

Управление спиральной динамикой в стратегии развития национальной инновационной системы

Б.Е. Одинцов

Д.э.н., профессор Департамента анализа данных, принятия решений и финансовых технологий
Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация
E-mail: Odintsov45@list.ru

B.E. Odintsov,

Doctor of Economics Sciences, Professor of the Department of data analysis, decision-making and financial technologies
Financial University under the Government of the Russian Federation,
E-mail: Odintsov45@list.ru

Аннотация: Для управления развитием Национальной инновационной системы использованы спиральные волны. Именно они позволяют адекватно отражать целенаправленное волновое взаимодействие инновационных факторов и использовать спиральный эффект для управления соответствующими процессами. Для демонстрации работы спиралевидной когнитивной модели использована спираль Архимеда, достаточно распространенная в природе. Данная модель позволяет влиять на инновационные процессы путем введения специально разработанного коэффициента, обеспечивающего усиление или снижение эффекта спирали в различные периоды управления национальной инновационной системой.

Ключевые слова: национальная инновационная система, модель «трех спиралей», когнитивная модель, спираль Архимеда, эффект спирали, спиральная волна, спиралевидная когнитивная модель.

MANAGEMENT OF SPIRAL DYNAMICS IN THE DEVELOPMENT STRATEGY OF THE NATIONAL INNOVATION SYSTEM

Abstract: To manage the development of the national innovation system used spiral waves. It is they that allows adequately reflect the focused wave interference of innovators and use spiral effect to manage their respective processes. To showcase the work of cognitive model of spiral of Archimedes spiral, used common enough in nature. This model allows you to influence the innovation processes by introducing specially designed coefficient of providing increased or decrease spiral effect in different periods of the national innovation system.

Keywords: national innovation system, the model «three spirals», cognitive model, spiral of Archimedes, effect of the spiral, spiral wave, spiral wave cognitive model.

Одной из форм социально-экономического сотрудничества в распространяемой ныне эволюционной теории национальной инновационной системы (НИС) является модель «трех спиралей», объединяющей три относительно автономные сферы современного общества: государства, науки и бизнеса. Предполагается, что спиралевидная социальная структура обладает необходимой активностью и адаптивностью к изменяющейся внешней среде [2] за счет своих специфических свойств.

В экономике спиралевидные взаимосвязи – достаточно частое явление: например, индексация, которая ведет к повышению зарплат, выплат и сбережений, является причиной повышения спроса на товары и услуги. В результате повышаются цены на эти товары и услуги, что в свою очередь ведет к росту цен, и так далее по спирали к повторной индексации.

Однако сегодня модель «тройной спирали» по Г. Ицковичу [1] остается хоть и красивой, но только фигурой речи, отражающей лишь стремление к переносу принципов развития живой и неживой природы на социально-экономические системы. Связь со спиралью заканчивается сразу же после названия модели, так

как ни природные свойства спиралей, ни возможности их влияния на ускорение процессов в тех или иных сферах инновационной или другой деятельности в доступных публикациях не затрагиваются. Отсюда основная забота ученых, предложивших данную модель, состоит в получении ответа на следующий вопрос: каким образом можно использовать уникальные свойства трех функционирующих и объединенных в одно целое спиралей для управления социально-экономическими процессами, происходящими в НИС?

Забегая вперед, краткий ответ на него может быть следующим: необходимо уже достаточно известные и проработанные когнитивные модели (карты), отражающие связи в инновационной деятельности, трансформировать в спиралевидные структуры, что позволит ускорять или замедлять соответствующие процессы в зависимости от целей управления.

Заметим, что семантическая мощь когнитивных карт в свое время реанимировала веру в создание моделей не только локального и регионального, но и глобального характера. Это стало возможным за счет того, что связи между понятиями в когнитивной карте характеризуются не только направлением динамики объекта (рост, снижение), но и интенсивностью их влияния, выражаемой либо количественно, либо качественно с помощью лингвистических переменных [4].

С другой стороны, как известно, согласно законам диалектики – развитие, происходит по спирали, проявляясь в переходах от более низших форм к более совершенным. Рассмотрим, каким образом можно воспроизвести процесс развития чего-либо с помощью спирали Архимеда, задаваемой известным уравнением [3]:

$$r = \frac{a}{2\pi} \theta,$$

где a – расстояние между витками, которое является [константой](#) для конкретной спирали;

θ – угол отклонения луча от полярной оси.

Если число a – шаг спирали, то обороту прямой на 2π соответствует смещение $a = 2\pi k$. Если $\theta = 0$, то $r = 0$. Это означает, что кривая проходит через начало координат.

Известно несколько важнейших характеристик спиралей, позволяющих воспроизвести взаимовлияния социально-экономических факторов, это:

- спиральная волна, характеризуемая направлением распространения, знаком (положительное или отрицательное влияние) и мощностью (интенсивностью);
- координаты точек, расположенных на спирали (их удаленность от центра спирали).

