

## **РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА В СОЦИУМЕ: РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СТРАН МИРА**

В статье представлено выявленное Wakeby распределение значений Human Development Index (HDI) – индекс развития человека, для стран мира за период 1980-2010 гг.

**Ключевые слова:** развитие человека, статистическое распределение, системная социология

### **Введение**

В международной деятельности ООН [1] фундаментальной социальной концепцией и приоритетной целью международного сообщества является «Human Development» (развитие человека), которая базируется на Всеобщей декларации прав человека, принятой Генеральной Ассамблеей ООН в 1948 году. В сравнительных международных исследованиях ООН, развитие человека в социуме (множество стран мира) измеряют с помощью индекса Human Development Index (HDI) – Индекса развития человеческого потенциала (ИРЧП)[1-3].

Известно [4], что значения Human Development Index (HDI) приближенно линейно, связаны с уровнем инновационного развития стран мира. Также известно [5], что распределение значений эффективности национальных инновационных систем стран мира описывается Dagum распределением. Следовательно, можно предположить, что распределение значений Human Development Index (HDI) можно аппроксимировать Dagum распределением. В этой связи сформулируем гипотезу исследования.

**Гипотеза.** *Распределение значений Human Development Index (HDI) на периоде 1980-2010 гг. на уровне социума в целом можно точно аппроксимировать Dagum распределением.*

Проверка выдвинутой гипотезы – важная исследовательская задача для реализации подпрограммы Президиума РАН «Комплексный системный анализ и математическое моделирование мировой динамики», для построения компьютерных моделей строения и динамики социума в рамках имитационной методологической парадигмы Multi-Agent-Based Social Simulations (MABSS) [6], для развития системной теории строения и динамики социума [7], для заполнения пропусков в Базе Данных ООН [1], поскольку отсутствующие эмпирические данные по странам мира – это серьезная теоретико-методологическая и методическая проблема, которая ограничивает аналитическую деятельность ООН.

### ***Теория***

Проверка выдвинутой гипотезы осуществлялась в рамках системной социологии [7-8] на основе общесистемной теории стохастических систем. Напомним, что системная социология является разделом Systems Science (науки о системах), базируется на общей теории систем, множестве частных теорий социальных систем, в частности, теории стохастических систем и относится к точным наукам.

### ***Методология***

Проверка выдвинутой гипотезы осуществлялась на основе естественнонаучной и компьютерной методологической парадигм системной социологии [7], в частности, с использованием методологии статистического моделирования.

Селекция моделей осуществлялась по теоретическим, методическим, вычислительным, компьютерным и другим критериям селекции моделей, принятым в системной социологии [7]. В частности, точности аппроксимации, простоты модели, устойчивости модели во времени, плодотворности следствий модели и т.д.

### ***Методика***

Для проверки выдвинутой гипотезы были использованы значения Human Development Index (HDI) [1-2] из Базы Данных ООН за период 1980-2010 гг. В 1980 г. ООН было учтено 95 стран мира по значениям HDI, в 1985 г. – 103 страны мира, в 1990 г. – 118 стран мира, в 1995 г. – 129 стран мира, в 2000 г. – 137 стран мира, в 2005 и 2010 г. – 169 стран мира. Очевидно, что имеющегося количества стран

мира недостаточно для надежного применения статистического метода, однако, в настоящий момент времени, это максимально полные сопоставимые официальные данные ООН по динамике Human Development Index (HDI) [1-2]. Поскольку имеющиеся данные являются существенно некорректными (недостаточное количество стран мира, ограниченный период наблюдения, данные с пропусками и т.д.) [7], то полученные результаты следует рассматривать как предварительные, для первого приближения.

Класс распределения значений Human Development Index (HDI) по странам мира определялся с помощью пакета EasyFit Professional (Version 5.3) [9], предназначенного для автоматической селекции классов статистических распределений. Данный пакет включает 55 классов распределений. 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.

### ***Полученные результаты***

В табл.1 представлены полученные результаты для 7 наиболее точных статистических распределений значений Human Development Index (HDI) для стран мира за 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 гг.

Таблица 1

Наиболее точные распределения значений Human Development Index (HDI)

<b>Год/ Распределение</b>	<b>1980</b>	<b>1985</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>
JohnsonSB	1	1	4	2	2	2	2
<b>Wakeby</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
GenPareto	3	4	-	-	3	6	3
Beta	4	5	3	-	-	5	5
PowerFunc	5	6	-	5	4	-	-
Dagum	6	7	2	6	6	3	4
GenGamma	7	-	-	-	-	-	-
Kumaraswamy	-	3	6	7	7	4	6
GenExtreme	-	-	5	3	5	7	-
Pert	-	-	7	4	-	-	-
Triangular	-	-	-	-	-	-	7

*Примечание:* цифры в ячейках таблицы обозначают ранг распределения по точности аппроксимации, где 1 – максимально точная мера аппроксимации.

Из табл.1 следует, что наиболее точным является Wakeby распределение. В табл.2 представлена динамика значений параметров Wakeby распределения значений Human Development Index (HDI) за период 1980-2010 гг.

