

Стратегическая оценка статуса Украины в современном мире по данным международных организаций

Часть 1: Теория и методика оценки

Аверин Г.В., Звягинцева А.В.

Донецкий национальный технический университет

averin@donntu.edu.ua, anna_zv@ukr.net

Abstract

Averin G., Zviagintseva A. "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. The paper contrasts expert methods to the data mining techniques and shows the shortcomings of the former. The expert methods considered are based on the indicative approach for assessment of complex systems development. The method for data analyses is proposed which reflects the development processes of the countries in the world. The paper also carries out the assessment of the status of Ukraine in the modern world using the UN Development Program data and the World Bank data.

Keywords: data mining, development index, the status of Ukraine.

Введение

Достойное будущее страны обеспечивается не только природными ресурсами, человеческим капиталом и конкурентоспособной экономикой, во многом – это результат многолетней и целенаправленной работы правящей элиты, главная задача которой заключается в стратегическом управлении обществом. Стратегическое мышление политика не формируется в одночасье, оно является уделом избранных и обеспечивается опытом государственного строительства, защитой национальных интересов страны, преемственностью и интеллектуальной работой лучших представителей правящего класса.

Именно эти качества хотелось бы наблюдать у руководящей элиты, т.к. без «видения будущего» невозможно ускоренное развитие страны и обеспечение достойного уровня жизни граждан. Однако существует еще один крайне важный фактор – это знание закономерностей развития общества, и это знание должна дать современная наука.

Идея создания принципов мирового стратегического планирования с позиций общей теории систем, после того как была высказана в 60-х годах XX столетия Э. Янчем, одним из основателей Римского клуба, сейчас актуальна как никогда. Мир входит в эпоху кризисов, и планирование развития любой страны становится жизненно необходимым фактом.

Современные методы анализа и прогнозирования развития объектов и систем в экономике и обществе являются

преимущественно экспертными – т.е. по своей природе субъективными. За пятьдесят лет наукой было рождено множество методов и технологий стратегического прогнозирования и планирования: классическая прогностика, включающая набор фактографических и экспертных методов; функционально-стоимостной и причинно-следственный анализ; построение деревьев целей или матриц взаимного влияния; модели системной динамики; имитационно-прогностические компьютерные модели; стратегическая оценка; технологическое предвидение; GAP-анализ и SWOT-анализ; форсайт; комплексная оценка с использованием индикаторов; циклическое прогнозирование и прогнозирование по критериям стратегических рисков и т.д. – все это не полный перечень инструментов исследователя для составления прогнозов и изучения путей развития общества [1 – 5]. Большинство из перечисленных инструментов относятся к классу экспертных методов или требуют построения гипотетических моделей, которые формулируются экспертами. Однако, несмотря на крайнюю необходимость научного обеспечения стратегического планирования, указанные методы неохотно используются практиками. Преобладающая ошибочность среднесрочных и долгосрочных прогнозов, отсутствие современных средств поддержки принятия решений, сложность и трудоемкость многих методов, неоднозначность оценок и субъективизм экспертов, а иногда и наукообразия – основные причины для

скептического отношения практиков-управленцев к науке «видения будущего». Всегда на полученный экспертный прогноз некоторого ожидаемого сценария развития общественного процесса найдется не менее обоснованный, но абсолютно противоположный сценарий развития. Особенно это наблюдается при оценках политически заангажированными экспертами ситуации в экономике.

Сегодня старая парадигма прогнозности себя уже полностью исчерпала. Не случайно за последние 30 лет не появилось ни одной сколько-нибудь значимой работы, вносящей качественно новое знание в основы прогнозности и фундаментальные законы развития общественных систем. Можно сказать, что различных модных направлений, позволяющих экспертам показать свою значимость, достаточно много, однако направлений, которые бы затрагивали основы науки прогнозности и вывели бы ее на качественно новый уровень, пока нет. Также крайне мало и убедительных примеров практического применения новых прогнозностических методов.

Кризис науки о прогнозировании будущего виден также и в том, что последнее время появилось много работ, где представления о будущем связываются с телеологическими взглядами и воззрениями, например [6], или астрологическими прогнозами. В последнем случае примеров можно привести большое множество. Если наука длительно не может сформулировать объективные количественные закономерности развития общества, то естественно начинает увеличиваться доля работ футурологического плана, и именно той ее части, где не применяются научные методы.

Теоретические работы в области прогнозности часто сводятся к гипотезам и обобщениям, оторванным от реальной статистической базы и систематического изучения фактов. В области теоретических исследований существует несколько проблем, которые не позволяют многочисленным научным обобщениям превратиться в общепринятые теории. Во-первых, не редко изначально формулируются противоречивые и явно непознаваемые теоретические концепции. «Прогнозировать будущее можно только из будущего» – данная идея, которая претендует на новую парадигму прогнозирования и особую методологию познания [6], вряд ли может быть подтверждена или опровергнута на данном этапе науки и практики. Во-вторых, очень часто теоретические гипотезы высказываются на основе «озарений» и поверхностного обобщения данных, при этом современные методы анализа информации не используются, а результаты не проверяются на массивах информации. Все это

приводит к «валу» частных моделей или, вообще, к множеству различных качественных описаний общественных процессов и явлений, которые не могут быть формализованы. В-третьих, уже почти пятнадцать лет существуют обширные и общедоступные базы данных о развитии стран мира, и только последние годы наметился явный интерес исследователей к данной информации. Конечно, изучать несколько миллионов данных традиционными инструментами невозможно, а новые технологии обработки данных медленно познаются исследователями. Формировать же целевые коллективы квалифицированных специалистов – это трудоемкий и дорогостоящий процесс, причем не всегда и результативный.

