

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СТРАН МИРА

Ключевые слова: инновационное развитие, скорость, системная социология

Введение

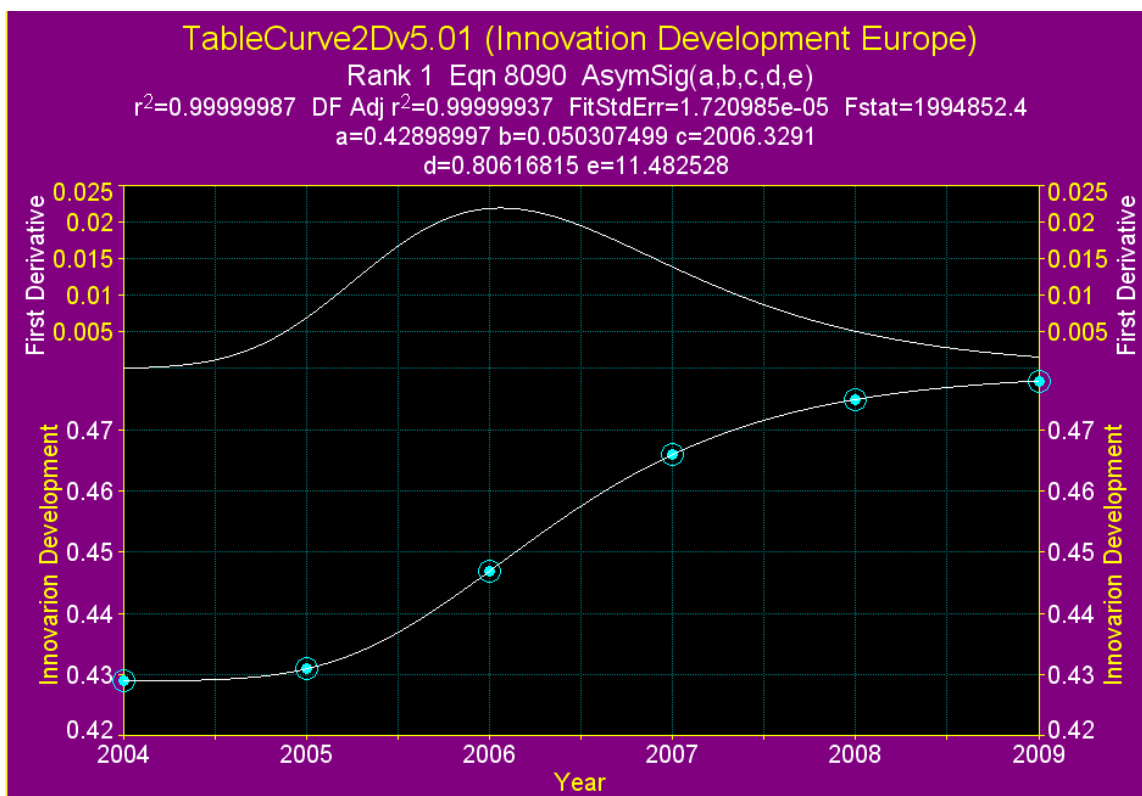
Анализ скорости социальных процессов – одна из фундаментальных исследовательских задач в системной социологии [1]. В целом, темпы роста инновационного развития стран мира и содержательные причины значений наблюдаемых темпов роста изучены достаточно подробно [2-3]. Так, например, по значению индекса GIS [3], с помощью которого измеряют инновационное развитие стран мира, средние темпы роста (growth rate) инновационного развития России за период 1995-2005 гг., составили 0.0023, что в 92.5 раза было меньше, чем в Бразилии за данный период времени; в 57.3 раза, меньше чем в Индии, в 52.3 раза меньше, чем в Китае; в 11.7 раза меньше, чем в Сингапуре; в 10.2 раза меньше, чем в Финляндии. В частности, по субиндексу Firm activities GIS [3], темпы прироста инновационного развития России за период 1995-2005 гг. составили -0.0214; по субиндексу Human resources GIS, темпы прироста составили 0.0058; по субиндексу Infrastructures GIS, темпы прироста составили 0.025.

