

## СРЕДНЯЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАЦИОНАЛЬНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Ключевые слова:** национальные инновационные системы, эффективность, системная социология

### Введение

Анализ процессов «входа-выхода» в социальных системах [1] - одна из классических исследовательских задач системной социологии [2]. В частности, для национальных инновационных систем (множество взаимосвязанных экономических, социальных, технологических, правовых и т.д. переменных, образующих системную целостность в рамках национального государства) [3] научное и практическое значение имеет формула (1), которая показывает эффективность национальной инновационной системы.

$$E = \frac{I_{output}}{I_{input}}, \quad (1)$$

где

$E$  - эффективность национальной инновационной системы

$I_{output}$  - «выход» национальной инновационной системы

$I_{input}$  - «вход» национальной инновационной системы

Значение  $E$  (1) можно образно интерпретировать как коэффициент полезного действия (КПД) национальной инновационной системы.

В практике международных сравнительных исследований национальных инновационных систем стран мира, значения  $I_{output}$  и  $I_{input}$  измеряют с помощью Global Innovation Index INSEAD [3] с помощью нормированных субиндексов Innovation Output Index и Innovation Input Index. В Innovation Output Index включено множество переменных, например, доля высоких технологий в экспорте, рост ВВП (валовой внутренний продукт) и т.д. В Innovation Input Index также включено

множество переменных, например, расходы ВВП на образование, R&D (Research & Development), защита интеллектуальной собственности, качество высшего образования, научных исследовательских институтов и т.д. В таблице 1 представлены значения  $E$ ,  $I_{output}$ ,  $I_{input}$  для России за период 2008-2010 гг., измеренные с помощью Global Innovation Index INSEAD [3].

Таблица 1

## Эффективность национальной инновационной системы России

|   | 2008-2009 гг. | Место России среди 130 стран мира | 2009-2010 гг. | Место России среди 132 стран мира |
|---|---------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| Значение Innovation Output Index                    | 2.56          | 60                                | 2.6           | 51                                |
| Значение Innovation Input Index                     | 3.3           | 76                                | 3.47          | 82                                |
| Эффективность национальной инновационной системы, % | <b>77.6</b>   | 26                                | <b>74.9</b>   | 30                                |

[Цит. по 3]

Проведенный автором статистический анализ имеющихся данных [3], с помощью пакета SPSS, показал следующее. Для 2008-2009 гг. медиана распределения значений  $E$  (1) для 130 стран мира равна  $E_{med.} = 0.7122$ ; с 95% доверительной вероятностью среднее арифметическое значение  $\bar{E}$  заключено в интервале 0.7048 – 0.7307; 5% «урезанное» среднее равно 0.7159; M-Estimators Tukey's Biweight равно 0.71. Для 2009-2010 гг. медиана распределения значений  $E$  (1) для 132 стран мира равна  $E_{med.} = 0.6882$ ; с 95% доверительной вероятностью среднее арифметическое значение  $\bar{E}$  заключено в интервале 0.6694 – 0.709; 5% «урезанное» среднее равно 0.6836; M-Estimators Tukey's Biweight равно 0.682. Таким образом, эффективность национальной инновационной системы России, измеренная по формуле (1) по данным Global Innovation Index INSEAD [3], выше, чем среднее значение на множестве наблюдаемых стран мира.

Тот факт, что среднее значение  $\bar{E} \approx 0.7$  (1) или 70%, имеет простой содержательный смысл, поскольку не все вложения в образование, науку и разработку высоких технологий окупаются, в данном случае, приблизительно 30% вложений не окупаются. Причины данного явления, на уровне различных стран мира и конкретных переменных, входящих в Global Innovation Index INSEAD, подробно описаны в [3].