Как следствие, научных прогнозов развития мира, при составлении которых задействованы коллективы исследователей, не так уж и много. Среди них следует выделить модель Форрестера, модель Месаровича – Пестеля, прогноз PricewaterhouseCoopers «Мир в 2050 году», долгосрочную модель развития энергетики и состояния окружающей среды ЕС – VLEEM, прогноз Дж. Ф. Коутса «2025: Сценарии развития США и мирового сообщества под воздействием науки и технологий», прогнозы глобальных климатических изменений и т.д. Время обычно показывает не очень высокую достоверность таких прогнозов, однако они имеют большое значение для развития методологии прогнозирования.

Следует признать, что в настоящее время не существует фундаментальной теории, которая характеризовала бы социально-экономическое развитие и экологическое изменение стран и регионов, а тем более мира в целом. Современная наука должна дать лицам, принимающим решения, понимание закономерностей развития общества и предложить новую парадигму прогнозности. Не исключено, что это откроет пути для изменения нашего мира к лучшему, хотя новые возможности не всегда используются на благо всего мирового сообщества.

Методология фундаментальной теории может быть сформулирована только на основе использования объективного подхода, проведения междисциплинарных исследований и установления количественных закономерностей. В ограниченных рамках общественных или экономических наук формулировка объективных законов развития общества невозможна, так как методология данных наук в своей основе направлена на качественное описание процессов и слабо ориентирована на поиск и установление количественных закономерностей в больших массивах

статистической информации. Новые знания рождаются на стыке наук. Именно так возникают новые научные дисциплины: слияние методов физики и геометрии обеспечило возникновение науки геометродинамики; конвергенция методологий физики и экономики привела к экономифизике, а синергетики и экономики – к синергетической экономике; совместное применение информационных технологий и системного анализа при изучении эмпирических фактов и знаний в прикладных областях открыло возможности для развития нового направления науки – интеллектуального анализа данных (ИАД / Data mining) и т.д.

Информатика действительно открывает большие возможности для развития во всех сферах науки и общества. Принцип «Гуртом і батька легше бити!» широко используется при решении критических проблем, выполнении глобальных проектов и программно-целевом планировании. Вики-технологии быстро входят в научный мир. Так создаются свободные энциклопедии – Википедии, сети социальной информатики, базы данных программ с открытым кодом, викиучебники, информационные порталы развития, базы данных открытого доступа и т.д. Сегодня это распространенный путь обеспечения ускоренного прогресса, так как в современной науке стремительно формируется четвертая парадигма научного исследования. Первые две парадигмы – теория и эксперимент – известны с XVII столетия. Во второй половине XX столетия нобелевский лауреат Кен Уилсон предложил третью парадигму научного исследования – компьютерное моделирование и вычислительный эксперимент. Несколько лет назад Джим Грей сформулировал четвертую парадигму – анализ, визуализация, поиск и управление массивами информации. Данная область, которая называется интеллектуальным анализом данных, стремительно развивается. В соответствии с известным определением, интеллектуальный анализ данных – это процесс обнаружения в сырых данных ранее неизвестных, нетривиальных, практически полезных и доступных интерпретации знаний, необходимых для принятия решений в различных сферах человеческого общества. Поиск таких знаний в области развития регионов, стран и мира в целом является актуальной проблемой современности.

Второй актуальной проблемой является разработка специальных информационных систем для стратегического планирования. Создание подобных систем имеет большое значение, так как они могут стать инструментом поддержки принятия решений, осуществляемых властью на различных уровнях.

Сегодня анализ данных социально-экономического развития стран и регионов не мыслим без использования методов ИАД. В этой области при изучении процессов и объектов исследователь оперирует массивами данных, которые содержат сотни статистических показателей. Современная карта мира включает около 200 стран, многие из которых имеют административное деление на десятки регионов, республик, областей, округов, районов, штатов, провинций, земель и т.д. В свою очередь, ретроспективная глубина данных может составлять десятки лет по каждому объекту с разбивкой на кварталы и месяцы. Современные инструменты для анализа, статистической обработки и визуализации подобных массивов информации имеются пока только в ИАД. В этой области могут лежать ответы на многие актуальные вопросы о путях развития мирового сообщества и его будущего.

Недостатки экспертных методов, использующих индикаторный подход

В настоящее время в практической деятельности на фоне множества экспертных методов чаще всего инструментом анализа в процедурах стратегического прогнозирования выступают методы прогностики [1], а также методы комплексной оценки, когда исследование объектов проводится по комплексу показателей [7 – 10]. При этом выбор прогнозных методов полностью зависит от предпочтений эксперта или экспертных групп. Применение комплексной оценки позволяет существенно расширить пространство для выводов экспертов, однако этот путь приводит к обширным докладам по изучаемой проблеме. В таких докладах разделы, посвященные оценке существующего состояния, по объему всегда существенно превышают разделы с практическими результатами, которые несут прогностические выводы. Оценка состояния объекта всегда является первым этапом любого исследования. Проблемы применения многих методов начинаются тогда, когда необходимо дать прогноз развития объекта во времени.

Важную роль при научных исследованиях имеют уровень квалификации экспертов, их способности к стратегическому мышлению и интуитивные возможности. Однако, хотя многие методы прогностики и комплексной оценки в своей методологии представляются достаточно простыми, их недостатком является субъективный подход эксперта при прогнозировании, а также фактор «утопизма» – подспудное желание любого человека выдать желаемое за действительное.

Оценка состояния объекта по комплексу показателей представляет собой достаточно трудоемкую процедуру, поэтому с целью ее упрощения часто применяют метод индексов и индикаторов, т.е. используют индикаторный подход. Данный подход предполагает, что при оценке состояния объекта применяется понятие индекса, который является мерой отклонения системы по комплексу свойств от базового уровня. Индексы строятся на основе индикаторов экспертным путем. В свою очередь, индикаторы отражают наиболее важные свойства и количественно характеризуют состояние объекта.

Сегодня оценки качественного состояния систем различной природы тесно связаны с появлением в соответствующих науках многочисленных индексов. Большинство исследователей не утруждают себя решением статистической задачи, суть которой заключается в изучении возможности введения индексов и свертывании данных в многомерном пространстве переменных до комплексных показателей приемлемой размерности, а вводят индексы априори, применяя не всегда обоснованные соображения.