Скорости инновационного развития стран мира активно изучают в Европейском сообществе (ЕС). Например, в 2000 г. на основе Лиссабонской Стратегии, где были поставлены конкретные количественные цели инновационного развития Европейского сообщества (ЕС) на длительную перспективу, была создана комиссия по инновационному развитию ЕС PRO INNO EUROPE [4]. Данная комиссия в сотрудничестве с Eurostat и европейскими научно-исследовательскими Центрами, разработала индекс инновационного развития Summary Innovation Index (SII) [2-3] для стран ЕС. Комиссия ежегодно издает ежегодники «European Innovation Scoreboard» [5], в которых приводятся подробные данные об инновационном развитии стран ЕС и конкурентах ЕС

(уровне и скорости инновационного развития, содержательных причинах конкретной динамики инновационного развития по каждой стране ЕС и странам - конкурентам ЕС, эффективности управленческих действий и т.д.), разрабатывает и осуществляет соответствующие управленческие решения на уровне ЕС и стран-членов ЕС. Ежегодники «European Innovation Scoreboard» имеются в открытом доступе на сайте комиссии [5]. В качестве иллюстрации на рис. 1 представлена динамика инновационного развития ЕС за период 2004-2009 гг., которая измерена с помощью Summary Innovation Index (SII) [2-3]. Аппроксимация функции (траектории) для ЕС и вычисление скорости осуществлялась автором с помощью пакета TableCurve2D (v5.01), предназначенного для автоматической аппроксимации функций и вычисления значений First Derivative (первой производной) – скорости и Second Derivative (второй производной) - ускорения.

Рис.1

Траектория и скорость инновационного развития ЕС (2004-2009 гг.)



Примечание: First Derivative (первая производная) по времени – скорость. Innovation Development - инновационного развития ЕС, которое измерялось с помощью Summary Innovation Index (SII) [2-3].

Аналогичная научно-исследовательская работа по анализу скоростей инновационного развития стран мира проводится в Китае [6], который по уровню инновационного развития, измеренного с помощью Global Innovation Index INSEAD

[7], в 2008-2009 гг. обгонял Россию в 1,1 раза, а по скорости инновационного развития обгонял Россию в 2.7 раза.

Однако, недостаточно изученным является вопрос о классе статистического распределения скоростей инновационного развития в социуме. В этой связи автор поставил следующую исследовательскую задачу:

Выявить класс распределения вероятностей скоростей инновационного развития на множестве стран мира.

Методология

Решение поставленной исследовательской задачи осуществлялось в рамках системной социологии [8] в русле естественнонаучной методологической парадигмы [1], в частности, одного из направлений естественнонаучной методологической парадигмы – социофизики [9-11]. Напомним, что в социофизике используются общесистемные закономерности и модели, адекватные для природных и социальных систем. Так, например, эмпирические исследования в социофизике [10] свидетельствуют, что распределение скоростей роста компаний и «безмасштабных» социальных сетей [12] с хорошим приближением описывается Pareto - Zipf Distribution, которое известно, как Pareto Law (закон Парето) и Zipf Law (Закон Ципфа) [13]. Для распределения скоростей различных социальных явлений и социальных систем, в социофизике используют также распределения Максвелла, Вейбулла, логистическое распределение [14].

Методика

Для решения поставленной задачи были использованы данные динамики инновационного развития по 130 странам мира за период 2008-2009 гг., измеренные с помощью Global Innovation Index INSEAD [7]; данные динамики инновационного развития стран-членов ЕС за период 2004-2009 гг. [2-3], измеренные с помощью Summary Innovation Index (SII). В соответствии с принятой естественнонаучной методологической парадигмой, автор вычислял скорость инновационного развития стран мира по стандартной формуле (1), как первую производную по времени.

$$v(t) = \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad (1)$$

где $v(t)$ - скорость в момент времени t

$\Delta I = I_{t+1} - I_t$ - изменение значения индекса инновационного развития за время Δt

$$\Delta t = t_{n+1} - t_n = 1 \text{ год}$$

В этой связи отметим, что поскольку инновационное развитие стран мира измеряют с помощью индексов [15], которые включают в себя до 100 переменных, то $v(t)$ (1) – это функция локальных скоростей переменных, входящих в используемый индекс инновационного развития, которые в свою очередь, зависят от множества взаимосвязанных социокультурных, правовых, организационных и других переменных [16-18].

