



УДК 303.092.8:303.725:332.14

**МОДЕЛИ СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ СТРАН МИРА НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ
СТАТИСТИЧЕСКИХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ИНДИКАТИВНЫХ СОБЫТИЙ****THE WORLD COUNTRIES STATE AND DEVELOPMENT MODELS ON THE
INDICATIVE EVENTS STATISTICAL PROBABILITIES ASSESSMENT BASIS****А.В. Звягинцева
A.V. Zviagintseva***Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Россия, 308015, Белгород, ул. Победы, 85**Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia**E-mail: zviagintseva@bsu.edu.ru*

Аннотация. Работа направлена на поиск принципов оценки состояния и развития стран мира, которые позволяли бы создавать количественные модели с высокой степенью прогнозной достоверности на основании использования обширных массивов статистических данных. Состояние объектов (стран) определялось конкретными наблюдаемыми событиями и совокупностью их наблюдаемых свойств, параметры которых формируются под действием условий внешней среды. В работе показано, что статистические вероятности характерных событий, отражающих особенности в изменении и развитии конкретных объектов (систем), могут выступать как некоторые комплексные характеристики для оценки состояния этих объектов. Предложены формализованные методы, позволяющие разрабатывать количественные модели для оценки состояния стран мира. Разработаны критерии для ранжирования стран в многомерном пространстве их состояний. Возможности подхода продемонстрированы на примере разработки альтернативных методик расчета индекса человеческого развития Программы развития ООН и оценки Всемирного индекса счастья. В работе использовались базы данных Программы развития ООН и данные исследовательского центра New Economics Foundation.

Resume. The work is aimed at world countries state assessment principles finding, which would allow to create a quantitative model with high predictive reliability based on statistical data arrays extensive use. Status objects (countries) defines a specific set of observable events and their observed properties, the parameters of which are formed under the environmental conditions influence. It is shown that the specific events statistical probability, reflecting in particular the change and specific objects (systems) development may act as some complex characteristics to these facilities condition assessment. Proposed formal methods to develop quantitative models to world countries state assessment. The criteria for ranking countries in the multidimensional space of their states proposed. Capabilities approach demonstrated by the human development methodology example for the human development assessing, alternative to the United Nations Development Programme human development index. The paper we used the base of the UN Development Programme data. Established the countries ranks that characterize the human development level. The proposed method feature is the objective approach use and the lack of expert dependency application for evaluation.

Ключевые слова: страны мира, социально-экономические системы, формализованные методы и принципы моделирования, вероятность состояний, модели данных и событий.

Keywords: world countries, socio-economic systems, formal methods and modeling principles, probability states, data models and events.

Введение

В области глобалистики в связи с развитием вычислительной техники и различных систем сбора и обработки информации опытные и статистические данные накапливаются очень быстрыми темпами. Для изучения такой информации исследователи разрабатывают методы интеллектуального анализа данных, которые были бы универсальны по отношению к данным различной природы. В этой области сформировалось целое научное направление, которое ориентировано на применение естественнонаучных методов исследований в общественных науках.

Сегодня в теории моделирования систем назревает кризис – количество методов и средств анализа и моделирования растет очень быстрыми темпами, а опытная база для их апробации



существенно отстает. При этом нельзя сказать, что данных недостаточно, чаще всего эти данные не структурированы и представляют собой хранилища разноплановой информации, которая требует значительного труда по обработке и ассимиляции данных. В теории систем для применения естественнонаучных методов исследований в социально-экономических и гуманитарных науках используются подходы, обеспечивающие тесную связь между теорией и экспериментом. Здесь речь может идти об феноменологических методах исследований, которые вполне можно использовать при обработке и анализе структурированных массивов данных, характеризующих физические, биологические, социальные и общественные процессы.

Целью данной статьи является поиск принципов моделирования в области глобалистики и анализа развития стран мира, которые позволяли бы разрабатывать количественные модели с высокой степенью прогнозной достоверности на основании использования обширных массивов статистических данных.