Обычно количественная оценка состояния экологических, экономических и социальных систем проводится на основе использования целого ряда стандартизированных и нормируемых индикаторов и показателей [11 – 16]. В разных методиках при расчете индексов применяется от трех до ста индикаторов, позволяющих оценить

развитие стран или регионов. Для примера в таблице 1 приведены некоторые международные индексы для оценки развития стран мира, построенные на основе использования различных индикаторов.

В практической деятельности многих международных организаций наиболее распространена методика оценки стран мира, которая основана на применении индекса развития человеческого потенциала (ИРЧП).

Данный индекс определяется из весового уравнения относительно трех индикаторов человеческого развития [7]:

$$I = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot I_i, \quad (1)$$

где I_i – индикаторы продолжительности жизни, образования и дохода (ВВП); $\beta_i = 1/3$ – весовые коэффициенты; $n = 3$.

Таким же образом строятся все экспертные методики определения различных индексов. Некоторые из них по сравнению с методикой ИРЧП существенно более сложные. В подобных методиках можно встретить целый спектр различных уравнений для расчета индексов, при этом эксперты очень часто обходят стороной вопрос выбора и обоснования тех или иных расчетных зависимостей.

С точки зрения принципов системного анализа, методики, основанные на применении индексов, имеют много недостатков, тем не менее, они широко применяются при оценках развития систем.

Таблица 1. – Некоторые международные индексы для оценки развития стран

Индекс	Количество стран	Количество индикаторов	Рейтинги для 2011(2012) годов		
			Украины	России	Белоруссии
Человеческого развития	187	34	76(78)	66(55)	65(50)
Глобальной конкурентноспособности ¹	142	12	82	66	в рейтинге отсутствует
Экономической свободы	179	10	164(163)	143(144)	155(153)
Экологической эффективности	136	31	102	106	65
Качества жизни	192	9	60	54	51
Общества, основанного на знаниях	77	15	56	55	в рейтинге отсутствует
Нестабильности стран	177	12	110(113)	82(83)	83(85)
Восприятия коррупции	182	Экспертн. опрос	152(144)	143(133)	143(123)
Демократии	167	60	79	117	139
Свободы прессы	198	Экспертн. опрос	116	142	168
Глобализации	186	24	53	52	118
Показатель экологического следа ²	152(149)	6	58(51)	40(33)	46(41)
Международный индекс счастья ³	178	3	95	108	104
Готовности к сетевому обществу	138	53	56	55	59
Экологических достижений ⁴	133	16	51	32	в рейтинге отсутствует
Готовности к электронному правительству	190	3	68	27	61

¹ – данные за 2011-2012 годы; ² – данные за 2007(2008) годы; ³ – данные за 2009 год; ⁴ – данные за 2005 год.

Основной недостаток подобных оценок заключается в том, что нельзя забывать известную истину – «Реальность не сводится просто к числу» (Парменид). Адекватное познание любой сложной системы требует построения множества моделей, соответствующим образом отражающих многообразие всех аспектов системы.

Кроме того, используемый при построении индексов, принцип аддитивности индикаторов с учетом весов показателей теоретически не обоснован. В общем случае согласно теории системного анализа для любой системы веса должны зависеть от параметров ее состояния. Однако построить такие уравнения для сложной системы экспертным путем невозможно. Сегодня в теории экспертной оценки развития систем отсутствуют базовые методические предпосылки, связанные с использованием тех или иных законов сохранения или специальных форм уравнений состояний, которые отличались бы системным единообразием, а также обоснованным перечнем исходных независимых показателей для прогнозирования.

В ряде методик используется чрезмерное количество показателей, некоторые индикаторы часто дублируют друг друга, а резкое увеличение числа индикаторов при оценке одного комплексного индекса ведет к потере адекватности и достоверности экспертных методов. Специалисты в области системного анализа осторожно относятся к увеличению количества разноплановых индикаторов при использовании экспертных методов, так как факт того, что индекс может представлять собой поверхность в n -мерном пространстве индикаторов для данных, собранных по значительному количеству объектов одного класса, экспертным путем не доказуем.

Кроме того, большинство из индикаторов в базах данных зависимы друг от друга, в связи с чем получаемые статистические модели являются слабо устойчивыми. Это приводит к тому, что применение методик, построенных на одной и той же методологической базе, но разными коллективами экспертов, может давать абсолютно противоположные результаты [17]. Все это говорит о нарушении основного принципа научного познания, связанного с воспроизводимостью результатов.

Далее следует отметить, что в имеющихся методиках оценки развития систем при определении индексов субъективно назначаются весовые функции и выбираются способы нормировки индикаторов. Например, в методике расчета ИРЧП [7], используемой до 2010 года, весовые функции при суммировании индикаторов продолжительности жизни, образования и ВВП принимаются равными 1/3.

Обоснования этого факта не существует. Аналогично, нет обоснования – почему при построении безразмерного индикатора ВВП применяются операции логарифмирования, а при построении других индикаторов – операции суммирования. Принятое обоснование вида «для достижения достойного уровня развития человеческого потенциала не требуется неограниченного дохода» явно субъективно. Единственно можно сказать, что после операции логарифмирования пропасть между доходами населения в богатых и бедных странах уже не кажется такой бездонной.

После 2010 года была изменена методика расчета ИРЧП, при этом операции суммирования и логарифмирования при определении индикаторов продолжительности жизни и ВВП сохранились, а для определения индикатора образования была применена операция нахождения геометрического среднего [8]. Кроме того, ИРЧП с 2010 года определяется не на основе аддитивной зависимости (1), использующей значения весов, а путем расчета геометрического среднего $I = \sqrt[3]{I_1 \cdot I_2 \cdot I_3}$.

Обоснования необходимости введения новых расчетных зависимостей практически нет, авторы Доклада не обсуждают данный вопрос, хотя методологически абсолютно не ясна цель введения при расчете каждого из основных индикаторов различных функциональных зависимостей. В результате ИРЧП стал еще более выраженной нелинейной зависимостью и вся система оценки стала еще более запутанной.