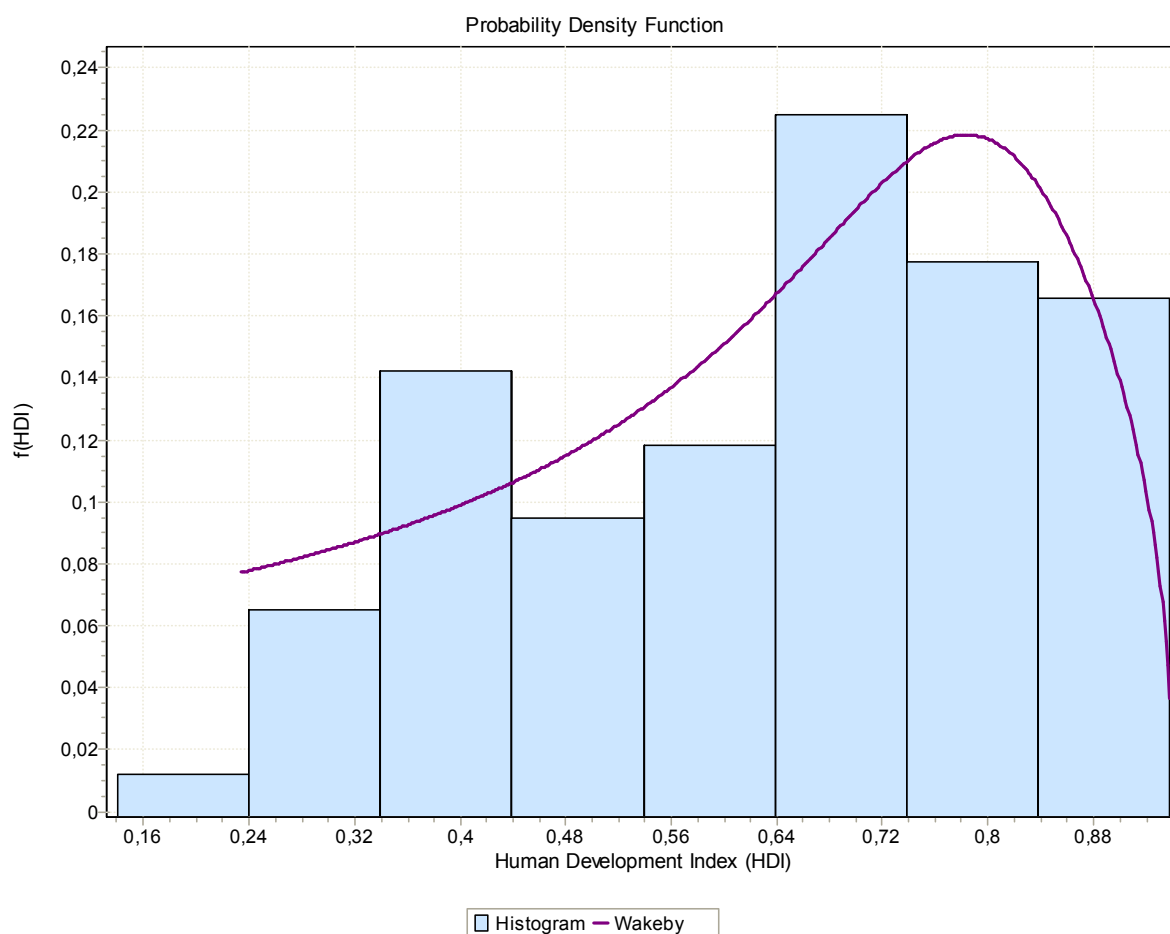
Таблица 2

Динамика значений параметров Wakeby распределения значений Human Development Index (HDI) за период 1980-2010 гг.

Год	Параметры Wakeby распределения				
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\delta$	$\xi$
1980	0.22854	5.296	0.69057	-1.1424	0.16041
1985	0.64419	4.692	0.51546	-0.96813	0.16565
1990	1.0814	4.4306	0.36584	-0.80889	0.16661
1995	1.4378	5.989	0.40873	-0.8322	0.16078
2000	0.91919	3.9729	0.39761	-0.80541	0.19203
2005	0.9385	2.9966	0.27993	-0.68753	0.21542
2010	1.0243	3.1842	0.26791	-0.6975	0.23407

В качестве иллюстрации, на рис. 1 представлено Wakeby распределение значений Human Development Index (HDI) для 169 стран мира в 2010 г.

Wakeby распределение значений Human Development Index (HDI) для 169 стран мира в 2010 г.

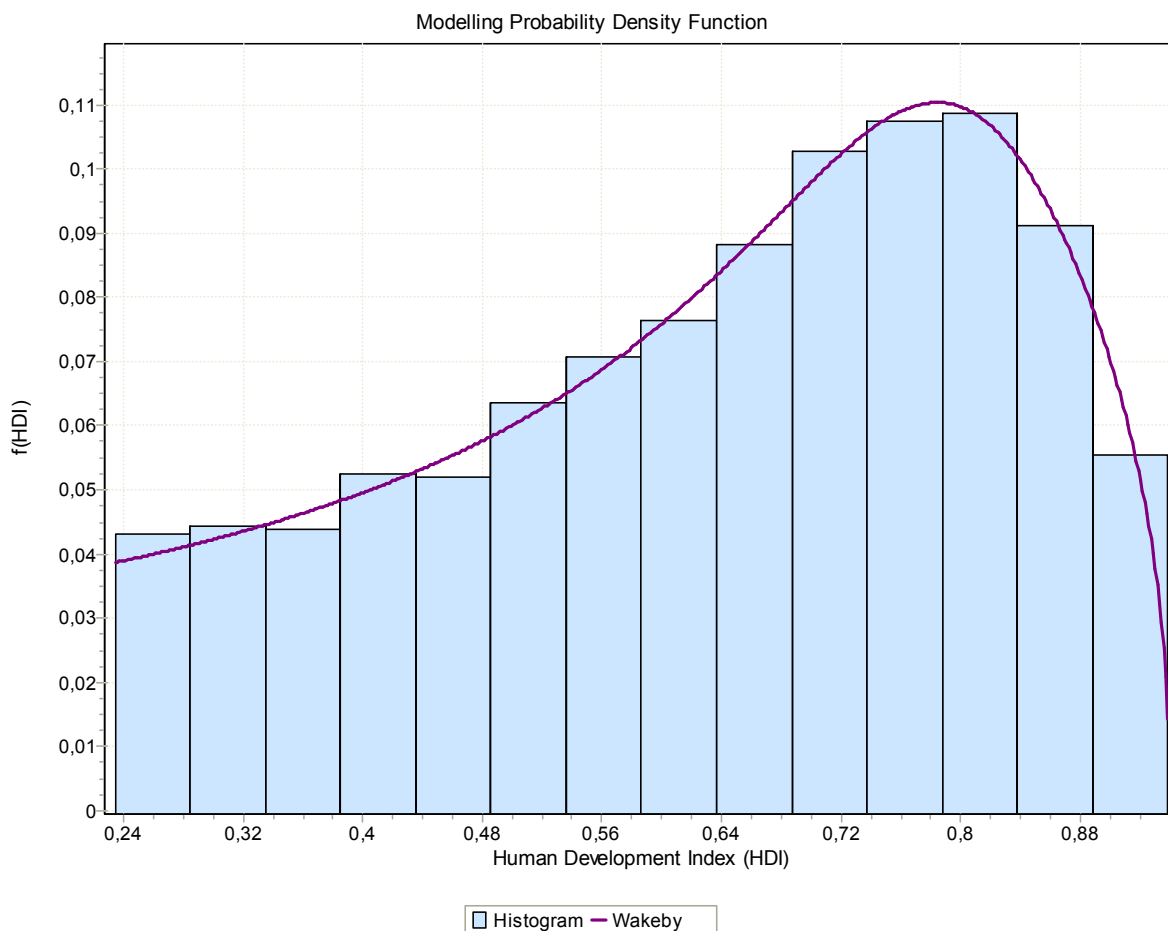


*Примечание:* значения параметров Wakeby распределения:  $\alpha=1.024289091$ ,  $\beta=3.184191469$ ,  $\gamma=0.2679088947$ ,  $\delta=-0.6974950639$ ,  $\xi=0.2340665192$

В этой связи напомним, что значение Human Development Index (HDI) для России в 2010 г. составило  $HDI_{Russia\_2010} = 0.719$ , что близко к модальному значению Wakeby распределения (см. рис.1).