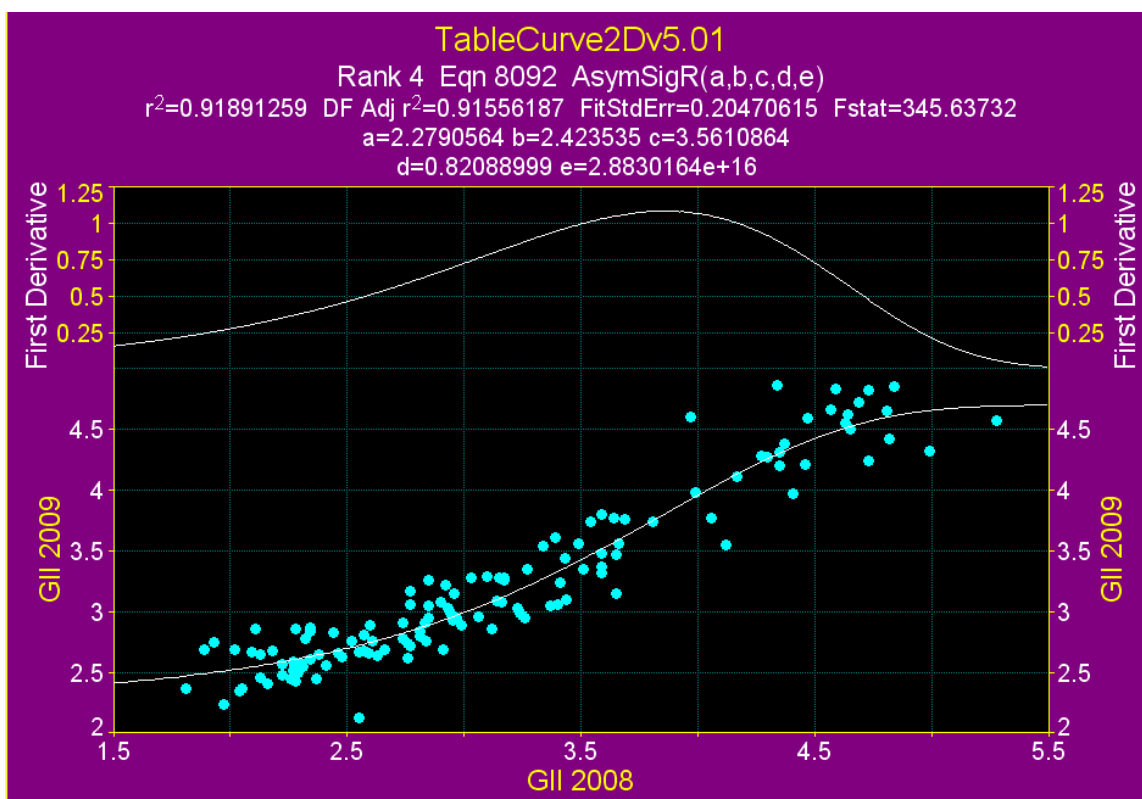
Класс распределения скоростей по странам мира определялся с помощью пакета EasyFit Professional (Version 5.4) [19], предназначенного для автоматического определения классов распределения и вычисления среднего значения, моды и других статистик, соответствующих классу распределения. Данный пакет включает 55 классов распределений, например, наряду с широко известными социологам распределениями, такими как нормальное, логнормальное, логистическое, экспоненциальное, Парето, Вейбулла и т.д., используются и менее известные социологам распределения, например, Burr, Dagum, Kumaraswamy, Nakagami, Rice, Johnson, Wakeby, Pert, Levy и т.д. Аппроксимация распределений осуществляется в данном пакете с помощью MLE (Maximum Likelihood Estimates). Goodness of fit (GOF) tests осуществляется с помощью трех статистических критериев: Kolmogorov-Smirnov, Anderson-Darling и Chi-Squared.

Окончательная селекция класса распределения осуществлялась по следующим критериям, принятым в системной социологии [1] для селекции вычислительных моделей: теоретическая, математическая и эмпирическая обоснованность модели, точность аппроксимации, минимальное количество параметров в модели, устойчивость модели на различных данных и во времени.