Значительным недостатком экспертных методик расчета различных индексов является факт того, что любой индекс определяется по «соглашению» и как бы «висит в воздухе», т.к. обычно не устанавливаются дополнительные связи с показателями изучаемого объекта, которые не входят в базу данных индикаторов, используемых для оценки. В результате подобные индексы ничего объективно не отражают и дают только субъективную оценку экспертов о состоянии системы, которая исходит из относительных сопоставлений и может быть далека от действительности.

Таким образом, сегодня теоретические обоснования применения индексов при оценке развития стран и регионов в целом имеют слабую доказательность основополагающих суждений и отличаются не высокой строгостью, т.к. формализм исходной теории пока еще недостаточно развит.

Указанные выше недостатки и привели к выраженному кризису экспертных методов прогнозтики, который наблюдается на фоне того, что в науке о прогнозировании развития социально-экономических систем начинают применяться объективные методы интеллектуального анализа данных.

Цель исследования

Цель исследования процессов и явлений с применением методов ИАД направлена на поиск количественных закономерностей в многомерных массивах данных. В области ИАД оценка социально-экономического развития и экологических изменений представляет собой не что иное, как задачу распознавания образов по комплексу показателей среди значительного числа объектов одного класса. Другими словами определяется статус объекта на множестве однородных или однотипных объектов, показатели которых изменяются во времени.

Статус (лат. *status* – «состояние, положение») – абстрактный термин, в общем смысле обозначающий совокупность значений параметров объекта или субъекта. Статус чаще всего характеризует состояние (положение, позицию) объекта в иерархическом множестве объектов одного класса.

Целью данной работы является оценка статуса Украины среди стран мира по множеству социальных, экономических, экологических, технологических, политических, инфраструктурных и других показателей, характеризующих развитие стран. В процессе работы параллельно решается также задача разработки методики оценки развития человеческого потенциала, которая могла бы стать альтернативой методике ПРООН. Особенностью анализа является то, что применяются показатели, общепризнанные научным сообществом, которые в обязательном порядке имеют количественное измерение.

В экологических и социальных науках уже высказывалась идея, что для всесторонней характеристики какого-либо явления, объекта или процесса необходимо использовать показатели, которые дают количественную характеристику явления в единстве с его качественной определенностью [18, 19]. Причем таких показателей должно быть множество, т.к. каждому основополагающему понятию в конкретной науке должен соответствовать определенный показатель. Комплексные показатели для социально-экономических процессов не могут быть определены непосредственно из наблюдения, а должны находиться из анализа статистических данных. Реализовать идею построения подобных показателей без применения методов ИАД и апробированных статистических методов практически невозможно.

Ранее в работе [20] был предложен подход, когда для оценки развития стран мира применяются объективные методы анализа данных. Суть данных методов заключается в построении (если анализ показывает, что это возможно) набора функций состояния для каждой системы. Известно, что функция

состояния зависит только от параметров системы, не зависит от процесса перехода системы из одного состояния в другое и определяется только начальным и конечным состоянием. В математическом отношении функция состояния является полным дифференциалом. В свою очередь, для простых физических систем в качестве данных функций выступают энергия, энтропия и другие термодинамические потенциалы. Для систем иной природы нахождение функций состояния является важной задачей системного анализа.

Функции состояния являются комплексными показателями и отражают в совокупности качественные и количественные характеристики системы на фоне множества параметров свойств системы. При этом считается, что параметры свойств системы наблюдаемы, подвержены медленным эволюционным изменениям и формируются под действием внешних условий в каждый конкретный момент времени. При формировании баз статистических данных, отражающих развитие стран мира, обычно данные условия выполняются. Теоретическое обоснование, последовательность алгоритма реализации метода и соответствующая методика анализа данных будет приведена ниже.

Надо отметить, что объективные методы анализа данных создаются в науке различными путями. Например, метод термодинамики в физике основывается на постулатах, отражающих опытные факты, эмпирических закономерностях и математическом аппарате дифференциальных уравнений. В свою очередь, метод группового учета аргументов основывается на использовании многомерных массивов опытных данных, комплексе критериев для оценки адекватности моделей, системе алгоритмов перебора вариантов и вычислительных экспериментах. Развитие подобных подходов в науках об обществе имеет большое значение, так как позволяет предложить объективные методы исследования систем n -мерной размерности, к которым относятся все общественные, экономические и экологические системы.

Данные для оценки

Существует множество различных баз данных, которые несут информацию о компонентах и аспектах развития стран мира. Наиболее известные из них – это база данных Программы развития ООН [7, 8] и база данных индикаторов развития стран мира Всемирного банка [9]. Сегодня обе базы данных (БД) присутствуют в открытом доступе сети Internet соответственно по адресам:

- база данных Программы развития ООН <http://hdr.undp.org/en/reports/>;

• база даних індикаторів розвитку стран мира Всемирного банка <http://data.worldbank.org/>.

База даних Программы развития ООН (ПРООН) включает статистические таблицы данных почти по 100 странам в период 1975 – 1980 годов и по 192 странам в период 2010 – 2011 годов. С 1990 года база данных содержит информацию по 140 странам.

Характеристика статистических данных дана в таблице 2. База данных организации ПРООН содержит около 100 индикаторов, по которым определяются несколько индексов, характеризующих различные аспекты человеческого развития. На Web-сайте организации предоставлены инструменты визуализации и работы с данными для чаще всего используемых индикаторов (около 50).