Для большей наглядности полученных результатов, представленных на рис.1, автор с помощью пакета EasyFit Professional [9] сгенерировал модельное Wakeby распределение для 10000 значений Human Development Index (HDI) со значениями параметров распределения, представленных в примечании к рис. 1. На рис. 2 представлено сгенерированное модельное Wakeby распределение.

Модельное Wakeby распределение для 10000 значений Human Development Index (HDI)



### Обсуждение полученных результатов

Wakeby распределение (1) [10] относится к классу распределений экстремальных величин с цензурированным «хвостом» распределения, учитывает так называемый «separation effect» - когда низкие значения переменной описываются одним классом распределения, а высокие значения переменной описываются другим классом распределения и широко применяется в гидрологии [10].

$$x(F) = \xi + \frac{\alpha}{\beta} \left( 1 - (1 - F)^\beta \right) - \frac{\gamma}{\delta} \left( 1 - (1 - F)^{-\delta} \right) \quad (1)$$

$\beta$ ,  $\delta$  - shape parameters

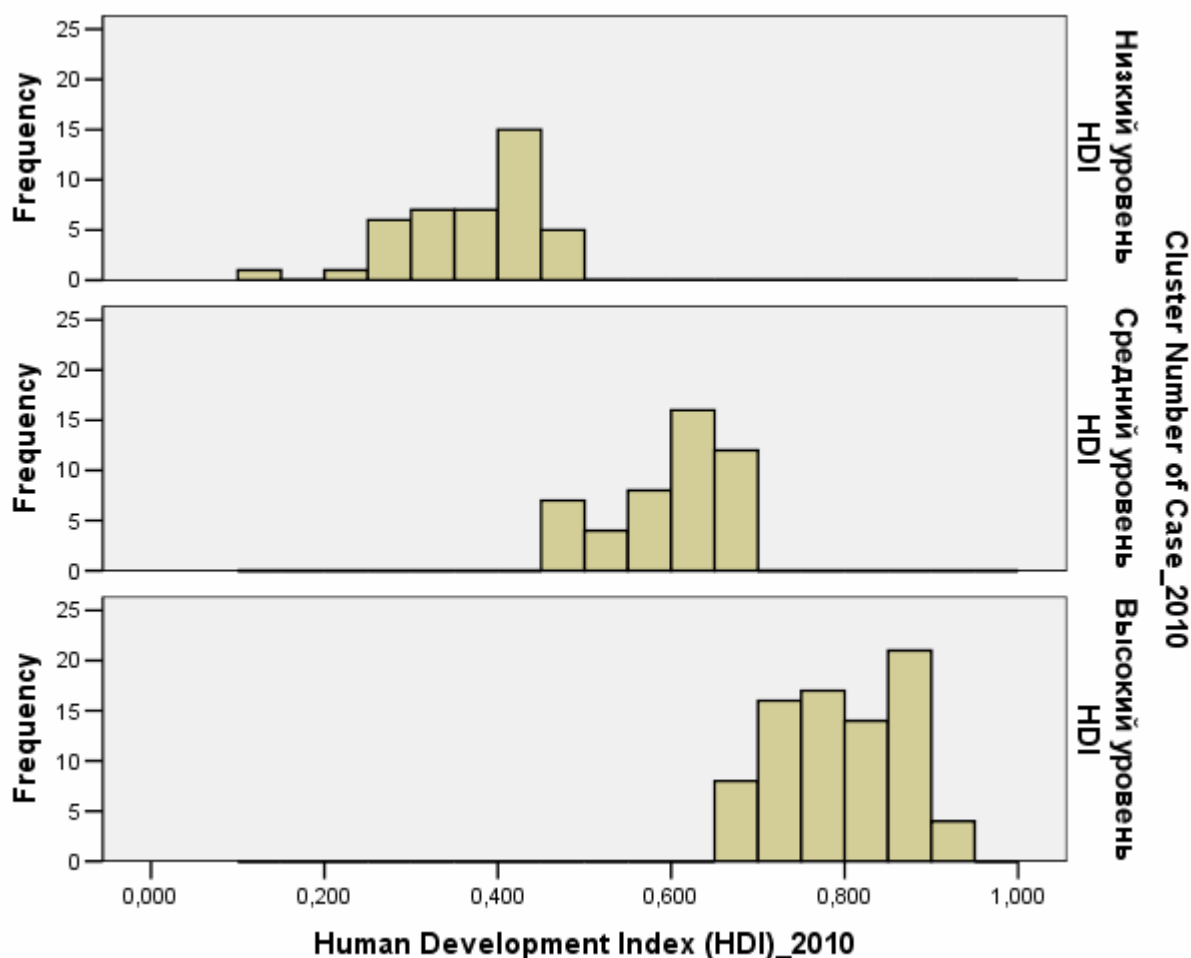
$\alpha$ ,  $\gamma$  - scale parameters

$\xi$  - location parameter

В этой связи напомним, что социофизика [11-12] – одно из классических направлений системной социологии [7-8], в рамках которой плодотворно используются физические модели для моделирования и прогнозирования социальных явлений и процессов. Также отметим, что «separation effect» наблюдается в распределении значений Human Development Index (HDI). В качестве иллюстрации на рис.3 представлено распределение значений Human Development Index (HDI) в 2010 г., в трех группах стран мира, а именно, Низкий уровень HDI, Средний уровень HDI и Высокий уровень HDI. Группировка стран мира осуществлялась автором с помощью кластерного анализа K-Means из пакета SPSS.

Рис.3

Распределение значений Human Development Index (HDI) в 2010 г., в трех группах стран мира: Низкий уровень HDI, Средний уровень HDI и Высокий уровень HDI