Полученные результаты

На рис. 2 представлено распределение 130 стран мира за период 2008-2009 гг., по уровню инновационного развития, измеренного с помощью Global Innovation Index INSEAD [7]. В соответствии с теорией динамических систем, в частности, динамики социума [1], ассиметричную сигмоидную кривую на рис. 2 будем интерпретировать как фрагмент траектории динамики инновационного развития социума.

Траектория и скорость инновационного развития социума



Примечание: First Derivative (первая производная) по времени – скорость. GII 2008 – значение Global Innovation Index INSEAD [7] в 2008 году, GII 2009 - значение Global Innovation Index INSEAD в 2009 году.

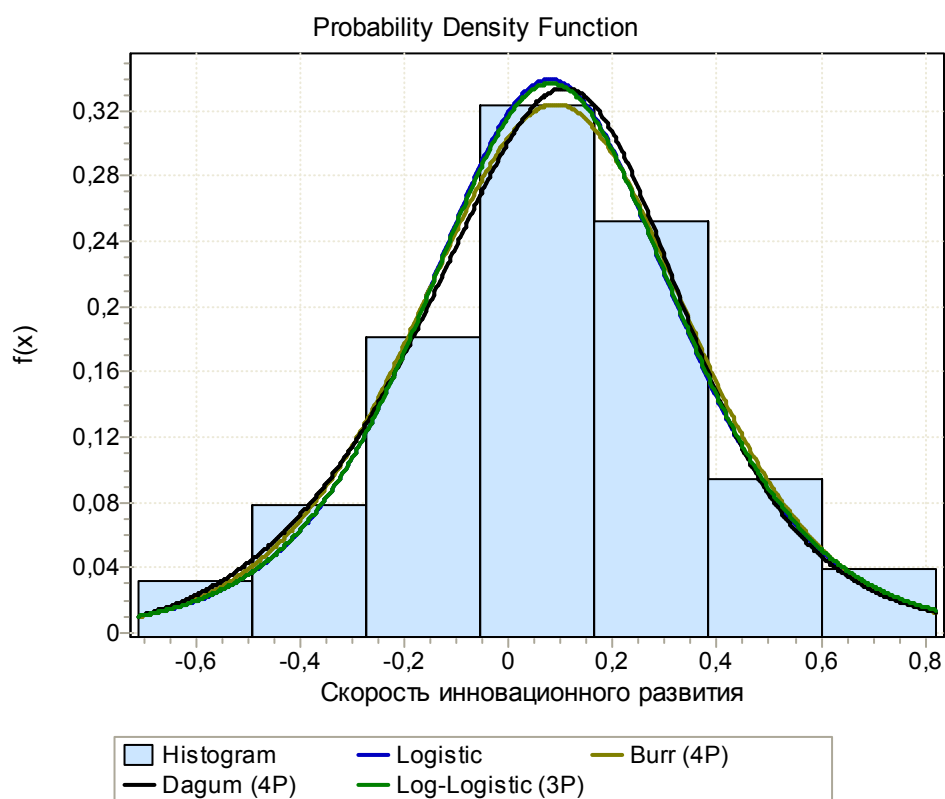
В таблице 1 и на рис. 3 представлены результаты аппроксимации распределения скоростей значений Global Innovation Index INSEAD [7] по 130 странам мира за период 2008-2009 гг.