Таблица 2. – Характеристика статистических данных ПРООН о развитии стран мира

Компонент развития стран	Кол-во индикаторов	Некоторые основные индикаторы	Единица измерения	Значение индикаторов				Год	
				min	max	среднее	Украина		
Индекс человеческого развития и его индикаторы	5	Ожидаемая продолжительность жизни	лет	31,3	82,2	67,3	66,1	2004	
		Средняя продолжительность обучения	лет	1,2	12,6	7,4	11,3	2011	
		Удельный валовой национальный доход	\$/чел, ППС	561	69 961	8 833	6 394	2004	
Индекс гендерного неравенства и его индикаторы	10	Коэффициент материнской смертности	на 100 тыс. рож.	0	1 800	н/д	13	1990-2004	
		Коэффициент рождаемости у подростков	на 100 тыс. рож.	0,7	207,1	58,1	30,8	2011	
		Показатель фертильности	рожд. на 1 жен.	0,9	7,9	2,7	1,1	2000-2005	
Индекс многомерной бедности и его индикаторы	10	Доля населения за чертой бедности	%	3,8	77	н/д	7,9	2004	
		Доля населения в условиях тяжелой бедности	%	0	81,8	н/д	0,2	2011	
Экологическая устойчивость	13	Показатель экологического следа	га/чел.	0,4	10,7	2,4	2,9	2007	
		Доля используемого ископаемого топлива	% общ. объема	4	100	72,3	81,8	2007	
		Удельные выбросы углекислого газа	т/чел.	0	53,5	4,4	7,0	2008	
		Виды под угрозой исчезновения	%	0	25	12	8	2010	
Экологические угрозы	10	Дети до пяти лет, страдающие от истощения	%	0,5	43,5	н/д	4,1	2000-2009	
		Смертность от стихийных бедствий	чел/1 млн. чел.	0	290	6	2	2001/2010	
		Смертность от загрязнения воздуха	чел/1 млн. чел.	0	882	145	305	2004	
Человеческая безопасность	10	Экспорт вооружений	млн \$	0/0	7101	н/д	188	2005	
		Количество беженцев	тыс. чел.	0	693	н/д	84	2004	
		Распространенность недоедания	% общ. числ.	<2,5	67	17	3	2001-2003	
Данные о благополучии, свободе и окружающей среде	8	Общая удовлетворенность жизнью	усл.ед.	2,8	7,3	5,3	5,1	2006-2010	
		Удовлетворенность качеством воздуха	% удовл.	44,4	94,8	76,5	55,4	2006-2010	
		Удовлетворенность качеством воды	% удовл.	22,1	97,4	69,2	51,0	2006-2010	
		Удовлетворенность работой	% удовл.	31	94	н/д	71	2006-2009	
Гражданское и общественное благополучие	10	Показатель убийств	на 100 тыс. чел.	0	59,5	н/д	6,3	2003-2008	
		Показатель ограблений	на 100 тыс. чел.	1	859	н/д	59	2003-2008	
		Жертвы нападений	%	1	38	н/д	4	2006-2009	
		Восприятие безопасности	%	29	98	н/д	31	2006-2009	
Образование	11	Уровень грамотности населения	% (≥ 15 лет)	19	100	н/д	99,4	2004	
		Охват населения начальным образованием	%	5	3,3	100	н/д	82	2004
		Охват населения средним образованием	%	4	100	н/д	84	2004	
		Охват населения высшим образованием	%	1,4	81,1	27,6	81,1	2001-2010	
		Кол-во учеников на одного учителя	чел.	6,5	84,3	н/д	15,6	2005-2010	
Здравоохранение	10	Плотность сети врачебной помощи	на 10 тыс. чел.	<0,5	64	н/д	31	2000-2009	
		Смертность младенцев	чел/1000 живрож	2	165	51	14	2004	
		Смертность детей до 5 лет	чел/1000 живрож	2	573	58	15	2009	
		Распространенность туберкулеза	на 100 тыс. чел.	2	1137	229	151	2004	
Демографические тенденции	7	Прирост населения	%	-0,7	3,5	1,1	-0,5	2010	
		Доля городского населения	%	9,7	100	48,3	67,6	2004	
Экономика и инфраструктура	12	Индекс потребительских цен	%	-5,4	51,5	н/д	9,0	2003-2004	
		Плотность дорожной сети	км/км ² суши	1	3850	н/д	28	2004-2007	
		Протяженность железных дорог	км	251	84158	н/д	21676	2004-2008	
Доступ к информационным и коммуникационным технологиям	10	Пользователи Интернет	на 1 тыс. чел.	1	788	н/д	79	2004	
		Персональные компьютеры	на 100 чел.	0,4	79	н/д	4,6	2006-2008	
		Абоненты услуг мобильной связи	на 1 тыс. чел.	2	1184	н/д	289	2004	
		Абоненты услуг стационарной телефонной связи	на 1 тыс. чел.	1	710	н/д	256	2004	
Достойный труд	10	Доля занятого населения	% (15 ÷ 64 лет)	30,2	83,3	н/д	53,5	2008	
		Уровень безработицы	%	7	54,2	н/д	14,6	2000-2008	
		Детский труд	% (5 ÷ 14 лет)	1	53	н/д	7	1999-2007	

Пользователь для анализа может создавать свои таблицы и конвертировать их в Excel формат. База данных индикаторов уже несколько лет находится в открытом доступе.

В свою очередь, база данных Всемирного банка является значительно более обширной нежели БД Программы развития ООН. Однако, только недавно Всемирный банк заявил об открытии свободного доступа почти к 1500 показателям развития стран, многие из которых имеют ретроспективу до 50 лет. База данных содержит индикаторы в области мирового развития (WDI), индикаторы в области финансов (GDF), данные глобального экономического мониторинга (GEM) и др. Данные предоставляются в виде Microsoft Excel документа, который имеет объём 61,8 Mb.

Основная систематизированная база данных Всемирного банка включает в себя 18 различных компонентов и аспектов развития стран мира, в которые сведены соответствующие индикаторы:

- эффективность внешней помощи (25 индикаторов);
- изменение климата (42);
- экономическая политика и внешний долг (38);
- образование (34);
- энергетическая и горная промышленность (10);
- окружающая среда (27);
- финансовый сектор (27);
- гендерное развитие (54);
- здравоохранение (36);
- инфраструктура (29);
- труд и социальная защита (24);
- бедность (17);
- частный сектор (30);
- государственный сектор (16);
- наука и технологии (12);
- социальное развитие (26);
- градостроительство (17 индикаторов).

