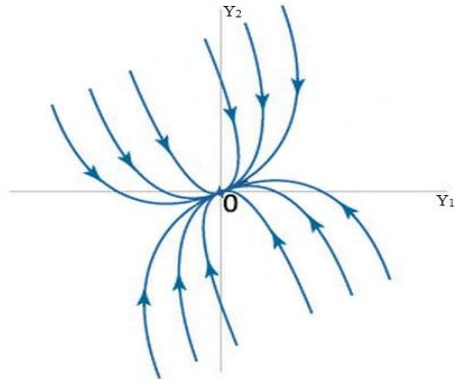


Рисунок 3. Тип поведения фазовых траекторий – устойчивый узел

2. Если $(c - b)^2 - 4(da - bc) < 0$,

то оба корня характеристического уравнения принимают комплексно-сопряженные значения.

В этом случае характеристические числа $\lambda_{1,2}$ выражаются через коэффициенты линейных уравнений следующим образом:

$$\lambda_{1,2} = \frac{(c - b) \pm i\sqrt{|(c - b)^2 - 4(da - bc)|}}{2} = u \pm iv$$

Тогда решение для системы, например для $Y_1(t)$, имеет вид:

$$\begin{aligned} Y_1(t) &= C_1 e^{(u+iv)t} + C_2 e^{(u-iv)t} = C_1 e^{ut} e^{ivt} + C_2 e^{ut} e^{-ivt} = e^{ut} (C_2 e^{-ivt} + C_1 e^{ivt}) \\ &= e^{ut} (C_2 (\cos vt - i \sin vt) + C_1 (\cos vt + i \sin vt)) \\ &= e^{ut} ((C_2 + C_1) \cos vt + i(C_1 - C_2) \sin vt). \end{aligned} \quad (1)$$

Аналогично,

$$Y_2(t) = e^{ut} ((C_2 + C_1) \cos vt + i(C_1 - C_2) \sin vt).$$

В каждый момент времени функция $Y_1(t)$ принимает действительное значение, поэтому в правой части выражения (1) должно стоять действительное выражение. Это возможно при условии, если

$$(C_1 - C_2) e^{ut} \sin vt = 0 \text{ для любого } t, \text{ а действительная часть}$$

$$(C_2 + C_1) e^{ut} \cos vt \neq 0.$$

Такая ситуация возможна в одном случае:

$$C_1 = C_2, \text{ где } C_1, C_2 - \text{действительные константы.}$$

Тогда имеем решение

$$Y_1(t) = 2C_1 e^{ut} \cos vt.$$

Первый множитель в полученном выражении при $t \rightarrow \infty$ стремится к бесконечности, если $u = c - b > 0$. В противном случае, стремится к нулю, если $u = c - b < 0$. Значения второго множителя меняются периодически, потому что $|\cos vt| < 1$. Таким образом, $Y_1(t)$ либо удаляется от стационарного решения $Y_{1ст}(t) = 0$, либо стремится к нему. Данная функция не ведет себя монотонно, а представляет собой колебания, за которые отвечает множитель e^{ut} . Этот множитель обеспечивает либо постоянно уменьшающуюся, либо постоянно увеличивающуюся с течением времени амплитуду колебаний. Для $Y_2(t)$ верны аналогичные рассуждения.

Анализируя полученные результаты, если оба корня характеристического уравнения принимают комплексно-сопряженные значения, то система находится в стационарной точке при условии

$$c < b.$$

В данной ситуации стационарное решение является устойчивым фокусом, а фазовая траектория – спираль, сходящаяся к началу координат (см. рисунок 4), поэтому число сотрудников уменьшается. Если число сотрудников уменьшается, то в определенный момент достигнет такого значения, начиная с которого фирма сможет достойно оплачивать труд работников. Следовательно, у сотрудников количество причин для увольнений сокращается, и значение коэффициента b уменьшается.

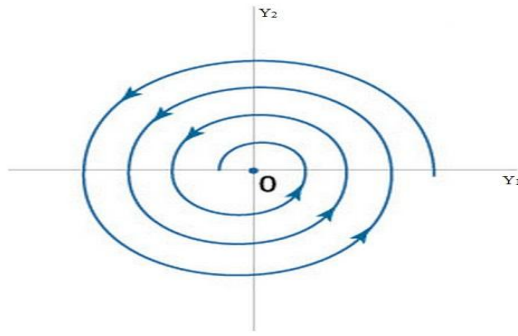


Рисунок 4. Тип поведения фазовых траекторий – устойчивый фокус

Неравенство $c > b$ порождает неустойчивый фокус, который представляет собой спираль, раскручивающуюся из стационарного решения, т.е. из начала координат (см. рисунок 5).

Раскручивание можно характеризовать как рост числа сотрудников и капитала. Но может наступить такой момент, когда число сотрудников становится большим, и фирм будет не в состоянии оплачивать труд как раньше. Следовательно, перед руководством возникает необходимость сокращения количества сотрудников или снижения заработной платы. В частности, при сокращении заработной платы коэффициент текучести кадров будет увеличиваться.

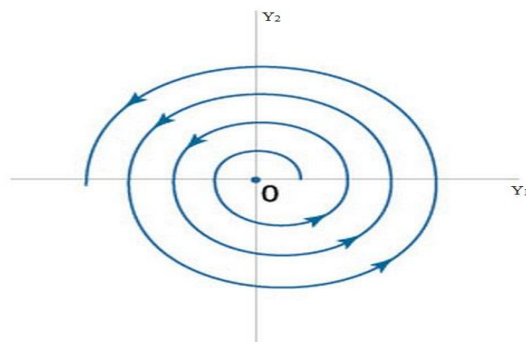


Рисунок 5. Тип поведения фазовых траекторий – неустойчивый фокус

Таким образом, в двух случаях фирма стремится к состоянию, которое характеризуется колебаниями числа сотрудников вокруг оптимального

решения, зависящего от соотношения величин b и c . Это состояние и является аттрактором типа «предельный цикл».