Отметим, что значения  $E(1)$  уже измерены [3] для групп стран и регионов мира, однако класс распределения вероятностей значений  $E(1)$  на множестве стран мира пока неизвестен, поскольку в предыдущих исследованиях [3] данная задача не ставилась. В этой связи автор поставил следующую исследовательскую задачу:

*Выявить класс распределения вероятностей значений  $E(1)$  на множестве стран мира.*

Решение поставленной задачи важно для обоснованного и точного вычисления среднего значения  $E(1)$  на множестве стран мира и выявления возможного статистического механизма формирования распределения вероятностей значений  $E(1)$ .

### **Методология**

Решение поставленной исследовательской задачи осуществлялось в рамках системной социологии [2], в частности, в рамках естественнонаучной методологической парадигмы [4]. Напомним, что системная социология относится к точным наукам, поэтому требуется максимально точное выявление класса распределения вероятностей и значений его параметров. Класс распределения вероятностей определяет статистическую закономерность формирования изучаемой величины и связан с режимом функционирования социальной системы. Например, известно, что распределение Ципфа [5] может определяться принципом «наименьшего усилия», логнормальное распределение [6] характерно для функционирования многоэлементной социальной системы со слабо связанными элементами, находящейся в состоянии динамического равновесия и т.д. В этой связи напомним, что некоторые классы вероятностных распределений представляют собой семейства распределений, например, семейства распределений Burr, Johnson и т.д., которые различаются типом, например, типы I, II, III и т.д. в зависимости от значений и количества параметров распределения. Множество распределений образуют иерархическую систему, где различные классы распределений, в зависимости от значений параметров распределения, могут являться частными случаями Generalized Distributions (более общих распределений). Например, частными случаями LogLogistic Distribution являются Burr Type XII Distribution и Dagum Distribution [7]. В целом, изучение классов распределений переменных в социальных системах – одна из классических задач в системной социологии [2,4,5-6], которая решается в рамках методологии

анализа стохастических систем. Например, автор совместно с А.Н.Чураковым [8] практически реализовали данную методологию в компьютерной экспертно-диагностической системе МАКС.

### **Методика**

Значения  $I_{output}$  и  $I_{input}$  (1) по странам мира автор заимствовал из Global Innovation Index INSEAD [3], которые измерялись только в 2008-2009 гг. и 2009-2010 гг. В 2008-2009 гг. было измерено 130 национальных инновационных систем стран мира, в 2009-2010 гг. – 132 национальные инновационные системы.

Класс распределения значений  $E$  (1) по странам мира определялся с помощью пакета EasyFit Professional (Version 5.4) [9], предназначенного для автоматического определения классов распределения и вычисления среднего значения, моды и других статистик, соответствующих классу распределения. Данный пакет включает 55 распределений, например, наряду с широко известными социологам распределениями, такими как нормальное, логнормальное, логистическое, экспоненциальное, Парето, Коши, Лапласа, 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.

Выбор данного пакета для решения поставленной задачи был обусловлен следующими причинами. В пакете EasyFit Professional (Version 5.4) [9] представлены основные классы распределений, которые также имеются в пакетах R [10] и ModelRisk 3.0 [11] и других статистических пакетах, но решать поставленную задачу было удобнее и быстрее в пакете EasyFit Professional (Version 5.4) [9], поскольку он работает в автоматическом режиме и имеет развитую систему селекции моделей. Вместе с тем, некоторые классы распределений, которые имеются в пакетах R [10] и ModelRisk 3.0 [11], например Bradford Distribution [11], Benini Distribution, Davies Distribution [10], но не имеются в пакете EasyFit Professional (Version 5.4) [9], не использовались в проведенном анализе.

Окончательная селекция класса распределения осуществлялась по следующим критериям, принятым в системной социологии [4] для селекции вычислительных моделей: теоретическая, математическая и эмпирическая

обоснованность модели, точность аппроксимации, минимальное количество параметров в модели, устойчивость модели во времени.

### Полученные результаты

В ходе проведенного анализа, были получены результаты аппроксимации, некоторые из которых представлены в таблице 2.