Принципы и подходы при создании моделей

Основная идея данной работы связана с созданием новых методов феноменологического анализа данных, представленных в виде временных рядов измерений или наблюдений различных величин. Для целого ряда систем возможно формирование таблично-временных массивов информации. Обычно такие данные имеют структуру таблиц в виде матриц «объекты-параметры», причем множество таблиц (t) упорядочено по времени, например, годам, месяцам, часам и т.д. В качестве объектов выступают однотипные классы, например, природные объекты одного вида, технические системы, близкие по технологии производства, профильные предприятия, города, районы, страны и т.д. В качестве параметров (показателей), отражающих свойства определенных видов систем, могут быть различные физические, химические, биологические, природно-ресурсные, технологические, социально-экономические или идентификационные величины, имеющие количественную характеристику. Для определенного объекта значения каждого из параметров в таблично-временном массиве данных будут представлены временным рядом из опытных точек в количестве t , которые задаются с определенным лагом. В свою очередь, каждый объект в определенный момент наблюдения находится в некотором состоянии и характеризуется совокупностью параметров. Подобный общепринятый подход позволяет определить состояние объекта как совокупность его наблюдаемых свойств, параметры которых формируются под действием условий окружающей среды в конкретный момент времени.

Предположим, что для k однотипных объектов, формирующих систему определенной природы, в таблично-временных массивах данных содержится количественная информация об n атрибутивных показателей, характеризующих множество самых различных свойств данной системы. Перечень атрибутивных показателей определяется сложившимися в научном сообществе представлениями о поведении изучаемой системы, корреляционным анализом данных или другими методами установления наиболее значимых переменных. Любое множество n переменных для параметров свойств задает n -мерное пространство. Точки этого пространства соответствуют n -мерным наборам значений всех переменных z_1, z_2, \dots, z_n . Таким образом, состояние любого объекта в n -мерном пространстве в каждый момент времени будет отображаться многомерной точкой $M = M(z_1, z_2, \dots, z_n)$, будем называть ее фигуративной точкой. Тогда процесс изменения состояния объекта во времени будет характеризоваться кривой в n -мерном пространстве, которая описывается фигуративной точкой $M = M(z_1, z_2, \dots, z_n)$ в этом пространстве. Рассмотрим сложное событие A_j одновременного наблюдения нескольких параметров и определим, что состояние определенного объекта в заданный момент времени будет зависеть не только от совокупности значений параметров свойств для этого объекта, но и от наблюдаемого события. Будем считать, что существует вероятность данного события, которая может быть определена. Назовем данную статистическую вероятность вероятностью состояния изучаемой системы. Статистические вероятности для сложного события A_j могут быть найдены с использованием различных алгоритмов перебора, группировки и подсчета частот благоприятных событий в общей выборке всех наблюдений [Аверин, Звягинцева, 2012; Аверин, 2014]. Основное условие для определения статистической вероятности – наличие достаточно большого [Звягинцева, 2016] количества данных наблюдений.

Существование статистических вероятностей событий является основной вероятностной закономерностью, связанной со свойством устойчивости относительных частот событий. Данное свойство – универсальная особенность в поведении многих систем. Следует отметить, что статистические вероятности наиболее характерных событий, отражающих особенности в изменении и развитии конкретных систем, могут выступать как некоторые комплексные



характеристики систем. Таким образом, на основе переменных z_1, z_2, \dots, z_n можно сформировать n -мерное пространство координат $\{z_1, z_2, \dots, z_n\}$, где возможные состояния системы образуют область Q^n , охватывающую все наблюдаемые в опыте точки. Каждой точке M_i можно поставить в соответствие некоторую вероятность характерного события w_i .

Основной принцип, который принимается при построении моделей описания данных, состоит в непрерывности модельной среды. Поэтому первая гипотеза заключается в том, что мы предполагаем непрерывность области Q^n . Это означает, что в пространстве состояний Q^n существует бесконечное множество состояний для некоторой генеральной совокупности объектов системы и точки состояний $M = M(z_1, z_2, \dots, z_n)$ непрерывно заполняют это пространство. Будем также считать, что опытные точки $M_i(z_1, z_2, \dots, z_n)$ являются ограниченной выборкой наблюдений из данной генеральной совокупности. Второй важный аспект заключается в принятии гипотезы существования вероятности состояния относительно некоторого характерного события для каждой точки информационного пространства Q^n . Для построения моделей данных также принимаем гипотезу о непрерывности величины w в области Q^n в виде скалярного поля $w = w(M)$.

Предположим, что в области Q^n можно задать аналитическую непрерывную функцию $\theta = \theta(z_1, z_2, \dots, z_n)$, на основе которой будет формироваться математическая модель. При известном виде функции $\theta = \theta(z_1, z_2, \dots, z_n)$ и значениях переменных z_1, z_2, \dots, z_n в области Q^n можно построить еще одно скалярное поле, которое будем называть средой моделирования. Также предположим, что в пространстве состояний системы Q^n скалярные поля величин w и θ однозначно связаны между собой. Если в окрестности любой точки M объект системы осуществляет некоторый процесс l , то для линии процесса l справедливо соотношение $dw = c_l \cdot d\theta$, где c_l – эмпирические величины, которые являются функциями процесса. Более подробно основные принципы, подходы, идеи и рабочие гипотезы, положенные в основу разработки теории комплексной оценки и многопараметрического ранжирования объектов на основе событийной оценки, изложены в ранее опубликованной работе автора [Звягинцева, 2016].