Интенсивность влияния факторов может имитироваться как высотой амплитуды, так и их длиной. Здесь имитация распространения спиральных волн аналогична тому, как это происходит в искусственных нейросетях. Отличие состоит лишь в том, что в когнитивной модели отсутствуют пороговые барьеры, препятствующие распространению импульсов в нейросетях. Именно эта особенность (отсутствие барьеров) позволяет добиваться увеличения или снижения интенсивности влияния одного фактора на другой за счет спирального эффекта.

В процессе использования эффекта спирали будем полагать, что длина спиральных волн совместно с их мощностью адекватно отражает силу влияния одного фактора на другой. Так как одним из базовых параметров когнитивной карты является знак влияния фактора (положительное или отрицательное), то знак амплитуды спиральной волны будет также характеризовать отношения между факторами. Для увеличения или снижения спирального эффекта, выражающегося в усилении или снижении величины импульса взаимовлияния факторов, введем величину λ , влияющую на интенсивность направляемых в сферу НИС управляющих предписаний. Устанавливается она субъектом, ответственным за развитие НИС.

Спиралевидная когнитивная карта, так же как и иерархическая [4], является частным случаем сетевой, поэтому, для того чтобы воспользоваться эффектом спирали, введем следующую формулу:

$$y_i(t+1) = y_i(t) + \delta_i(t) + \sum_{i=1}^n (y_{i-1}(t+1) - y_{i-1}(t)) \vartheta_{i,i-1}, \quad (1)$$

где $y_i(t+1), y_i(t)$ – значение фактора-следствия в узле i в периоды времени $t+1$ и t , соответственно;
 $y_{i-1}(t+1), y_{i-1}(t)$ – значение фактора-причины в узле $i-1$ в периоды времени $t+1$ и t , соответственно;
 $\vartheta_{i,i-1}$ – сила влияния i -го фактора-причины на фактор-следствие $i-1$ (длина спиральной волны);
 $\delta_i(t)$ – эффект спиральной волны для фактора-следствия в узле i в период времени t ;
 n – количество факторов-причин, влияющих на i -й фактор-следствие.

Эффект спиральной волны, в свою очередь, рассчитывается следующим образом:

$$\delta_i(t) = \frac{ac\lambda}{2k\pi} \theta_i(t), \quad (2)$$

где $\delta_i(t)$ – эффект спирали для фактора-следствия в узле i в период времени t ;

$\theta_i(t)$ – угол отклонения луча i -го фактора от полярной оси в период

времени t ;

λ – задаваемый коэффициент интенсивности спиральных волн ($\lambda > 0$);

a – шаг спирали ($a \geq 1$);

k – количество выполненных оборотов;

c – коэффициент нормализации ($c < 1$).

Коэффициент нормализации c (в случае надобности,) предназначен для приведения эффекта спиральной волны к сопоставимому диапазону ее измерений фактическими величинами влияниями факторов.

Можно задать спиралевидную когнитивную модель управления НИС с помощью табл. 1, где направление и знак влияния факторов указаны стрелками и знаками (+) и (-), соответственно в графе 2.

Таблица 1. Фрагмент спиралевидной когнитивной модели (при $c=0,1$ и $\lambda=1$)

Фактор-причина	Направление и знак влияния	Фактор-следствие	Сила влияния факторов и направление вращения	Угол отклонения луча фактора-следствия от полярной оси (θ)	Расстояние фактора-следствия от центра спирали (r)	Эффект спиральной волны (δ_i)
1	2	3	4	5	6	7
00. Уровень внешней экономической и политической нестабильности	→ - →	02. Уровень стабильности и ответственности федерального уровня управления	0,3 	$\pi/4$	0,13	0,01
...						
18. Уровень развития технологического трансфера	+	10. Уровень заинтересованности отечественного и зарубежного инвестора	0,4 	0	0	0

В табл. 1 представлено три спирали: две раскручивающиеся () для государства и науки и одна скручивающаяся () для бизнеса (графа 4). Поэтому полярные координаты для спирали бизнеса сдвинуты на угол π . Угол отклонения (θ) луча фактора-следствия от полярной оси (графа 5) демонстрируется на рис. 1.