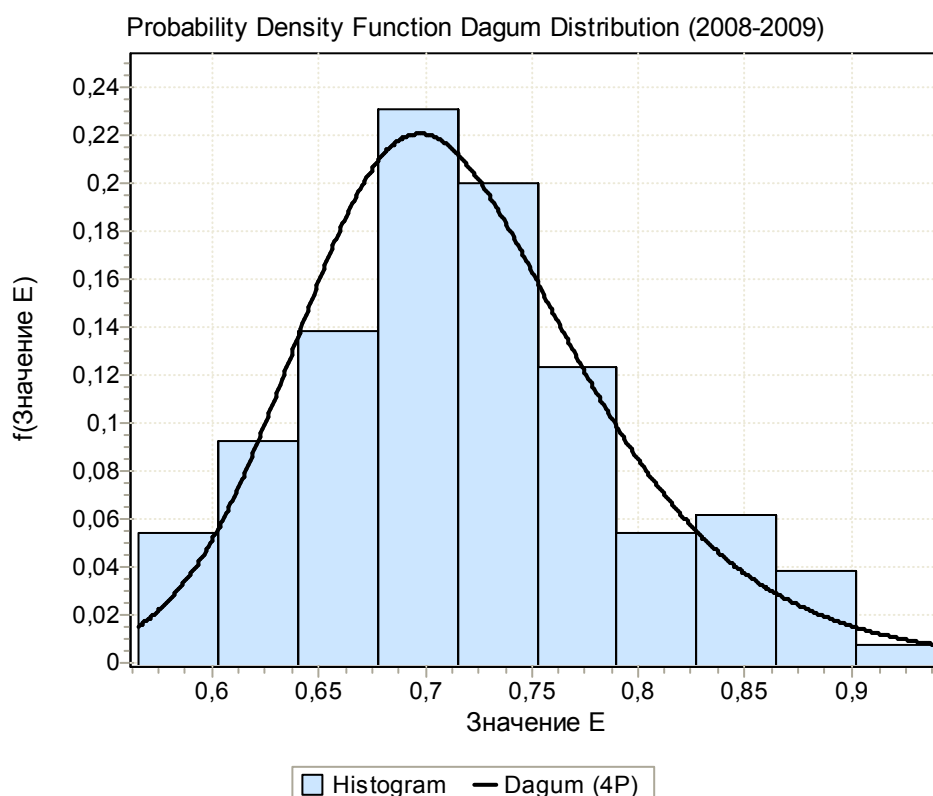
Таблица 2

Результаты аппроксимации классов распределений

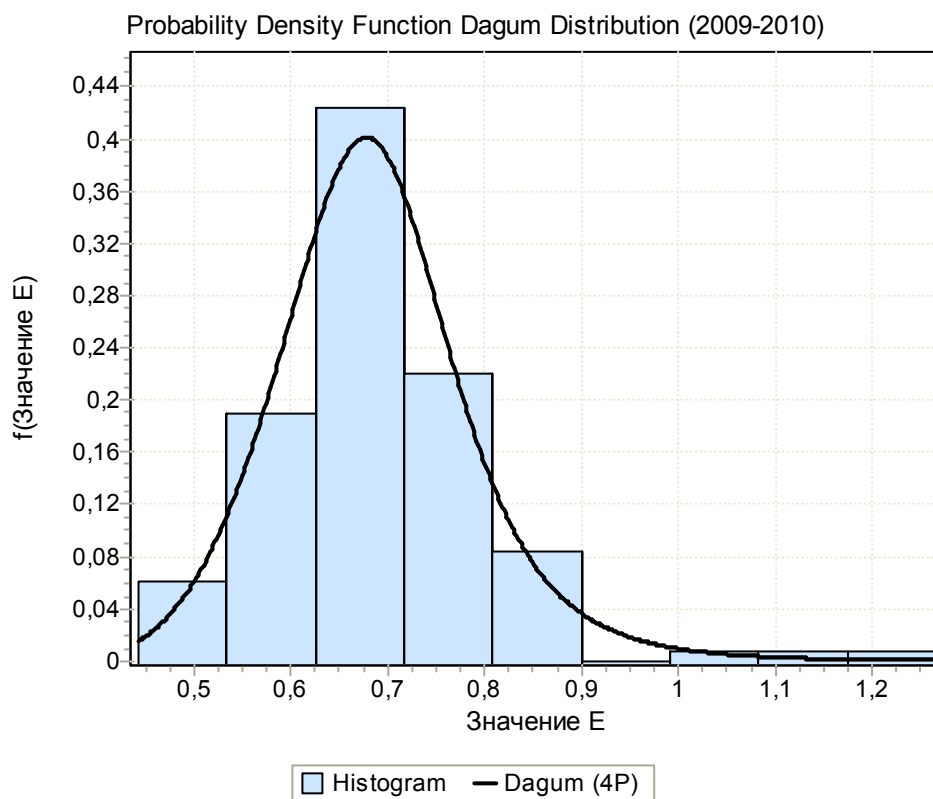
| Порядковый номер по точности аппроксимации | Классы распределений (2008-2009 гг.) | Классы распределений (2009-2010 гг.) | Классы распределений (2008-2010 гг.) |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1  | Dagum (4 Parameter)                  | Dagum (3 Parameter)                  | Dagum (3 Parameter)                  |
| 2  | Pearson5 (3 Parameter)               | Dagum (4 Parameter)                  | Dagum (4 Parameter)                  |
| 3  | Burr (3 Parameter)                   | Cauchy                               | Burr (4 Parameter)                   |

На основании принятых критериев селекции моделей, которые были изложены выше, была выбрана модель Dagum (4 Parameter) - Four-Parameter Dagum Distribution значений  $E$  (1), которая представлена на рис. 1-3.