В работах [Аверин, Звягинцева, 2013а, б; Звягинцева, Аверин, 2013; Zviagintseva, 2014; Averin et al., 2015a, b; Звягинцева, 2016] показано, что принятых допущений достаточно для построения феноменологических описаний данных, представленных таблично-временными массивами информации. Данные описания связаны с многомерными уравнениями Пфаффа вида:

$$dw = c_1 \cdot \frac{\partial \theta}{\partial z_1} dz_1 + c_2 \cdot \frac{\partial \theta}{\partial z_2} dz_2 + \dots + c_n \cdot \frac{\partial \theta}{\partial z_n} dz_n, \quad (1)$$

где феноменологические величины c_i определяются по данным наблюдений.

Решения уравнений Пфаффа позволяют получить общие интегралы, которые по своему виду близки к функциям состояния и широко используются в термодинамике – это энтропия и термодинамические потенциалы. Энтропия является характеристической функцией пространства состояний системы. Также в многомерном пространстве Q^n для уравнения (1) существует общий интеграл (потенциал) вида $U(z_1, z_2, \dots, z_n) = C$, который представляет собой поверхность, ортогональную векторным линиям энтропии. В общем случае среда моделирования в области Q^n может быть представлена в виде различных функциональных зависимостей относительно атрибутивных параметров: мультипликативными, степенными, аддитивными, экспертными или иными зависимостями, входящими в классы однородных или мультипликативных функций. В работах [Аверин, Звягинцева, 2012; Аверин, 2014] установлено, что при этих условиях среда моделирования θ в пространстве Q^n позволяет использовать квазилинейные многомерные уравнения в частных производных первого порядка, которые тесно связаны с уравнениями Пфаффа вида (1). Например, для случая $\theta = z_1 \cdot z_2 \cdot \dots \cdot z_n / (z_{1_0} \cdot z_{2_0} \cdot \dots \cdot z_{n_0})$ энтропия s и потенциал U для уравнения (1) определяются в виде:

$$s - s_0 = c_1 \cdot \ln \left(\frac{z_1}{z_{1_0}} \right) + c_2 \cdot \ln \left(\frac{z_2}{z_{2_0}} \right) + \dots + c_n \cdot \ln \left(\frac{z_n}{z_{n_0}} \right), \quad (2)$$

$$U - U_0 = \frac{(z_1 - z_{1_0})^2}{c_1} + \frac{(z_2 - z_{2_0})^2}{c_2} + \dots + \frac{(z_n - z_{n_0})^2}{c_n}. \quad (3)$$

Здесь $z_{1_0}, z_{2_0}, \dots, z_{n_0}$ – параметры некоторого опорного состояния.



Энтропия s и потенциал U могут быть приняты в качестве обобщенных критериев для комплексной оценки объектов в многомерном пространстве Q^n по выбранным показателям. Их наиболее важной особенностью является то, что они являются функциями состояния системы при справедливости условия существования скалярного поля вероятности состояния системы w . Изменение данных функций зависит только от начального и конечного состояния системы и не зависит от пути перехода системы между этими состояниями [Аверин, 2014]. Энтропия будет определять направление процесса развития объекта в поле направлений развития всех объектов в целом, а потенциал – принадлежность состояния объекта некоторой поверхности уровня, ортогональной линиям энтропии.

Предлагаемый метод тесно связан с логикой построения теории термодинамики, так как изначально вводятся феноменологически определяемые величины c_i , характеризующие процессы изменения и развития объектов. Особенность предложенного подхода заключается в том, что исходные гипотезы могут быть приняты или отвергнуты на основе обработки имеющихся данных опыта или наблюдений, характеризующих поведение той или иной системы.

Пример построения моделей для анализа и развития стран мира

Индекс человеческого развития. Использование данного подхода проиллюстрируем на примере разработки методики оценки человеческого развития, альтернативной методике расчета индекса человеческого развития Программы развития ООН (ПРООН).

В 2010 году в методике ПРООН для расчета человеческого развития в качестве атрибутивных переменных стали использоваться следующие показатели: средняя продолжительность обучения (z_1), лет; ожидаемая продолжительность обучения (z_2), лет; валовый национальный доход (ВНД) на душу населения в пересчете по паритету покупательной способности (ППС) в долларах США (z_3); ожидаемая продолжительность жизни (z_4), лет.