Всемирный банк относительно недавно предоставил инструменты для визуализации и работы с данными.

В открытом доступе имеются также и другие базы данных социально-экономического развития стран и регионов мира, например, www.yale.edu; www.weforum.org; www.heritage.org; www.kof.ch/globalization; www.atkerney.com, <http://www.wwf.ru/resources> и т.д.

Одной из целей международных организаций является привлечение научной общественности всего мира к анализу данных. Можно предположить, что в ближайшем будущем количество работ, посвященных анализу данных в области развития регионов, стран и мира в целом, резко возрастет, а это прямой путь к созданию нового знания.

Теория и методика оценки

Как уже указывалось ранее метод оценки развития стран мира основан на построении уравнений состояний социально-экономических систем, исходя из гипотезы существования для таких систем функций состояния. Практика показывает, что для некоторых классов социально-экономических систем возможно построение функций состояния, которые являются математическими функциями и могут быть представлены в виде полных дифференциалов. Это позволяет для глобальной системы в виде стран мира сформулировать обобщенные критерии для комплексной оценки. Данные критерии позволяют провести ранжирование стран по уровню развития и степени воздействия на природную среду.

Предложенная методика анализа данных предполагает в процессе ИАД следующую последовательность действий.

1. На первом этапе создается база данных индикаторов (БДИ), которые характеризуют процессы социально-экономического развития и экологических изменений в странах мира. БДИ создается путем объединения информации международных организаций, которая находится в открытом доступе. Цель создания БДИ – накопление и сортировка информации, формирование файлов различных форматов и расширение возможностей визуализации данных и их статистического анализа, например, путем использования среды анализа данных R или другой подобной среды. С целью эффективной визуализации и анализа данных исходная информация конвертируется в KML-файлы и типы среды R.

2. Далее путем формирования запросов сортировки осуществляется группировка данных и выбор атрибутивных переменных. В качестве основных компонентов развития выделяются группы демографических, экономических, экологических, трудовых, технологических, инфраструктурных и т.п. показателей, например, как это показано в таблице 2. Обычно цель данного этапа исследования состоит в поиске атрибутов (наиболее информативных и влияющих показателей) для построения моделей системы и в выборе класса функций, в рамках которых в дальнейшем строятся модели.

В данной работе эта задача была упрощена и в качестве атрибутивных переменных были выбраны индикаторы, которые считаются важными, исходя из сложившихся научных представлений, и которые используются при расчете индекса развития человеческого потенциала [8]. К таким переменным относятся индикаторы продолжительности жизни, образования, удельного валового внутреннего продукта, доли городского населения и т.д. Подобный выбор переменных связан также и с

актуальною задачею розробки альтернативної методики оцінки розвитку людського потенціалу, в якій не передбачається використовувати експертні методи.

Згідно з теоретичними результатами робіт [19, 21] в якості класу функцій для моделювання обрані геометричні ймовірності розподілу індикаторів. Для одновимірної випадкової величини геометрична ймовірність знаходиться згідно з рівнянням (2):

$$\rho_i = \frac{I_i - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}}; \rho_i \geq 0, \quad (2)$$

де I_i – деякий атрибутивний індикатор; I_{\max} , I_{\min} – відповідно максимальне і мінімальне значення даного індикатора в досліджуваній групі країн (в даному класі об'єктів, спостережуваних в процесі) за деякий опорний рік, наприклад, 2004 рік.

Для багатовимірної випадкової величини геометрична ймовірність визначається згідно з відомою щільністю ймовірності $f(\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n)$ по формулі:

$$\rho = \int_{-\infty}^{\rho_1} \int_{-\infty}^{\rho_2} \dots \int_{-\infty}^{\rho_n} f(\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n) d\rho_1 \dots d\rho_n, \quad (3)$$

при цьому щільність розподілу $f(\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n)$ для n -вимірної випадкової величини є рівномірно розподіленою в досліджуваній області. Для незалежних випадкових величин одержимо:

$$\rho = \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \dots \cdot \rho_n, \quad (4)$$

де ρ_i – геометрична ймовірність розподілу деякого індикатора, який прийнято в якості атрибутивної змінної; n – кількість атрибутивних змінних системи.

3. Наступний етап дослідження – здійснення процесу багатовимірного шкалювання по індикаторам системи. С цю метою база даних індикаторів нормується шляхом вибору опорного стану (базового об'єкта з заданими в обраній момент часу індикаторами). Враховуючи специфіку даної статті в якості опорного стану системи прийнято індикатори розвитку України в 2004 році. Параметри опорного стану в подальшому будемо позначати додатковим індиксом «0».

Процес шкалювання передбачає побудову шкали абсолютного індексу розвитку системи (АІ) і емпіричних індексів розвитку (ЕІ) в вигляді:

$$T = a \cdot \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \dots \cdot \rho_n}{\rho_{10} \cdot \rho_{20} \cdot \dots \cdot \rho_{n0}}, \quad t_k = b \cdot \frac{\rho_k^*}{\rho_{k0}^*}. \quad (5)$$

Здесь T – абсолютний індекс розвитку системи; t_k – емпіричні індекси розвитку; a , b – постійні шкалювання; ρ_k^* –

геометрична ймовірність розподілу індикатора, який не є атрибутивною змінною; ρ_{i0} , ρ_{k0}^* – геометричні ймовірності розподілу індикаторів, які відповідають опорному стану. Індекси T і t_k розповсюджуються на числову вісь $T(0, +\infty)$ і $t_k(0, +\infty)$, т.к. відомо, що будь-яку неперервну функцію, маючу неперервні похідні в замкнутій області, можна розповсюдити на всю числову вісь. Відзначимо, що абсолютний індекс системи в залежності від її виду може бути побудований різними способами і прийняте зображення (5) не є єдиним можливим.