Таблица 1

Результаты аппроксимации классов распределений

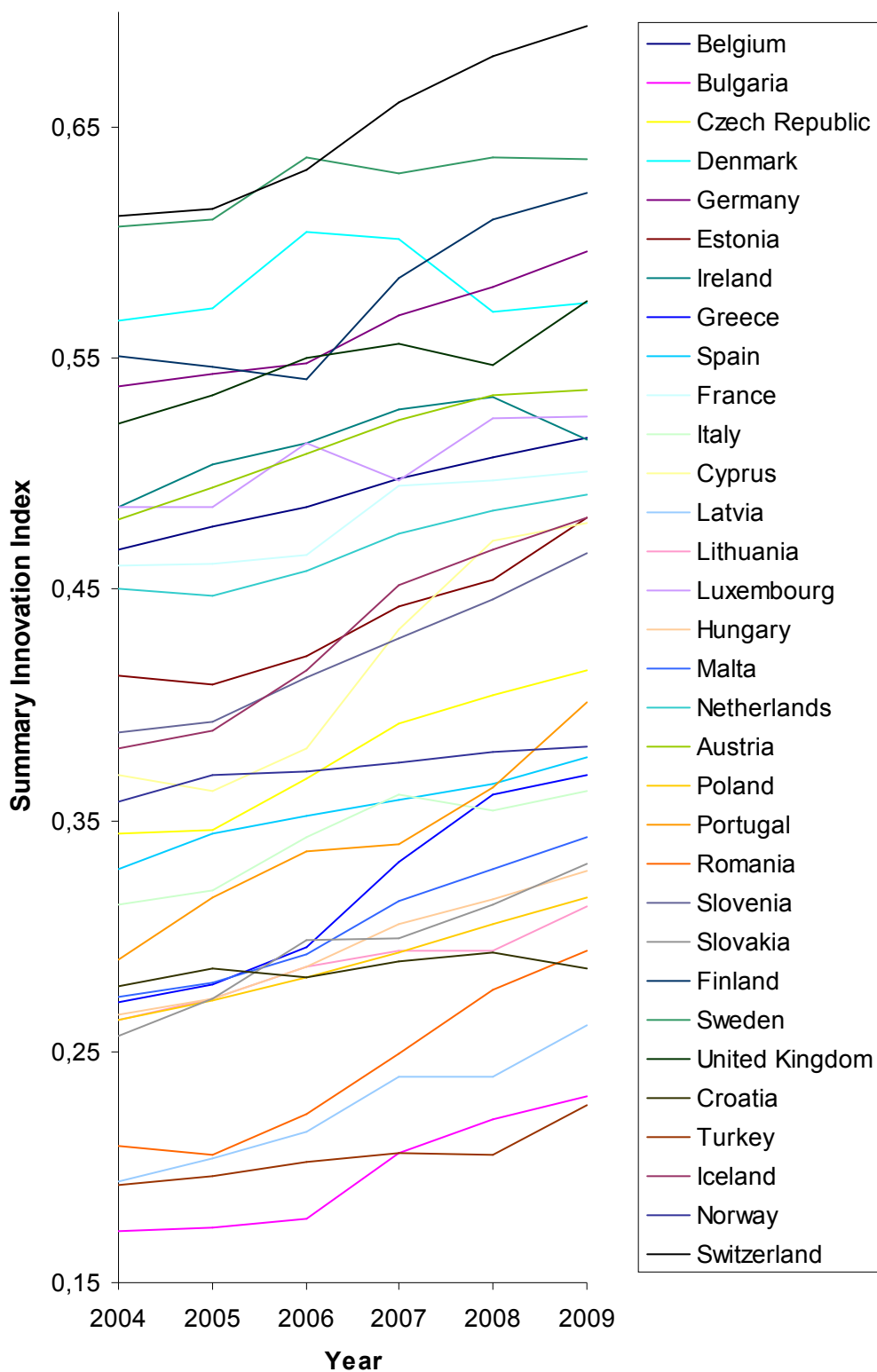
| Порядковый номер по точности аппроксимации | Классы распределений |
|--|---------------------------|
| 1 | Dagum (4 Parameter) |
| 2 | Logistic |
| 3 | LogLogistic (3 Parameter) |
| 4 | Burr (4 Parameter) |

Результаты аппроксимации классов распределений



На рис.4 представлены траектории инновационного развития стран мира, преимущественно стран-членов ЕС, за период 2004-2009 гг., измеренные с помощью Summary Innovation Index (SII)[2-3].

Траектории инновационного развития стран - членов ЕС



[Цит. по 2-3]

Из рис. 4 следует, что траектории динамики инновационного развития стран мира могут различаться между собой. Это одна из известных закономерностей

динамики сложных нелинейных иерархических динамических систем [1,20-21]. Результаты аппроксимации распределения скоростей инновационного развития стран мира, представленных на рис. 4, представлены в таблице 2 и на рис. 5.