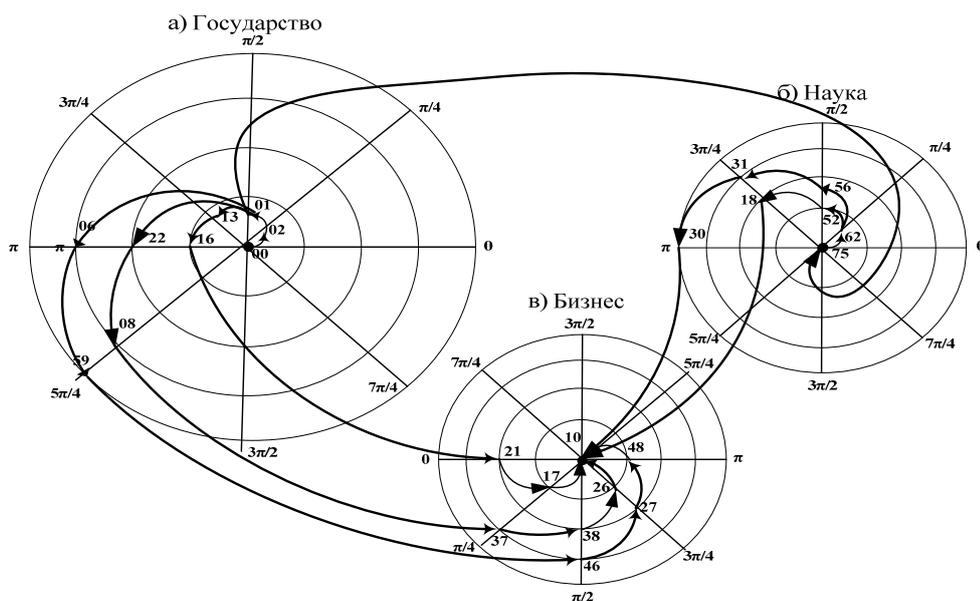


Рис. 1. Графическое представление спиралевидной когнитивной карты

Цифрами указаны номера факторов из табл. 1. Центрами спиралей определены три фактора: «00. Уровень внешней экономической и политической нестабильности», «10. Уровень заинтересованности отечественного и зарубежного инвестора» и «75. Уровень финансирования образования и науки». Факторы 00 и 02 являются исходными, а фактор 10 – целевым. Как видим, ряд факторов может влиять на несколько факторов, расположенных на разных витках одной или нескольких спиралей, например фактор 01 влияет на факторы 13, 22, 06 и 75, что, естественно, отражается на спиральном эффекте.

Для апробации разработанной спиралевидной когнитивной модели рассмотрим демонстрационный пример. И исходные данные и задаваемые приросты по периодам, приведенные в табл. 2, а расчеты выполнены по формулам (1) и (2).

Входным неуправляемым фактором является «00. Уровень внешней экономической и политической нестабильности», от которого зависит «02. Уровень стабильности и ответственности федерального уровня управления». Именно он будет получать импульсы, которые будут направляться в заданные промежутки времени, но в демонстрационном примере будем считать значение фактора 00 константой. В иное время и в иных обстоятельствах перечень управляющих факторов будет иным.

Таблица 2. Исходные приросты входных и целевых факторов по периодам

Наименование входного фактора	Начальное значение в периоде t	Значение в периоды		
		$t+1$	$t+2$	$t+3$
00. Уровень внешней экономической и политической нестабильности	0,1	0,1	0,1	0,1
02. Уровень стабильности и ответственности федерального уровня управления	0,1	0,1	0,2	0,3
Наименование целевого фактора				
10. Уровень заинтересованности отечественного и зарубежного инвестора	0,1	0,39	0,42	0,65

Рассмотрим реакцию системы на возмущения фактора «02. Уровень стабильности и ответственности федерального уровня управления», наблюдая за изменениями целевого фактора «10». Согласно табл. 2 фактор «00. Уровень внешней экономической и политической нестабильности» учитывается лишь в качестве исходной информации для периода $t+1$, затем на протяжении всех оставшихся периодов он не изменялся.

Как видно из табл. 2, исходные величины, характеризующие управляющие факторы в период t , равны 0,1, что особого значения не имеет, так как лицо, принимающее решение, интересуется лишь их прирост в последующий период. В результате выполнения расчетов для периода $t+1$ уровень заинтересованности отечественного и зарубежного инвестора увеличился до 0,387 (38,7%), то есть прирост фактора составил 0,28 (28%). Допустим, в результате анализа ситуации для периода $t+2$ определено, что уровень стабильности и ответственности федерального уровня управления увеличится и станет равным 0,2. Это приведет к росту целевого фактора, который станет равным 0,42. Если же в периоде $t+3$ имеется возможность поднять данный фактор до величины 0,3, то это приведет к росту целевого фактора до 0,65.

Расчеты показали, что применение в управлении трех объединенных спиралей позволяет достаточно оперативно и эффективно управлять региональными инновационными процессами.

Список литературы

1. *Ицкович Г.* Тройная спираль «университеты», «предприятия», «государство». Инновации в действии / Г. Ицкович; пер. с англ. под ред. А.Ф. Уварова. Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 238 с.
2. Модели формирования национальных инновационных систем. [Электронный ресурс]. URL: <http://kapital-rus.ru/articles/article/236495/>.
3. Архимедова спираль. [Электронный ресурс]. URL: <http://hijos.ru/2011/03/09/arximedova-spiral/>.
4. *Одинцов Б.Е.* Обратные вычисления на когнитивных структурах /Материалы Международной научно-методической конференции «Современная математика и концепции инновационного математического образования.-М.: Издательский дом МФО, 2016, стр. 71-75.

УДК 353.1