В результаті даного підходу будується середовище моделювання в вигляді простору координат Ω_n , де координатні осі відповідають атрибутивним змінним $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$. Простір Ω_n будемо розглядати як загальне простір станів системи. Кожній точці $M\{\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n\}$ даного простору поставимо в відповідності значення абсолютного індексу T , яке знаходиться згідно з рівнянням (5). В свою чергу, кожній точці $M\{\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n\}$ теоретично може бути поставлено в відповідності набір значень емпіричних індексів розвитку t_k . На практиці в просторі Ω_n ми звичайно маємо певне обмежене кількість статистичних точок, що відображають дані спостережень про параметри розвитку країн світу.

Таким чином, Ω_n – багатовимірний простір точок M , в свою чергу, $T = T(M)$ – неперервне скалярне поле абсолютного індексу системи, які ми будемо називати, за аналогією з термодинамікою, полем ідеальних станів (об'єктів) системи.

Для побудови теорії розвитку даного класу систем зробимо припущення, що в просторі станів Ω_n крім скалярного поля $T = T(M)$ може існувати скалярне поле деякої змінної величини W , безпосередньо пов'язаної з емпіричними даними, яка комплексно характеризує процеси розвитку країн світу в просторі багатовимірних змінних Ω_n і однозначно визначає статус кожної країни в цьому просторі. Будемо називати величину W статистичним індиксом розвитку системи. Іншими словами, ми приймаємо гіпотезу про існування деякої *мери* для різних форм руху і взаємодії соціальних систем, якими є країни світу. Для теоретичного визначення величини W

сделаем предположение, что эта величина определяется вероятностями наблюдаемых состояний системы. В дальнейшем нам придется конкретизировать смысл меры W и научиться оценивать по опытным данным значения поля этой величины.

Задание поля скалярной величины W на множестве точек $M\{\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n\}$ пространства Ω_n равносильно заданию числовой функции в виде $W = W(M)$. Считаем, что величины W и T зависят от времени, т.к. имеются статистические данные о состоянии стран мира в дискретные моменты времени с периодом наблюдений в один год. Однако принимаем, что зависимость от времени является квазистатической, в связи с чем изменение состояния системы происходит достаточно медленно. Данное предположение отвечает содержанию опытных данных о развитии стран.

Будем также предполагать, что функция $W = W(M)$ имеет непрерывные частные производные по всем переменным. Если эти производные не обращаются одновременно в нуль, то уравнение $W(\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n) = C$ ($C = const$) определяет некоторую поверхность (без особых точек), вдоль которой величина W сохраняет постоянное значение. Такая поверхность называется поверхностью уровня, причем вся область Ω_n заполнена этими поверхностями. Из теории следует, что поверхности уровня между собой не пересекаются. Кроме того, известно, что при справедливости указанных выше условий изменение скалярного поля статистического индекса dW может быть представлено в виде

$$dW = W_1 d\rho_1 + W_2 d\rho_2 + \dots + W_n d\rho_n, \quad (6)$$

где $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ – атрибутивные переменные системы; W_1, W_2, \dots, W_n – функции этих переменных, причем $W_i = \frac{\partial W}{\partial \rho_i} d\rho_i$.

Представление вида (6) используется в практике построения индикаторов и комплексных показателей линейного вида. Данное выражение понимается как уравнение, которое служит для определения величины dW через параметры системы в условиях некоторого процесса, медленно изменяющегося во времени, в связи с чем производной функции W по времени можно пренебречь.

Всякая гипотеза независимо от ее априорной правдоподобности должна быть апробирована посредством сопоставления ее следствий с данными опыта. В нашем случае опытной проверке будет подлежать справедливость теоретических зависимостей,

вытекающих из исходных предположений и анализа всего массива статистических данных о развитии стран мира. Основной вопрос, на который следует дать ответ в каждом конкретном случае анализа массивов данных с использованием тех или иных методов ИАД – это справедливость исходной гипотезы о существовании поля величины W и установление вида этого поля.

Сделанные предположения о существовании скалярного поля статистического индекса W и его представимости в виде уравнения (6) позволяют получить теоретические зависимости для его определения, которые далее проверяются на соответствие опытным данным.

Согласно результатам работ [19 – 21] будем считать, что в окрестности любой точки M при бесконечно малом изменении состояния социальной системы в каком-либо произвольном процессе l существует линейная связь между индексами W и T , которую можно представить в виде отношения элементарного приращения индекса W к соответствующему приращению индекса T в процессе l :

$$c_l = \frac{dW_l}{dT_l}. \quad (7)$$

Величина c_l определяется на основе опыта и зависит как от положения точки $M(z_1, z_2, \dots, z_n)$, так и от направления процесса развития системы в пространстве состояний Ω_n .

Согласно уравнения (7) в окрестности точки M имеем следующие соотношения [19]:

$$\frac{\partial W}{\partial \rho_1} = c_1 \frac{\partial T}{\partial \rho_1}, \quad \frac{\partial W}{\partial \rho_2} = c_2 \frac{\partial T}{\partial \rho_2}, \dots, \quad \frac{\partial W}{\partial \rho_n} = c_n \frac{\partial T}{\partial \rho_n}. \quad (8)$$

Так как статистический индекс W согласно (8) связан с абсолютным индексом системы T , а последний, в свою очередь, является однородной функцией [19], то можно получить для величины W , определяющей статус страны, следующее уравнение:

$$\frac{\rho_1}{n \cdot c_1} \cdot \frac{\partial W}{\partial \rho_1} + \frac{\rho_2}{n \cdot c_2} \cdot \frac{\partial W}{\partial \rho_2} + \dots + \frac{\rho_n}{n \cdot c_n} \cdot \frac{\partial W}{\partial \rho_n} = T. \quad (9)$$

Данное уравнение является линейным неоднородным уравнением в частных производных первого порядка, которое решается методом характеристик. Соответствующие уравнения для определения характеристик имеют вид:

$$n \cdot c_1 \frac{d\rho_1}{\rho_1} = n \cdot c_2 \frac{d\rho_2}{\rho_2} = \dots = n \cdot c_n \frac{d\rho_n}{\rho_n} = \dots \\ \dots = \frac{dW}{T} = ds, \quad (10)$$

где величина s согласно [19] может быть определена как *энтропия* системы.