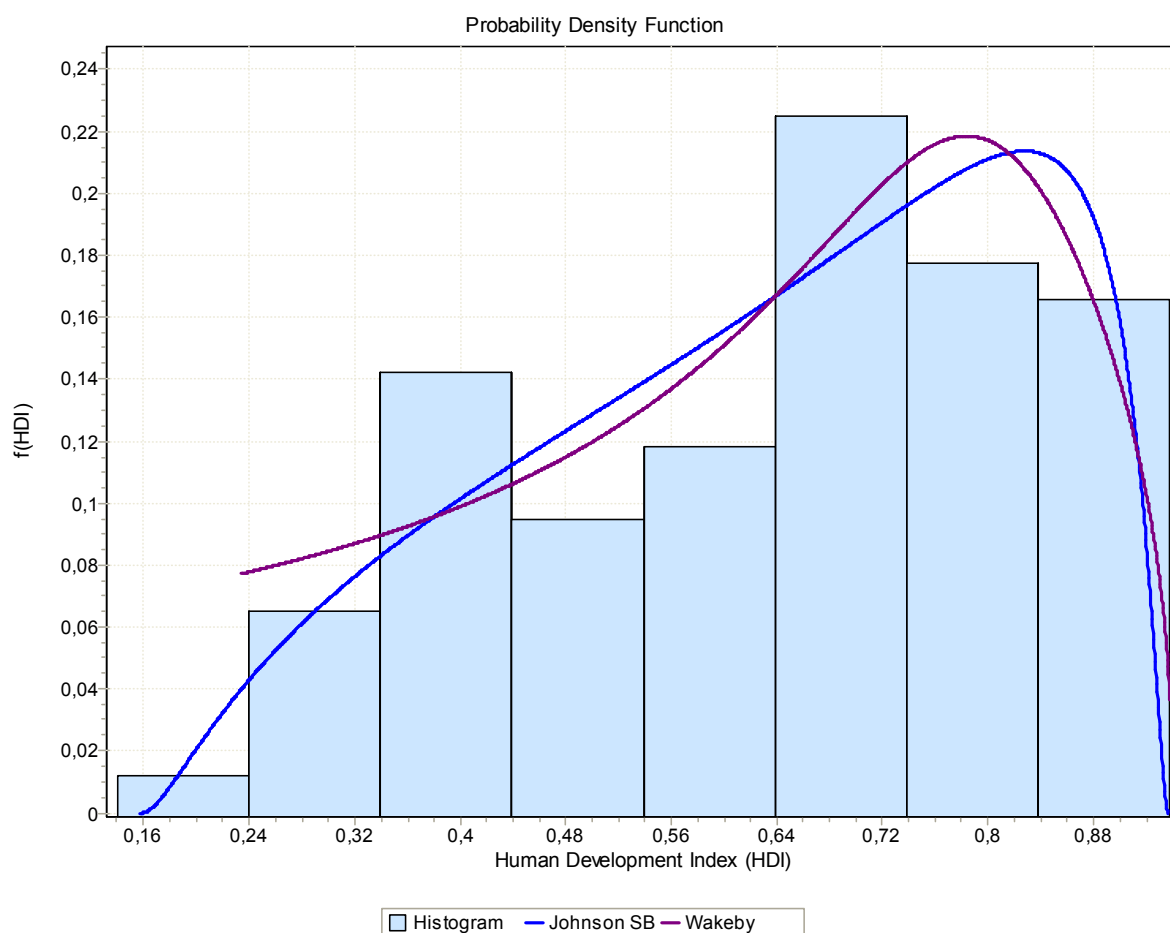


Из рис.3 следует, что распределение значений Human Development Index (HDI) в трех группах стран мира различается. Следовательно, Wakeby распределение адекватно для описания распределения HDI в гетерогенных (разнородных) системах, которой является социум (множество стран мира).

Из (1) следует, что Wakeby распределение относится к классу распределений с пятью параметрами, что свидетельствует о сложности данного распределения. Однако, если использовать более простое семейство распределений, например, четырехпараметрическое JohnsonSB распределение, второе по точности аппроксимации, после Wakeby распределения (см. табл.1), то мера аппроксимации существенно уменьшится. В качестве иллюстрации, на рис.4 представлено JohnsonSB распределение значений Human Development Index (HDI) за 2010 г., включающее четыре параметра, в сравнении с Wakeby распределением, которое включает пять параметров.

Рис.4

Сравнение Wakeby и JohnsonSB распределений для значений Human Development Index (HDI) за 2010 г.



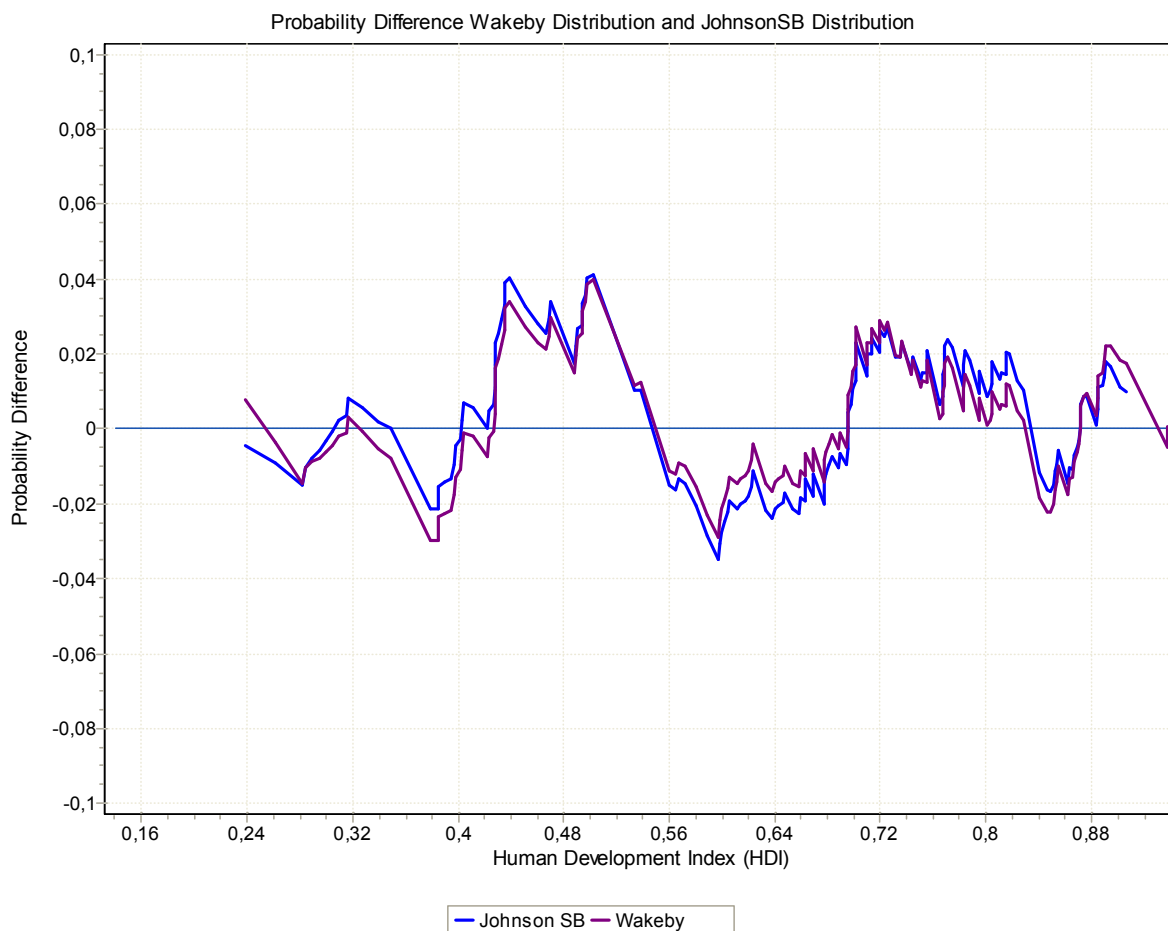
Для Wakeby распределения, представленного на рис.4, значение статистики Kolmogorov - Smirnov равно 0.0397125346, статистики Anderson - Darling равно 4.297340607, а для JohnsonSB распределения, значение статистики Kolmogorov - Smirnov составило 0.0411312421, статистики Anderson - Darling равно 8.14329085, что почти в два раза больше. На рис. 5 представлена вероятность различий



Wakeby и JohnsonSB распределений значений Human Development Index (HDI) за 2010 г. в зависимости от значений Human Development Index (HDI).