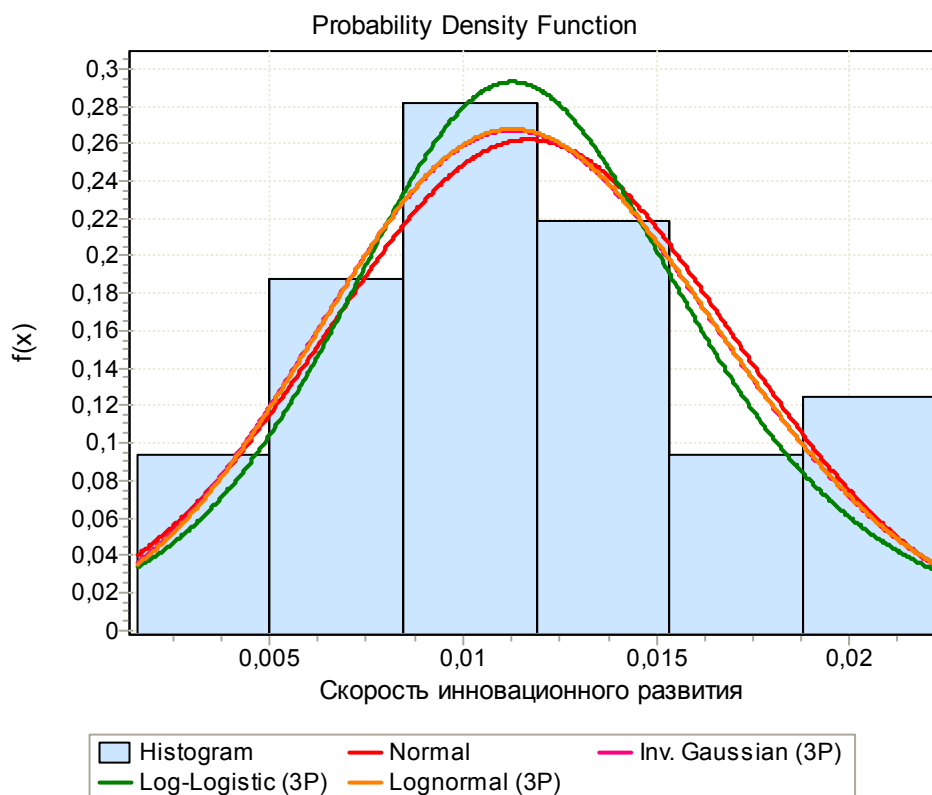
Таблица 2

Результаты аппроксимации классов распределений

| Порядковый номер по точности аппроксимации | Классы распределений |
|--|---------------------------|
| 1 | LogLogistic (3 Parameter) |
| 2 | Lognormal (3 Parameter) |
| 3 | InvGaussian (3 Parameter) |
| 4 | Normal |

Рис.5

Результаты аппроксимации классов распределений



На основании принятых критериев селекции моделей, которые были изложены выше, было выбрано Log-Logistic Distribution с тремя параметрами (2).

Three-Parameter Log-Logistic Distribution (2)

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\beta} \right)^{\alpha-1} \left(1 + \left(\frac{x-\gamma}{\beta} \right)^{\alpha} \right)^{-2}$$

где

α - shape parameter ($\alpha > 0$)

β - scale parameter ($\beta > 0$)

γ - location parameter ($\gamma \equiv 0$ yields the two-parameter Log-Logistic distribution)

Обсуждение полученных результатов

Полученные результаты можно объяснить с точки зрения теории стохастических систем [21] - локальное статистическое объяснение, и с точки зрения теории сложных нелинейных динамических систем [1] - глобальное динамическое объяснение. Локальное и глобальное объяснения взаимно дополняют друг друга, поскольку в сложных нелинейных динамических иерархических социальных системах, состоящих из множества подсистем, локальная и глобальная динамика образуют единое целое [1,21].

Локальное статистическое объяснение. В ходе проведения данного исследования было замечено, что значения I_t и I_{t+1} (1) можно хорошо аппроксимировать Generalized Pareto Distribution с параметрами α - shape parameter, β - scale parameter, γ - location parameter. Автором было проведено статистическое моделирование с помощью генерации 1000 случайных чисел в пакете EasyFit Professional (Version 5.4) [19]. Цель моделирования - выявление распределения величин I_t и I_{t+1} (1), которые обуславливают распределение величины $v(t)$ по Three-Parameter Log-Logistic Distribution (2). Проведенное статистическое моделирование показало следующее. Если величины I_t и I_{t+1} (1) распределены по Generalized Pareto Distribution, в частности, Pareto Distribution с параметрами α - shape parameter, β - scale parameter, то тогда величина $v(t)$ (1) распределена по Three-Parameter Log-Logistic Distribution (2). Известно, что Pareto Distribution является убывающей числовой последовательностью, для объяснения которых в системной социологии [13], в частности, в социофизике [10], предложено множество системных теорий.