В качестве характерного события для определения вероятности состояния объектов выберем совместное событие одновременного наблюдения указанных выше четырех атрибутивных переменных. Для этого воспользуемся базами данных Докладов о человеческом развитии [Human..., 2007–2008; Human..., 2009; Human..., 2010; Human..., 2011; Human..., 2013], которые охватывают данные по странам мира с 2008 по 2013 годы. Алгоритмы подсчета частот благоприятных событий [Аверин, Звягинцева, 2013; Аверин, 2014] дают возможность найти значение вероятности состояния для каждой страны мира, исходя из имеющегося массива опытных данных. Статистическая вероятность w подсчитывается во всей группе объектов (169 стран мира).

Для поиска нелинейных связей между переменными воспользуемся методом пробит-анализа, разработанным известным энтомологом Ч. Блоссом [Bliss, 1934]. С учетом (2) свяжем полученную вероятность w с распределениями атрибутивных переменных в массиве опытных данных, в результате чего будем иметь регрессионную зависимость вероятности от энтропии состояния системы:

$$Prob = -3.050 + s; w = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{Prob} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt;$$

$$s = 0.338 \cdot \ln\left(\frac{z_1}{z_{1_0}}\right) + 0.861 \cdot \ln\left(\frac{z_2}{z_{2_0}}\right) + 0.165 \cdot \ln\left(\frac{z_3}{z_{3_0}}\right) + 2.403 \cdot \ln\left(\frac{z_4}{z_{4_0}}\right). \quad (4)$$

Коэффициент корреляции зависимости (4) составил 0.98. Атрибутивные переменные относились к значениям $z_{1_0}, z_{2_0}, z_{3_0}, z_{4_0}$, которые соответствуют выбранному опорному состоянию. В качестве опорного состояния приняты показатели развития страны Нигер в 2008 году, как одной из самых слаборазвитых стран, которые, в частности, равны: $p_{1_0} = 1.4$ лет; $p_{2_0} = 4.3$ лет; $p_{3_0} = 675$ \$; $p_{4_0} = 52.5$ лет.

Выполненные исследования позволяют устанавливать связи вероятности совместных событий наблюдения четырех атрибутивных показателей с вероятностями других событий. На рисунках 1 и 2 показаны зависимости вероятностей событий, связанных с младенческой смертностью и количеством интернет-пользователей в различных странах мира, от вероятности состояния w .

Полученные результаты дают возможность предложить объективный метод оценки развития стран мира и построить систему прогнозирования их показателей. В целом суть метода основывается на гипотезе существования скалярного поля вероятности состояния и связи величины $\theta = \theta(z_1, z_2, \dots, z_n)$ с распределением статистической вероятности состояния системы, исходя из оценки вероятности совместных событий наблюдения показателей z_1, z_2, z_3, z_4 .

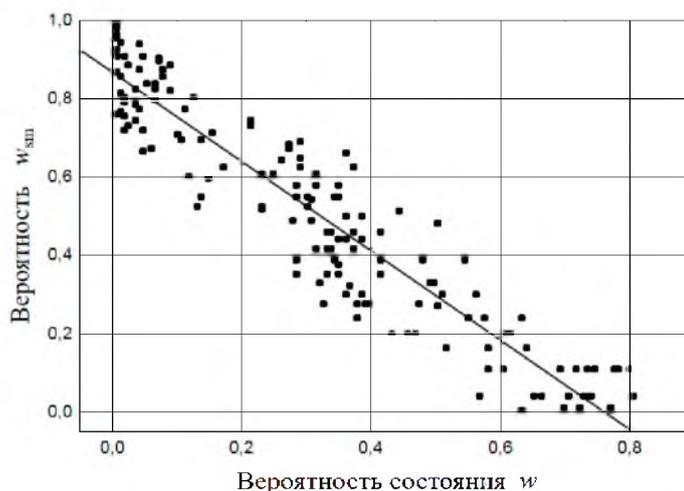


Рис. 1. Зависимость вероятности событий w_{sm} , связанных с младенческой смертностью в странах мира, от вероятности состояния w

Fig. 1. The dependence of the events probability w_{sm} connected with infantile mortality in the world countries on the state probability w