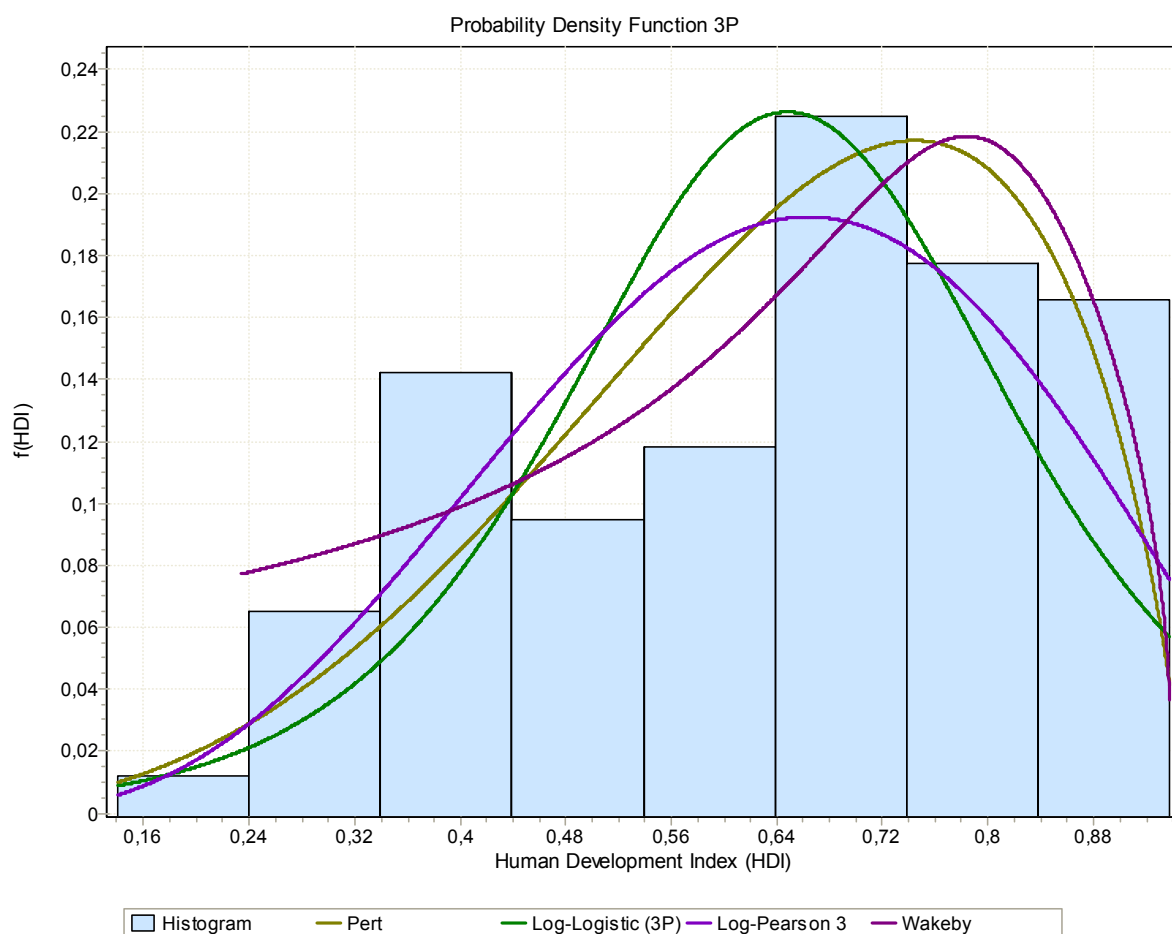
Рис.5

Вероятность различий Wakeby и JohnsonSB распределений значений Human Development Index (HDI) за 2010 г.



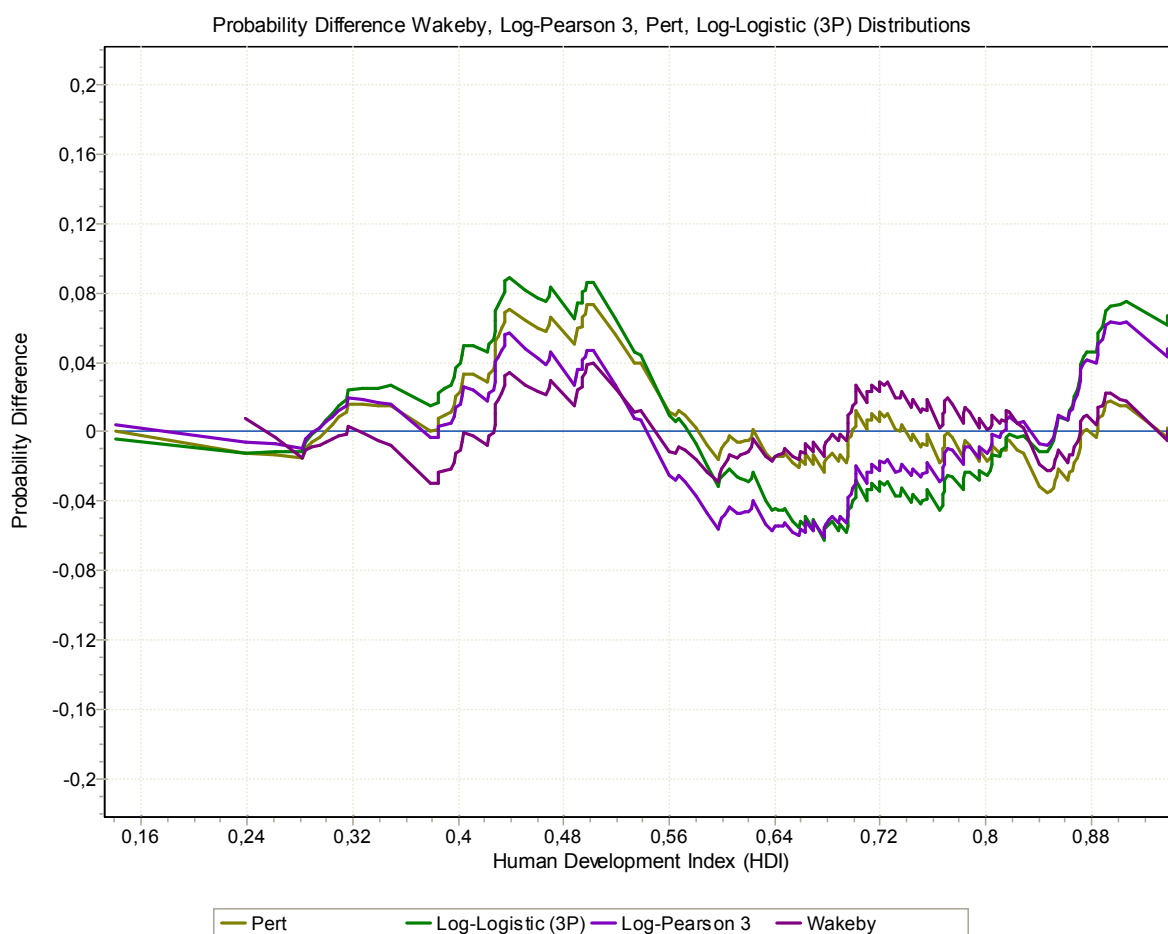
Если использовать еще более простое семейство распределений с тремя параметрами, то мера аппроксимации значительно уменьшается. В качестве иллюстрации на рис.6 представлены некоторые распределения значений Human Development Index (HDI) за 2010 г., включающие три параметра, в сравнении с Wakeby распределением.