3. Пусть корни характеристического уравнения принимают чисто мнимые значения:

$$\lambda_{1,2} = \frac{\pm i\sqrt{|(c-b)^2 - 4(da-bc)|}}{2} = \pm iv$$

Пользуясь теми же рассуждения, как в случае 2) получаем:

$$Y_1(t) = 2C_2 \cos vt.$$

В правой части равенства стоит ограниченная периодическая функция. Решение $Y_1(t)$ совершает колебания вокруг стационарного значения, не удаляясь и не приближаясь к нему. Такой тип поведения фазовой траектории называется центр (см. рисунок 6).

Количество сотрудников фирмы и величина собственного капитала в данном случае не меняются в течение времени. Аналогичные рассуждения справедливы для функции $Y_2(t)$.

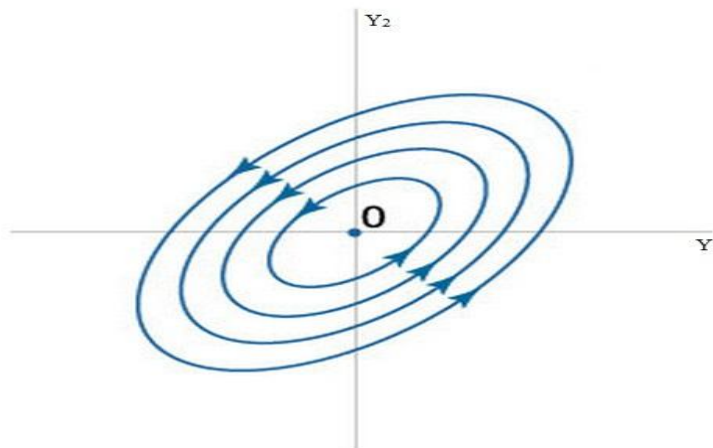


Рисунок 6. Тип поведения фазовых траекторий – центр

Данная модель формирует общий методологический подход, описывает возможности применения различных траекторий развития при анализе деятельности фирм. Данную модель можно рассматривать, например, как поиск оптимальной стратегии поведения организации.

Библиографический список

1. Погребинская Е. А. Эволюционные изменения в экономических системах (теория, методология, практика): дис. д-ра экон. наук: 08.00.01. – Саратов, 2006. – 462 с. – РГБ ОД, 71:07-8/122. Электронный ресурс: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/153319.html#download>.
2. Нельсон Ричард Р., Уинтер Сидней Дж. Эволюционная теория экономических изменений. – М.: Дело, 2002. – 538 с., с. 16].
3. Шаповалов В.И. Устойчивость средней фирмы: приближение двух параметров // Тезисы докладов конференции «Экономическая синергетика и антикризисное управление». Наб. Челны: Изд-во КПИ. 1999.
4. Андреева Т.А. Анализ параметров устойчивости элементов мезоэкономических систем с использованием методов эволюционного моделирования // Инновационная экономика и промышленная политика региона (ЭКОПРОМ-2014) = Innovation economy and industrial policy of region (ECOPROM-2014) : труды междунар. науч.-практ. конф. 15-23 сент. 2014 г. / [под ред. А.В. Бабкина] ; РГНФ, ЦЭМИ РАН, С.-Петербург. гос. политех. ун-т [и др.]. - СПб. : Изд-во Политех. ун-та, 2014. - С. 433-443.

REFERENCES

1. A. V Pogrebinsky E.A. Evolutionary changes in economic systems (the theory, methodology, practice): Dis. Dr. ehkon. Sciences: 08.00.01. - Saratov, 2006. - 462 p. - RSL OD, 71: 07.08 / 122. Electronic resources: <http://www.lib.ua-ru.net/diss/cont/153319.html#download>.
2. Richard R. Nelson, Yuinter Sidney G. Evolutionary Theory of Economic Change. - M.: Case, 2002. - 538 p., P. 16].
3. Vladimir Shapovalov. Stability of the average firm: approaching two parametrov // Abstracts of the conference "Economic Synergetics and crisis management." Neb. Chelny: Publishing House of the KPI. 1999.
4. Andreeva T.A. Analysis of the parameters of stability elements meso-economic systems using evolutionary modeling // Innovation economy and industrial policy in the region (EcoProm 2014) = Innovation economy and industrial policy of region (ECOPROM-2014): Proceedings of the Intern. scientific and practical. Conf. 15-23 September. 2014 / [ed. AV

Babkin]; RFH, SEMI, of St. Petersburg. state. Polytech. Univ [et al.]. - SPb. Univ Polytech. University Press, 2014. - P. 433-443.

5.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ
КОНТАКТНЫЕ ДАННЫЕ

АНДРЕЕВА Тамара Александровна – старший научный сотрудник Института экономики и организации промышленного производства СО РАН, профессор кафедры «Статистика и бухгалтерский учет» *НОУ ВПО НГИ*, ул. Советская, д.21, моб. тел. 8-906-193-12-83, E-mail: burnside@ngs.ru

ANDREEVA, Tamara A. – Senior researcher at the Institute of Economics and Industrial Engineering of SB RAS, professor of "Statistics and Accounting" Novosibirsk institution of higher education professional - Novosibirsky Humanities Institute, str. Sovetskaya, 21, 630099 str. Sovetskaya, 21, St.Novosibirsk, Russia. mob. tel. 8-906-193-12-83, E-mail: burnside@ngs.ru