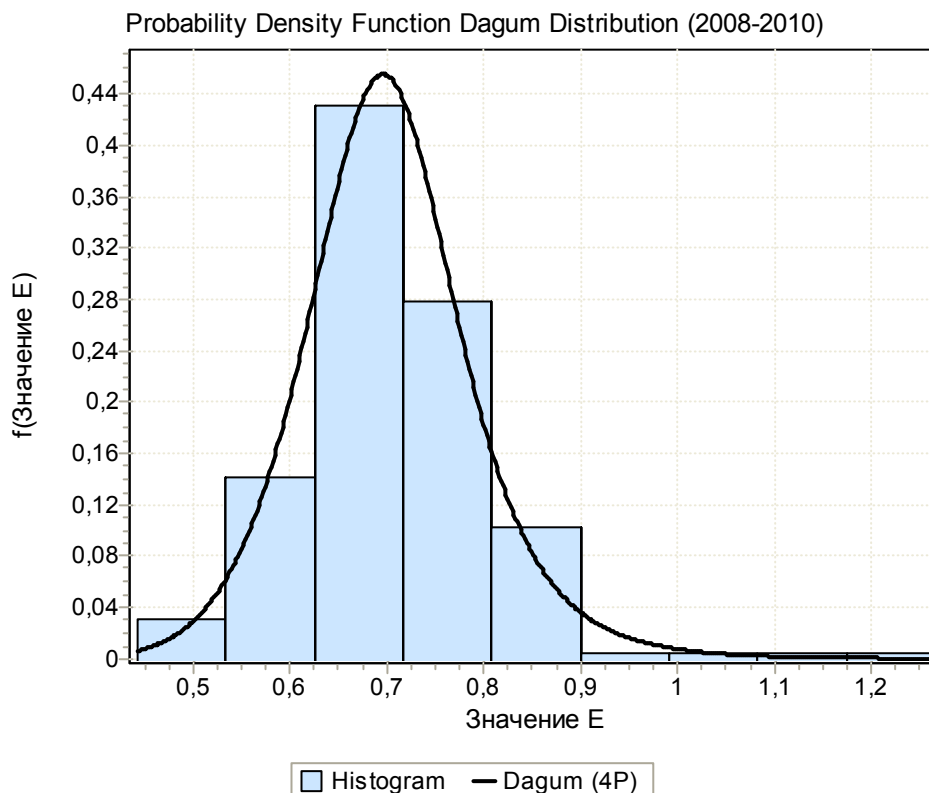
Рис.1



Примечание:  $\kappa = 2.8217$ ,  $\alpha = 7.1682E + 7$ ,  $\beta = 3.8228E + 6$ ,  $\gamma = -3.8228E + 6$   
Four-Parameter Dagum Distribution (2008-2009 гг.) Mean = 0.71806.



Примечание:  $\kappa = 0.55072$ ,  $\alpha = 7.6085$ ,  $\beta = 0.38644$ ,  $\gamma = 0.33847$   
Four-Parameter Dagum Distribution (2009-2010 гг.) Mean = 0.68652



Примечание:  $\kappa = 0.68476$ ,  $\alpha = 10.36$ ,  $\beta = 0.4791$ ,  $\gamma = 0.2445$

Four-Parameter Dagum Distribution (2009-2010 гг.) Mean = 0.70229