Некоторые трехпараметрические распределения значений Human Development Index (HDI) за 2010 г. в сравнении с Wakeby распределением



На рис.7 представлена вероятность различий для трехпараметрических распределений значений Human Development Index (HDI) за 2010 г., представленных на рис. 6, в сравнении с Wakeby распределением.

Вероятность различий для некоторых трехпараметрических распределений значений Human Development Index (HDI) в сравнении с Wakeby распределением



В таблице 3 представлены значения статистик Kolmogorov - Smirnov и Anderson - Darling для Wakeby, Log-Pearson 3, Pert, Log-Logistic (3P) распределений значений Human Development Index (HDI) за 2010 г.

Таблица 3

Значения статистик Kolmogorov – Smirnov и Anderson - Darling для Wakeby, Log-Pearson 3, Pert, Log-Logistic (3P) распределений значений Human Development Index (HDI) за 2010 г.

Распределение HDI	Kolmogorov - Smirnov	Anderson - Darling
Wakeby	0.0397125346	4.297340607
Log-Pearson 3	0.066687448	1.438986348
Pert	0.0733921426	0.8155662121
Log-Logistic (3P)	0.0885903264	2.457165999

Исходя из теоретических, методических, вычислительных, компьютерных и других критериев селекции моделей, принятых в системной социологии [8], учитывая полученные результаты, представленные в табл.1,3, для проведения дальнейших исследований, автор остановился, в первом приближении, на Wakeby распределении.

Поскольку распределение значений Human Development Index (HDI) для 2005 и 2010 гг. можно точно аппроксимировать Wakeby распределением (см. табл.1), то можно было предположить, что различные функции от  $HDI_{2005}$  и  $HDI_{2010}$ , например, скорость (2), прирост  $\Delta HDI = HDI_{2010} - HDI_{2005}$ , отношение  $HDI_{2010} / HDI_{2005}$  и т.д., также можно точно аппроксимировать Wakeby распределением. Проведенные автором вычислительные эксперименты подтвердили данное предположение. В качестве иллюстрации, на рис. 8 представлено распределение средних скоростей значений Human Development Index (HDI) для 169 стран мира за период 2005-2010 гг., вычисленное по формуле (2).

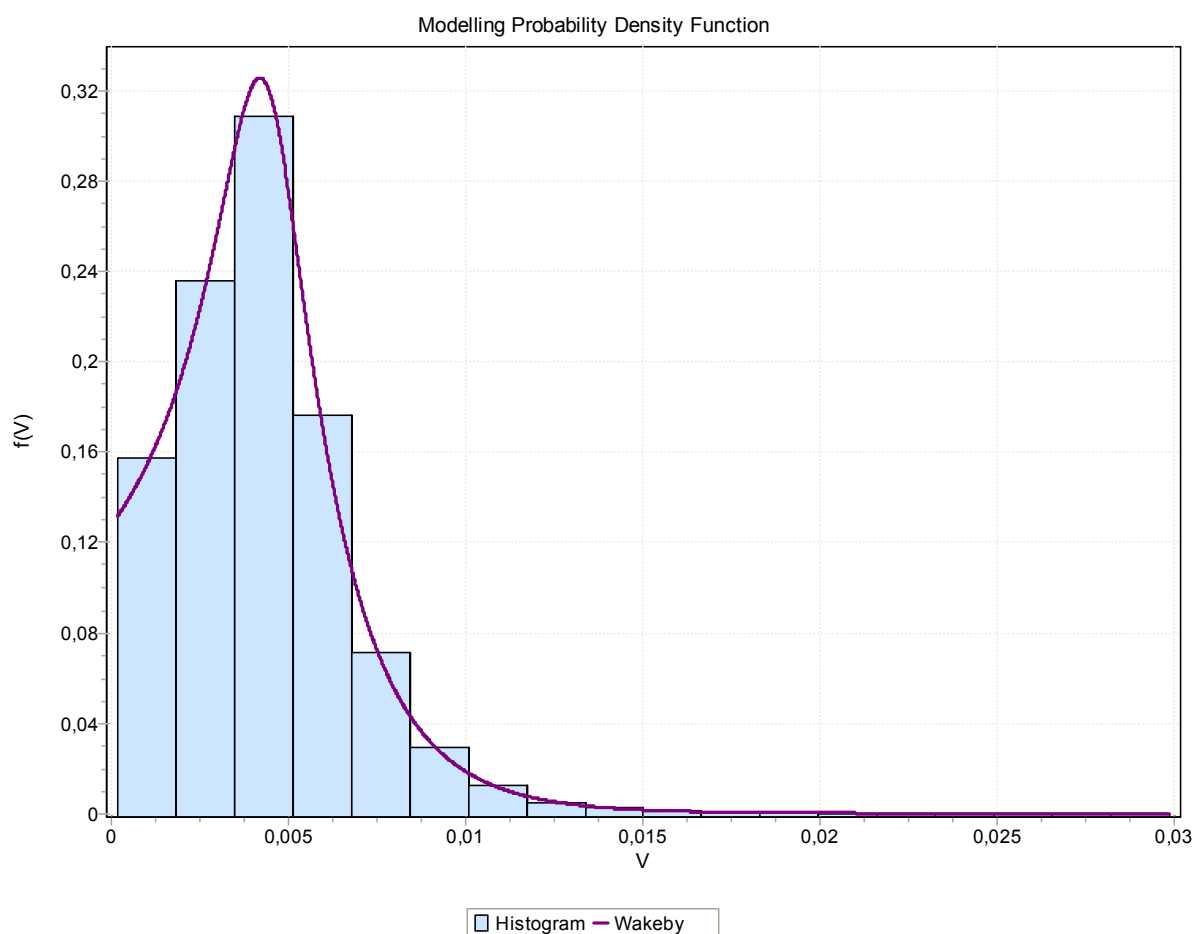
$$V = \frac{|HDI_{2010} - HDI_{2005}|}{5}, \quad (2)$$

где

$V$  - средняя скорость изменения значений HDI за период 2005-2010 гг.