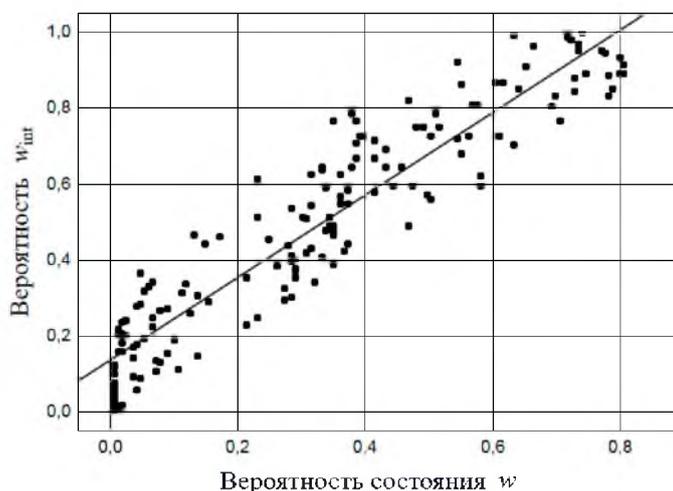


Рис. 2. Зависимость вероятности событий w_{int} , связанных с количеством интернет-пользователей в странах мира, от вероятности состояния w

Fig. 2. The dependence of the events probability w_{int} connected with the Internet users number in the world countries on the state probability w

При справедливости принятых гипотез в пространстве наблюдаемых состояний системы Q^n можно построить криволинейные координаты, которые определяют некоторое поле направлений, отражающее среднестатистические тенденции в развитии всего класса объектов. Все это позволяет предложить методику оценки человеческого развития, как альтернативу известной методике ПРООН. Особенностью предлагаемой методики является использование объективного подхода и отсутствие применения экспертных зависимостей для оценки. Зависимости для комплексной оценки основываются на определении функций состояния системы – энтропии и потенциала. Для рассматриваемого случая энтропия s и потенциал U определяются выражениями (2) и (3). Каждая страна в процессе своего развития будет занимать некоторое положение относительно множества других стран. Энтропия будет определять направление процесса развития страны в поле направлений развития системы в целом, потенциал – принадлежность точки некоторой поверхности уровня, ортогональной линиям энтропии, при условии определенной вероятности состояния (постоянной энтропии).

С учетом вероятностной оценки сложных совместных событий, связанных с совместным наблюдением показателей z_1, z_2, z_3, z_4 , на основе определения значений потенциала U были определены ранги развития для каждой страны мира, исходя из уровня человеческого развития



стран в период 2008–2013 годов. Результаты ранжирования стран мира по уровню и темпам развития приведены в таблице 1.

К первым пяти странам, имеющим самый высокий уровень развития в 2013 году, относятся: Катар, Лихтенштейн, Кувейт, Сингапур и Бруней. Видно, что из Большой двадцатки стран мира (G20) в этом списке нет ни одной страны, а из ЕС – присутствует только Люксембург. По темпам развития в период 2008–2013 годов к пятерке быстро развивающихся стран относятся: Катар, Кувейт, Сингапур, Бруней и Саудовская Аравия.

К пяти странам, имеющим самый низкий уровень развития, относятся Эфиопия, Того, Гвинея, Гвинея-Бисау и Мозамбик. Все эти страны находятся в Африке. По темпам развития в 2008–2013 годах самыми отстающими странами были: Уганда, Нигер, ЦАР, Малави, Соломоновы острова.

Россия в рейтинге по уровню развития в 2013 году занимала 44 место, в свою очередь, Казахстан – 53, Белоруссия – 62, Украина – 97 место. По темпам развития в 2008–2013 годах Россия находилась на 24 месте, Казахстан на 25, Белоруссия на 52, а Украина на 95 месте. За этот же период Россия в темпах человеческого развития опережала Италию, Францию, Японию, Англию, Канаду, Эстонию, однако отставала от США, Германии, Швеции, Литвы, Латвии.

Рейтинги стран мира по уровню развития, определенные по методике расчета индекса человеческого развития ПРООН, существенно отличаются от рейтинга, рассчитанного на основе данного подхода (табл.). Для большинства развитых стран методика ПРООН обеспечивает завышенные рейтинги уровня развития, а для многих развивающихся стран – заниженные рейтинги. Все это говорит о том, что индекс человеческого развития дает более благоприятную интегральную оценку для стран «золотого миллиарда» (США, Канада, Австралия, Япония, страны Евросоюза) и менее благоприятную для всех остальных стран.