Таким образом, распределение значений  $E$  (1) - эффективности национальных инновационных систем стран мира на периоде 2008-2010 гг. можно хорошо аппроксимировать Four-Parameter Dagum Distribution (2).

Four-Parameter Dagum Distribution

(2)

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

где

$\kappa$  - continuous shape parameter ( $\kappa > 0$ )

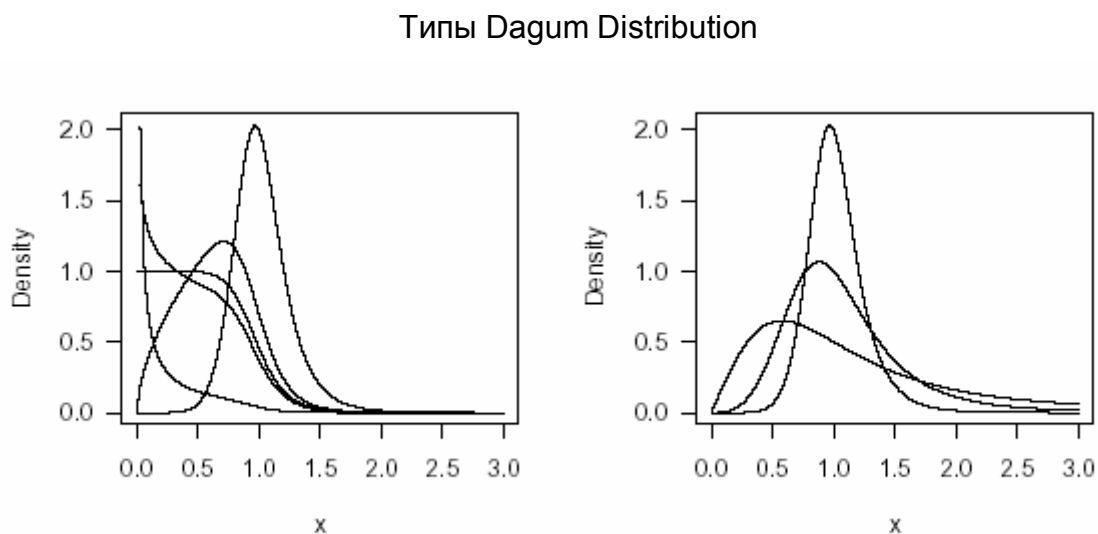
$\alpha$  - continuous shape parameter ( $\alpha > 0$ )

$\beta$  - continuous scale parameter ( $\beta > 0$ )

$\gamma$  - continuous location parameter ( $\gamma \equiv 0$  yields the three-parameter Dagum distribution)

На рис.4 представлены типы Dagum Distribution в зависимости от значений некоторых параметров распределения.