Сначала по формуле (2) было вычислено Wakeby распределение со следующими значениями параметров:  $\alpha=0,0106542823$   $\beta=3,642050495$   $\gamma=0,0016808378$   $\delta=0,0391349547$   $\xi=1,661872014E-4$ . Затем с помощью пакета EasyFit Professional [9] автор сгенерировал модельное Wakeby распределение для 30000 значений  $V$  (2).

Модельное Wakeby распределение средних скоростей изменения значений HDI за период 2005-2010 гг. для 169 стран мира



В этой связи отметим, что средняя скорость изменения значений HDI для России за период 2005-2010 гг. составила  $V_{Россия} = 0.0052$ . По значению средней скорости изменения HDI за период 2005-2010 гг., Россия занимала 50-е место среди 169 стран мира, располагаясь рядом с Беларусью, Кыргызстаном, Арменией и Алжиром.

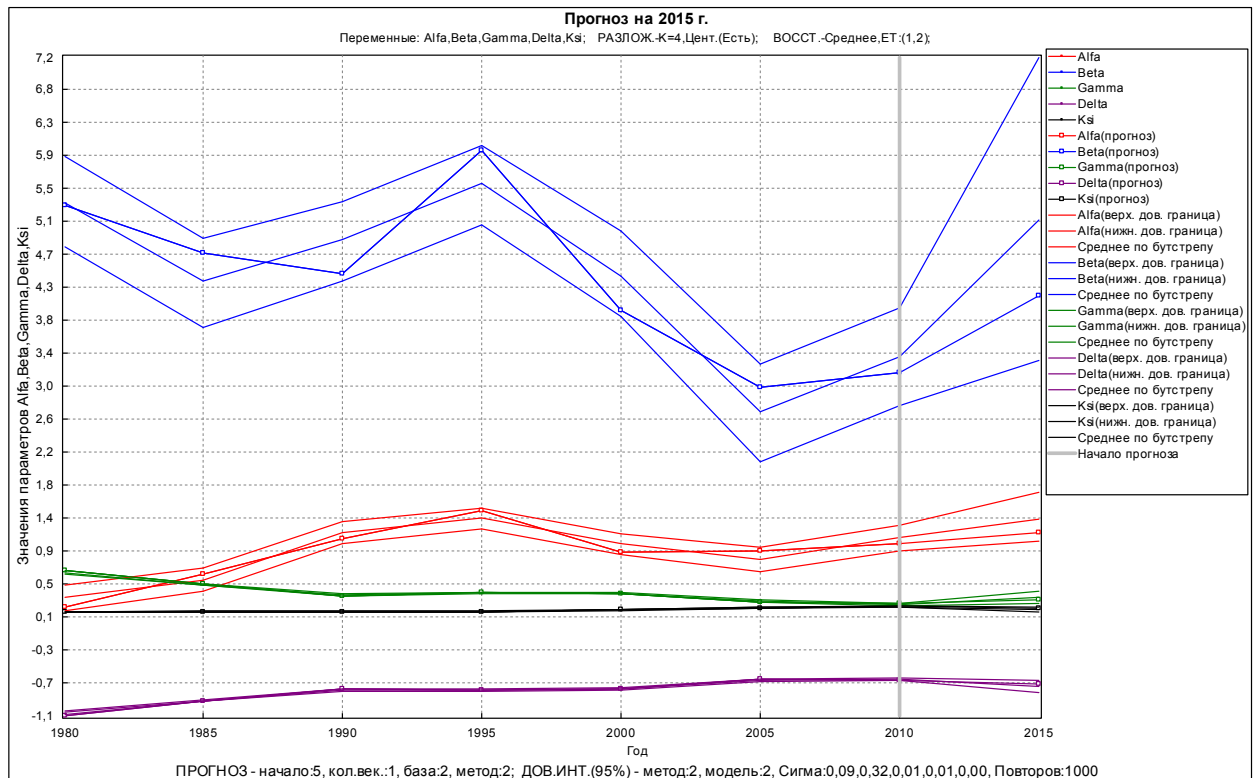
Также отметим, что распределение скоростей значений HDI стран мира, представленное на рис. 8, отличается от распределения скоростей инновационного развития стран мира, которое описывается Log-Logistic Distribution [13].

Из табл.2 следует, что значения параметров Wakeby распределения значений Human Development Index (HDI) на периоде 1980-2010 гг. изменяются с течением времени. Возможно, данные изменения обусловлены разным количеством стран мира в 1980, 1985, 1990, 1995, 2000, 2005 и 2010 гг. (см. выше раздел «Методика»). Однако, в 2005 и 2010 гг. было использовано в анализе

одинаковое количество стран мира, а именно, 169, при этом, изменения наблюдались, что может свидетельствовать в пользу гипотезы о наличии закономерностей в динамике значений параметров Wakeby распределения с течением времени. Если опираться на данную гипотезу, то тогда можно сделать прогноз. На рис. 9 представлен прогноз значений параметров Wakeby распределения, представленных в табл.2, с помощью пакета CaterpillarSSA [14], предназначенного для анализа и прогнозирования многомерных временных рядов. Применялся Singular Spectrum Analysis (SSA), в котором учитываются зависимости между временными рядами, с использованием бутстреп – метода (1000 прогонов модели с добавлением случайного «шума») для вычисления бутстреп-средних значений и построения 95% доверительных интервалов.