Таблица
Table

Значения потенциала (U), его изменение (ΔU) и рейтинги стран в процессах развития стран мира в 2008–2013 годах

Values of potential (U), its change (ΔU) and countries ratings in the world countries developments processes in 2008–2013

| Страны мира | Потенциал Страны U (2013 г.) | Изменение потенциала ΔU (2008–2013 гг.) | Ранги стран согласно предложенной методики | | Ранги стран по ИЧР согласно методики ПРООН (2013 г.) |
|---------------|--------------------------------|---|--|--------------------------------|--|
| | | | уровень развития (2013 г.) | темпы развития (2008–2013 гг.) | |
| Норвегия | 365995 | 56065 | 6 | 11 | 1 |
| Швейцария | 259015 | 116708 | 9 | 6 | 3 |
| США | 245219 | 46445 | 11 | 13 | 5 |
| Германия | 166119 | 54351 | 14 | 12 | 6 |
| Канада | 157264 | 23242 | 18 | 26 | 8 |
| Сингапур | 469250 | 255069 | 4 | 3 | 9 |
| Швеция | 167274 | 44982 | 13 | 15 | 12 |
| Исландия | 110534 | 63424 | 25 | 10 | 13 |
| Англия | 109843 | -485.4 | 26 | 165 | 14 |
| Гонконг | 245864 | 63685 | 10 | 9 | 15 |
| Япония | 121041 | 13151 | 23 | 41 | 17 |
| Франция | 120260 | 14557 | 24 | 38 | 20 |
| Италия | 95662 | 17025 | 28 | 33 | 26 |
| Чехия | 54018 | 7856 | 40 | 59 | 28 |
| Греция | 54522 | -13679 | 39 | 167 | 29 |
| Катар | 1269241 | 704098 | 1 | 1 | 31 |
| Эстония | 49085 | 22596 | 43 | 27 | 33 |
| Польша | 41441 | 12999 | 49 | 43 | 35 |
| Литва | 50583 | 30832 | 42 | 18 | 35 |
| Словакия | 57580 | 15484 | 37 | 36 | 37 |
| Венгрия | 40482 | 13057 | 51 | 42 | 43 |
| Латвия | 44168 | 29103 | 45 | 20 | 48 |
| Беларусь | 24179 | 9174 | 62 | 52 | 53 |
| Румыния | 27282 | 12446 | 57 | 45 | 54 |
| Россия | 45899 | 25014 | 44 | 24 | 57 |
| Болгария | 21306 | 10146 | 66 | 50 | 58 |

Окончание таблицы

| | | | | | |
|-------------|-------|-------|-----|-----|-----|
| Турция | 30315 | 14329 | 55 | 39 | 69 |
| Казахстан | 33911 | 24475 | 53 | 25 | 70 |
| Азербайджан | 22215 | 15313 | 65 | 37 | 76 |
| Бразилия | 18266 | 8178 | 70 | 56 | 79 |
| Грузия | 4334 | 2101 | 103 | 99 | 79 |
| Украина | 6115 | 2220 | 97 | 95 | 83 |
| Армения | 5723 | 2961 | 99 | 90 | 87 |
| Китай | 11812 | 7084 | 80 | 62 | 91 |
| Египет | 9688 | 6584 | 86 | 63 | 110 |
| Молдова | 2317 | 1389 | 117 | 105 | 114 |
| Узбекистан | 2490 | 1595 | 115 | 104 | 116 |
| Индия | 2356 | 1380 | 116 | 106 | 135 |
| Пакистан | 1917 | 1295 | 121 | 109 | 146 |
| Нигерия | 2551 | 2153 | 114 | 98 | 152 |
| Эфиопия | 118.0 | 67.0 | 160 | 151 | 173 |
| Нигер | 28.6 | 28.2 | 165 | 161 | 187 |

Индекс счастья. Теперь проиллюстрируем возможности предложенных методов на примере разработки методики, которая является альтернативой известной методике расчета Всемирного индекса счастья [Нарру..., 2012]. Данный индекс (Happy Planet Index) представляет собой оценку, отражающую благосостояние людей и состояние окружающей среды в разных странах мира. Индекс предложен исследовательским центром New Economics Foundation (NEF) в 2006 году.