Глобальное динамическое объяснение. Из рис. 1-2 следует, что траекторию динамики инновационного развития социума (множества стран мира) можно

хорошо аппроксимировать асимметричной сигмоидной кривой. Каждую страну мира можно отождествить с точкой на данной траектории в момент времени t . Таким образом, положение стран мира на траектории динамики социума, описываемой асимметричной сигмоидной кривой, обуславливает распределение величин $v(t)$ (1) для множества стран мира по Three-Parameter Log-Logistic Distribution (2) в момент времени t .

Таким образом, Three-Parameter Log-Logistic Distribution скоростей инновационного развития стран мира можно объяснить известными общесистемными законами.

Выводы

Проведенное исследование позволяет сделать следующие вывод:

Распределение скоростей инновационного развития стран мира можно хорошо аппроксимировать Three-Parameter Log-Logistic Distribution.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давыдов А.А. Системная социология: введение в анализ динамики социума. М.: ЛКИ, 2007.
2. European Innovation Scoreboard 2008: The Dynamics of the Innovative Performance of Countries. (<http://www.proinno-europe.eu/page/european-innovation-scoreboard-2008>)
3. European Innovation Scoreboard 2009. (<http://www.proinno-europe.eu/page/european-innovation-scoreboard-2009>)
4. PRO INNO EUROPE. (<http://www.proinno-europe.eu/overview>)
5. European Innovation Scoreboard. (<http://www.proinno-europe.eu/promotion-pro-inno-europe-results/page/inno-metrics-publications>)
6. Давыдов А.А. Модернизация России, полезный опыт Китая и теория сложных систем. М.: РОС, 2010. (http://www.ssa-rss.ru/files/File/info/Modernization_Russia.pdf
<http://www.ecsocman.edu.ru/db/msg/336568.html>)
7. Global Innovation Index INSEAD. (<http://www.globalinnovationindex.org/gii/main/home.cfm>)

8. Давыдов А.А. Конкурентные преимущества системной социологии. (Электронное издание) М.: ИС РАН, 2008. (<http://www.isras.ru/publ.html?id=855>), <http://www.ecsocman.edu.ru/db/msg/324618.html>)
9. Arnoopoulos P. Sociophysics: Cosmos And Chaos In Nature And Culture. N.Y.: Nova Science Publishers, 2005.
10. Chakrabarti B., Chakraborti A., Chatterjee A. Econophysics and Sociophysics: Trends and Perspectives. N.Y.: Wiley-VCH, 2006.
11. Sociophysics. (<http://www.isi.it/progetti/sociophysics08/>)
12. Давыдов А.А. Системная социология. М.: Эдиториал УРСС, 2006.
13. Давыдов А.А. Убывающие числовые последовательности в социологии: факты, объяснения, прогнозы//Социолог. исслед. 2001, № 7, С. 113-119. (<http://www.ecsocman.edu.ru/socis/msg/248253.html>)
14. Logistic Distribution. (http://en.wikipedia.org/wiki/Logistic_distribution)
15. Давыдов А.А. Зависимость между Global Innovation Index BCG, Innovation Capacity Index и Global Innovation Index INSEAD. Официальный сайт РОС,2010. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53)
16. Давыдов А.А. О совместном влиянии некоторых переменных на инновационное развитие. Официальный сайт РОС,2010. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53)
17. Давыдов А.А. К вопросу о влиянии инновационного развития на общество. Официальный сайт РОС,2010. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53)
18. Давыдов А.А. Россия: начальные условия модернизации. Официальный сайт РОС,2010. (http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53)
19. EasyFit Professional (Version 5.4) (<http://www.mathwave.com/easyfit-distribution-fitting.html>)
20. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.:Мир, 1973.
21. Давыдов А.А. Системный подход в социологии: законы социальных систем. М.: Эдиториал УРСС, 2004.

Благодарность. Автор выражает признательность доктору технических наук С.В.Цирелю (Санкт-Петербург) за полезное обсуждение полученных результатов.