Рис.9

### Прогноз значений параметров Wakeby распределения на 2015 г.



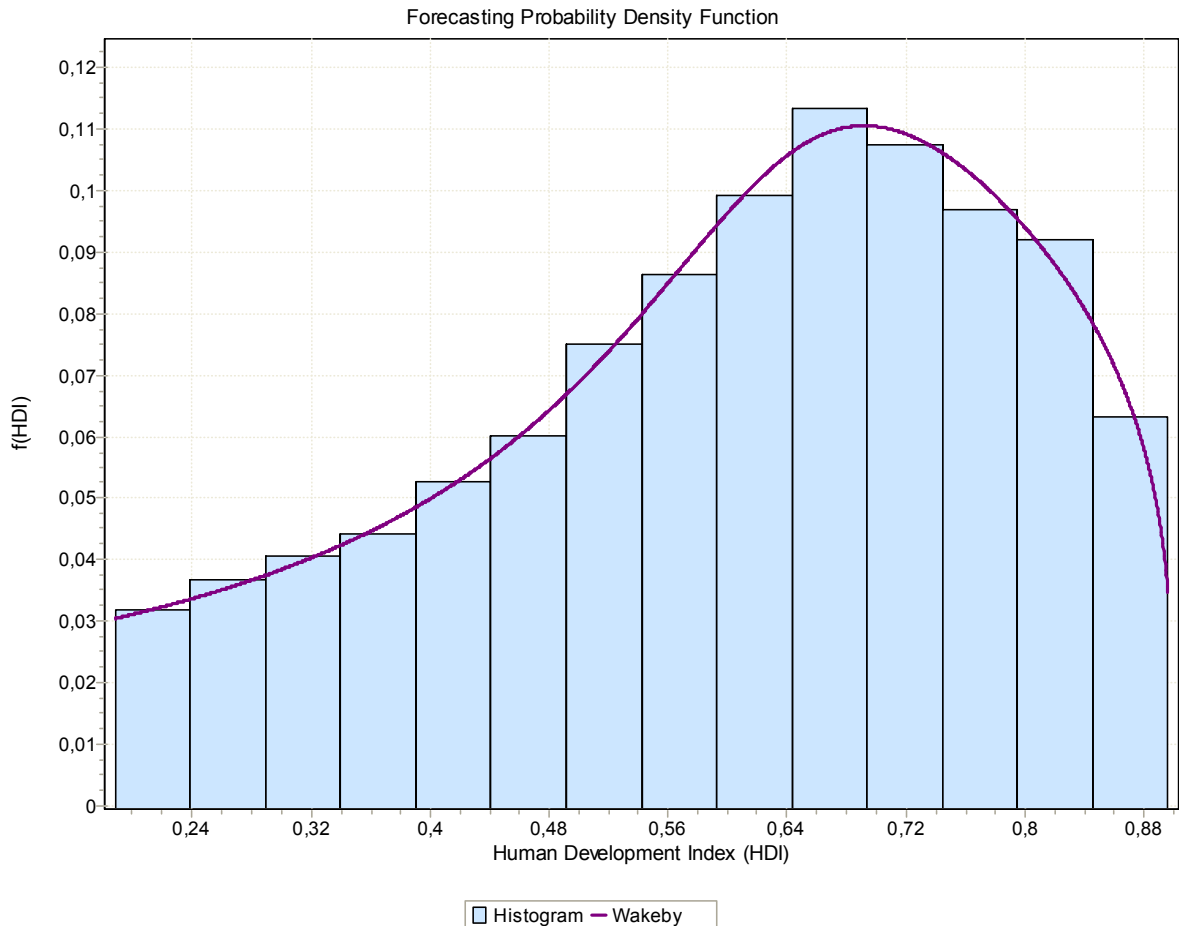
*Примечание:* Прогнозные значения на 2015 г.:  $1.056 \leq \alpha \leq 1.669$ ,  $\bar{\alpha} = 1.339$ ;  $3.345 \leq \beta \leq 7.176$ ,  $\bar{\beta} = 5.121$ ;  $0.268 \leq \gamma \leq 0.422$ ,  $\bar{\gamma} = 0.349$ ;  $-0.854 \leq \delta \leq -0.698$ ,  $\bar{\delta} = -0.781$ ;  $0.157 \leq \xi \leq 0.222$ ,  $\bar{\xi} = 0.188$ .

На рис.10 представлено сгенерированное с помощью пакета EasyFit Professional [9] модельное Wakeby распределение для 10000 значений Human Development Index (HDI) со средними значениями спрогнозированных на 2015 г. параметров распределения, представленных в примечании к рис. 9. На рис. 10

представлено сгенерированное прогнозное модельное Wakeby распределение значений Human Development Index (HDI) на 2015 г.

Рис.10

Прогноз Wakeby распределения значений Human Development Index (HDI) на 2015 г.



Примечание:  $\bar{\alpha} = 1.339$ ,  $\bar{\beta} = 5.121$ ,  $\bar{\gamma} = 0.349$ ,  $\bar{\delta} = -0.781$ ,  $\bar{\xi} = 0.188$ .

В заключение обсуждения полученных результатов можно отметить следующее. Уточнение полученных результатов – перспективная научная задача для последующих исследований.

### Выводы

В результате проведенного исследования было установлено следующее. *Выдвинутая гипотеза, согласно которой распределение значений Human Development Index (HDI) на периоде 1980-2010 гг. на уровне социума в целом можно точно аппроксимировать Daguit распределением, не получила эмпирического подтверждения. Более точным оказалось Wakeby распределение.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. United Nations Human Development Programme. (<http://hdr.undp.org/en/>)
2. Human Development Report 2010. The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development. UN, 2010. (<http://hdr.undp.org/en/>). Доклад о развитии человека 2010. Реальное богатство народов: пути к развитию человека. М.: «Весь мир», 2010.
3. Давыдов А.А. Динамика развития человека (Сборник статей). Официальный сайт РОС, 2011. ([http://www.ssa-rss.ru/index.php?page\\_id=22&id=53#13](http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53#13))
4. Давыдов А.А. Развитие человека и конкурентоспособность страны в социуме: долгосрочный прогноз для России. Официальный сайт РОС, 2011. ([http://www.ssa-rss.ru/index.php?page\\_id=22&id=53#13](http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53#13))
5. Давыдов А.А. Средняя эффективность национальных инновационных систем. Официальный сайт РОС, 2010. ([http://www.ssa-rss.ru/index.php?page\\_id=22&id=53#5](http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53#5))
6. Давыдов А.А. О компьютерной теории социальных агентов//Социологические исследования. 2006, № 2, С. 19-28. (<http://www.ecsocman.edu.ru/text/19034658/>)
7. Давыдов А.А. Системная социология: введение в анализ динамики социума. М.: ЛКИ, 2007.
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. EasyFit Professional (<http://www.mathwave.com/easyfit-distribution-fitting.html>)
10. Rao R., Hamed K. Flood Frequency Analysis. London.: CRC Press, 2000.
11. Sobkowicz P. Modelling Opinion Formation with Physics Tools: Call for Closer Link with Reality//Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2009, vol. 12, no. 1, 11. (<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/12/1/11.html>)
12. Castellano C., Fortunato S., Loreto V. Statistical physics of social dynamics// Accepted by Reviews of Modern Physics, 2007. (<http://arxiv.org/pdf/0710.3256>)
13. Давыдов А.А. Распределение скоростей инновационного развития стран мира. Официальный сайт РОС, 2010. ([http://www.ssa-rss.ru/index.php?page\\_id=22&id=53#5](http://www.ssa-rss.ru/index.php?page_id=22&id=53#5))
14. CaterpillarSSA. (<http://www.gistatgroup.com/gus/programs.html>)