В методике NEF в качестве атрибутивных переменных для расчета индекса используются следующие показатели: средняя продолжительность жизни (z_1), лет; показатель субъективной удовлетворенности жизнью людьми (z_2), бал; показатель экологического следа (z_3), ГГа/чел. Для решения поставленной задачи воспользуемся базами данных центра NEF [Нарру..., 2012]. С учетом вероятностной оценки совместных событий, связанных с наблюдением показателей z_1, z_2, z_3 , была построена вероятностная модель благополучия стран и определены ранги стран мира. Соответствующая модель получена в виде пробит-зависимости величины вероятности совместных событий наблюдения показателей z_1, z_2, z_3 от энтропии состояния системы:

$$w = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{Prob} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt; \quad Prob = -2.205 + s;$$

$$s = 0.964 \cdot \ln\left(\frac{z_1}{z_{1_0}}\right) + 2.032 \cdot \ln\left(\frac{z_2}{z_{2_0}}\right) + 0.499 \cdot \ln\left(\frac{z_3}{z_{3_0}}\right). \quad (5)$$

Коэффициент корреляции зависимости (5) составил 0.97, результаты обработки данных для 146 стран мира приведены на рисунке 3. Атрибутивные показатели относились к значениям величин z_1, z_2, z_3 , которые соответствуют выбранной опорной точке – состоянию страны Чад [Нарру..., 2012].

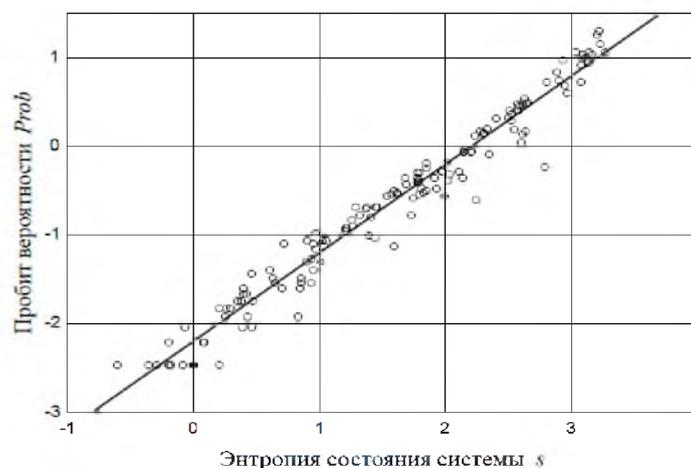


Рис. 3. Зависимость вероятности состояния w от энтропии состояния системы s для совместно наблюдаемых показателей z_1, z_2, z_3

Fig. 3. The dependence of the state probability w on system condition entropy s for jointly observed indicators z_1, z_2, z_3



В 2012 году к первым пяти странам, имевшим самое высокое значение в оценке благополучия страны, относились: Бельгия, США, Тринидад и Тобаго, Австралия и Исландия. К пяти странам, имевшим самое низкое значение, относились Сьерра-Леоне, Ангола, Бурунди, Афганистан и Конго (ДРК).

Полученные данные отличаются от оценок, которые даются центром NEF и при которых Всемирный индекс счастья отличается завышением веса показателя субъективной удовлетворенности жизнью. В предложенном методе ранги стран устанавливаются исходя из оценки вероятности совместных событий, связанных с одновременным наблюдением всех трех показателей благополучия стран.

Заключение

Предложены методы, позволяющие создавать количественные модели для оценки состояния и развития стран мира на основании использования обширных массивов статистических данных. Разработаны критерии для ранжирования стран в многомерном пространстве их состояний. Возможности предложенного подхода продемонстрированы на примере разработки методики оценки человеческого развития, альтернативной методике расчета индекса человеческого развития ПРООН. На основе разработанных методов определены феноменологические величины, характеризующие процессы человеческого развития для стран мира. В качестве исходных данных использовались те же показатели развития, что и в методике ПРООН. Установлены ранги стран, характеризующие уровень человеческого развития. Осуществлено сравнение результатов, полученных на основе предложенной методики, с результатами расчета индекса человеческого развития по методике ПРООН. Показано, что для большинства развитых стран методика ПРООН обеспечивает завышенные рейтинги уровня развития, а для многих развивающихся стран – заниженные. Также на основе использования данных исследовательского центра New Economics Foundation дан пример оценки благополучия стран. Предложенный подход является альтернативой экспертному подходу оценки благополучия стран, который принят при определении Всемирного индекса счастья.

Список литературы References

Аверин Г.В., Звягинцева А.В. 2013. Взаимосвязь термодинамической и информационной энтропии при описании состояний идеального газа. Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе, (4)–2(5): 26–37.

Averin G.V., Zviagintseva A.V. 2013. Vzaimosvjaz' termodinamicheskoj i informacionnoj jentropii pri opisanii sostojanij ideal'nogo gaza [The relationship of the thermodynamic and information entropy in the description of the ideal gas states]. Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii v naukah o prirode i obshhestve [System analysis and information technology in environmental and social sciences], 1(4)–2(5): 26–37. (in Russian).

Аверин Г.В., Звягинцева А.В. 2013. Применение методов интеллектуального анализа данных при оценке развития Украины. Геотехническая механика, 112: 257–270.