Рис.4



[Цит. по 12]

### **Обсуждение полученных результатов**

Напомним, что Dagum Distribution называется также Burr III Distribution, Inverse Burr Distribution или Кappa Distribution [12]. Частными случаями Dagum Distribution являются Inverse Lomax Distribution, Fisk Distribution, Inverse Paralogistic Distribution [12]. В свою очередь, Dagum Distribution является частным случаем LogLogistic Distribution [7] и Generalized Beta II Distribution [12].

Four-Parameter Dagum Distribution (2) и его частный случай Three-Parameter Dagum Distribution, используется [12-13] как статистическая экономическая модель распределения доходов и богатства в странах мира. В частности, Camilo Dagum [13], автор распределения (2), содержательно интерпретировал параметры  $\kappa$  и  $\alpha$  Three-Parameter Dagum Distribution, как параметры неравенства доходов в высокодоходных и низкодоходных группах, на основе доказанных математических теорем. В этой связи имеются основания полагать, что неравенство эффективности в группах низкоэффективных, среднеэффективных и высокоэффективных национальных инновационных систем стран мира [3], которым соответствуют значения параметров Four-Parameter Dagum Distribution (2), обуславливают соответствующее неравномерное распределение эффективности национальных инновационных систем  $E$  (1) в социуме. В частности, длинный «хвост» групп стран мира с высокой эффективностью национальных инновационных систем (см. рис.2), вероятность встречаемости которых в социуме низкая.



Исходя из Four-Parameter Dagum Distribution (2), точное среднее значение эффективности национальных инновационных систем в 2008-2009 гг. составило 71.8%, в 2009-2010 гг.- 68.6%. Снижение средней эффективности национальных инновационных систем может быть обусловлено происходящим, в данный период времени, экономическим кризисом в социуме.

### **Выводы**

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. Распределение значений эффективности национальных инновационных систем стран мира, которое измерялось с помощью Global Innovation Index INSEAD на периоде 2008-2010 гг., можно хорошо аппроксимировать Four-Parameter Dagum Distribution.
2. Исходя из Four-Parameter Dagum Distribution, точное среднее значение эффективности национальных инновационных систем в 2008-2009 гг. составило 71.8%, в 2009-2010 гг.- 68.6%, в целом за период 2008-2010 гг. - 70%.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Давыдов А.А., Чураков А.Н. Анализ процессов «входа-выхода» в социальных системах//Социолог. исслед. 1999, № 5, С. 115-117.  
(<http://www.ecsocman.edu.ru/socis/msg/238403.html>)
2. 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>)
3. Global Innovation Index INSEAD.  
(<http://www.globalinnovationindex.org/gii/main/home.cfm>)
4. Давыдов А.А. Системная социология: введение в анализ динамики социума. М.: ЛКИ, 2007.
5. 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>)

6. Давыдов А.А. Системный подход в социологии: законы социальных систем. М.: Эдиториал УРСС, 2004.
7. Log-logistic\_distribution ([http://en.wikipedia.org/wiki/Log-logistic\\_distribution](http://en.wikipedia.org/wiki/Log-logistic_distribution))
8. Давыдов А.А., Чураков А.Н. Модульный анализ и моделирование социума. М.: ИСАН, 2000.
9. EasyFit Professional (Version 5.4) (<http://www.mathwave.com/easyfit-distribution-fitting.html>)
10. Package R. (<http://www.r-project.org/>)
11. ModelRisk 3.0. (<http://www.vosesoftware.com/>)
12. Kleiber C. A Guide to the Dagum Distributions. Basel.: The Center of Business and Economics University of Basel, 2007.  
([http://www.econbiz.de/archiv1/2009/98270\\_guide\\_dagum\\_distributions.pdf](http://www.econbiz.de/archiv1/2009/98270_guide_dagum_distributions.pdf))
13. Dagum C. Wealth distribution models: analysis and applications// Statistica, 2006, Vol 66, №3. (<http://rivista-statistica.cib.unibo.it/article/view/1243>)