Averin G.V., Zviagintseva A.V. 2013. Primenenie metodov intellektual'nogo analiza dannyh pri ocenke razvitiya Ukrainy [The use of data mining techniques in the evaluation of the development of Ukraine]. Geotekhnicheskaja mehanika [Geotechnical Mechanics], 112: 257–270. (in Russian).

Аверин Г.В., Звягинцева А.В. 2012. Стратегическая оценка статуса Украины в современном мире по данным международных организаций. Часть 1: Теория и методика оценки. Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе, 1(2)–2(4): 75–92.

Averin G.V., Zviagintseva A.V. 2012. Strategicheskaja ocenka statusa Ukrainy v sovremennom mire po dannym mezhdunarodnyh organizacij. Chast' 1: Teorija i metodika ocenki [Strategic assessment of the status of Ukraine in the modern world according to the data of international organizations. Part 1: Theory and Methodology of assessment]. Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii v naukah o prirode i obshhestve [System analysis and information technology in environmental and social sciences], 1(2)–2(4): 75–92. (in Russian).

Аверин Г.В. 2014. Системодинамика. Донецк, Донбасс, 405.

Averin G.V. 2014. Sistemodinamika [Systemdynamics]. Doneck, Donbass, 405. (in Russian).

Звягинцева А.В., Аверин Г.В. 2013. Стратегическая оценка статуса Украины в современном мире по данным международных организаций. Часть 2: Примеры анализа и результаты. Системный анализ и информационные технологии в науках о природе и обществе, 1(4)–2(5): 46–55.

Zviagintseva A.V., Averin G.V. 2013. Strategicheskaja ocenka statusa Ukrainy v sovremennom mire po dannym mezhdunarodnyh organizacij. Chast' 2: Primery analiza i rezul'taty [Strategic Assessment of the status of Ukraine in the modern world according to the data of international organizations. Part 2: Examples of analysis and results]. Sistemnyj analiz i informacionnye tehnologii v naukah o prirode i obshhestve [System analysis and information technology in environmental and social sciences], 1(4)–2(5): 46–55. (in Russian).



Звягинцева А.В. 2016. О вероятностном анализе данных наблюдений о состоянии природно-антропогенных систем в многомерных пространствах. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. Экономика. Информатика, 2 (223). Выпуск 37: 93–100.

Zviagintseva A.V. 2016. O verojatnostnom analize dannyh nabljudenij o sostojanii prirodno-antropogennyh sistem v mnogomernyh prostranstvah [On probabilistic analysis of data observation on the state of natural and human systems in multidimensional spaces]. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Jekonomika. Informatika, 2 (223). Issue 37: 93–100. (in Russian).

Averin G.V., Konstantinov I.S., Zviagintseva A.V. and Tarasova O.A. 2015. The Development of Multi-Dimensional Data Models Based on the Presentation of an Information Space as a Continuum. International Journal of Soft Computing, 10: 458–461.

Averin G.V., Zviagintseva A.V., Konstantinov I.S. and Ivashchuk O.A., 2015. Data Intellectual Analysis Means Use for Condition Indicators Assessment of the Territorial and State Formations. Research Journal of Applied Sciences, 10(8): 411–414.

Bliss C. 1934. The method of probits. Science 79(2037): 38–39.

Happy Planet Index (2012). Available at: <http://www.happyplanetindex.org/data/> (accessed 28 February 2016).

Human Development Report 2007/2008. Fighting climate change: Human solidarity in a divided world. Available at: <http://hdr.undp.org/en/2015-report> (accessed 28 February 2016).

Human Development Report 2009. Overcoming barriers: Human mobility and development. Available at: http://www.un.org/ru/development/hdr/2009/hdr_2009_complete.pdf (accessed 28 February 2016).

Human development report 2010. The real wealth of Nations: pathways to human development. Available at: http://www.un.org/ru/development/hdr/2010/hdr_2010_complete.pdf (accessed 28 February 2016).

Human Development Report 2011. Sustainability and Equity: A Better Future for All. Available at: http://www.undp.org/content/dam/tajikistan/docs/library/UNDP_TJK_HDR_2011_Rus.pdf (accessed 28 February 2016).

Human Development Reports 2013. Rise of the South: human progress in a diverse world. Available at: http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2013_ru.pdf (accessed 28 February 2016).

Zviagintseva A.V. 2014. Multiparameter ranking of areas based on the analysis of data about the condition of natural and anthropogenic systems. System analysis and information technology in environmental and social sciences, 1(6)–2(7): 76–83.