В соответствии с (10) энтропия системы является первой *функцией состояния* системы и представляется относительно атрибутивных переменных в виде:

$$ds = c_1 \frac{d\rho_1}{\rho_1} + c_2 \frac{d\rho_2}{\rho_2} + \dots + c_n \frac{d\rho_n}{\rho_n} \quad \text{и} \\ ds = \frac{dW}{T}. \quad (11)$$

Видно, что энтропия представляет собой полный дифференциал и является характеристической функцией пространства состояний системы. В параметрическом представлении энтропия – это длина дуги векторной линии некоторого поля направлений, порожаемого скалярным полем величины W . При этом для любого процесса в окрестности произвольного состояния M дифференциалы функций W и s пропорциональны: $dW = T \cdot ds$.

Если определить вторую *функцию состояния* системы как $du = c_n \cdot dT$, то можно получить системный закон сохранения в виде [19]:

$$T \cdot ds = du + r \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i \cdot \rho_1 \cdot \dots \cdot \rho_{i-1} \cdot \rho_{i+1} \cdot \dots \cdot \rho_n \cdot d\rho_i \\ \alpha_1 = 1; \quad \alpha_i = \frac{c_i - c_n}{c_1 - c_n}; \quad r = \frac{(c_1 - c_n) \cdot T_0}{\rho_{10} \cdot \rho_{20} \cdot \dots \cdot \rho_{n0}}. \quad (12)$$

Здесь $T_0, \rho_{10}, \dots, \rho_{n0}$ – параметры опорного состояния. Так как значение индекса T_0 в опорной точке принимается условно, то его можно определить так, чтобы коэффициент r был равен единице. Уравнение (12) является аналогом закона сохранения энергии для n переменных. В данном случае в понятие «энергии» необходимо вкладывать иной смысл, нежели это делается в физике. Лучше говорить об общей *мере* различных форм движения и взаимодействия социальных систем. Чтобы не путать данную величину с энергией в физическом понимании, в работе [19] она была названа трансергией (*лат. trans – за, через + гр. energela – действие, сила*).

Из полученных результатов видно, что уравнение (12) представимо в виде (6), т.к. $dW = T \cdot ds$, а изменение энтропии ds аддитивно связано с дифференциалами атрибутивных переменных.

Энтропия s и трансергия системы u могут быть приняты в качестве обобщенных критериев для комплексной оценки статуса стран мира в многомерном пространстве атрибутивных переменных Ω_n [19]. Их наиболее важной особенностью является то, что данные величины являются функциями состояния системы при справедливости условия существования скалярного поля величины W .

Таким образом, поставленная задача сводится к проверке исходных гипотез, связанных со статистическим индексом W , определению на основе опытных данных

уравнений состояния системы и значений величин c_i , а также установлению соответствия полученных зависимостей опытным данным для конкретных социальных систем.

В термодинамике аналогичная теория построена на фактах экспериментального определения теплоемкостей и уравнений состояния веществ. Теплоемкости находят с помощью разработанных систем измерения температуры и количества тепла путем проведения калорических экспериментов в условиях осуществления различных термодинамических процессов. При исследовании социальных систем подобный путь реализовать нельзя, т.к. над этими системами невозможно провести активные эксперименты, а возможно осуществление только пассивного наблюдения. Это требует построения совсем иной системы измерений комплексных величин в социальных процессах.

Для решения данной задачи, в первую очередь, следует разработать систему оценки скалярного поля статистического индекса W и систему измерения абсолютного индекса системы T . В термодинамике термометрами непосредственно измеряют эмпирические температуры, определяют абсолютную температуру, после чего находят количество тепла через известные значения теплоемкостей. В нашем случае также следует научиться измерять абсолютный индекс в различных состояниях системы и оценивать значение статистического индекса W в наблюдаемых социальных процессах. Это позволит оценить изменения статистического индекса в любом реальном процессе развития стран мира.

Для разработки систем измерения и оценки величин используем принцип замещения объекта измерения или объекта оценки некоторой другой величиной.

4. Для построения системы измерения индекса T установим корреляционные связи между абсолютным индексом системы, зависящим от ее атрибутивных переменных, и всеми эмпирическими индексами развития t_k , отражающими различные аспекты развития системы. Среди полученных уравнений выберем одну из наиболее значащих зависимостей и построим шкалу измерений. Общий подход несколько подобен построению шкал температур в термодинамике. Важным здесь является выбор наиболее влияющих индикаторов и построение уравнений состояния системы, что позволяет при измерениях использовать принцип замещения объекта измерения некоторой другой величиной.

При существовании значимых корреляционных связей определяются регрессионные зависимости. Все установленные значимые зависимости и представляют модель развития системы по различным компонентам.

Методом последовательных приближений на основе методики построения регрессионных зависимостей уточняется перечень атрибутивных переменных и модель корректируется. Общая модель в виде уравнений состояния системы представляется следующим образом:

$$T = \varphi_1 \left(\frac{\rho_1^*}{\rho_{1u}^*} \right), T = \varphi_2 \left(\frac{\rho_2^*}{\rho_{2u}^*} \right), \dots, T = \varphi_m \left(\frac{\rho_m^*}{\rho_{mu}^*} \right).$$

Подобным методом может быть построено несколько различных шкал для измерения абсолютного индекса и создан набор уравнений состояния для конкретных стран мира. Отличия в уравнениях для различных стран мира от уравнения идеального состояния вида (5) будут связаны с особенностями этих стран. В результате измеренные значения индекса $T = T(M)$ по эмпирическим шкалам будут отличаться от значений скалярного поля, определенного расчетным путем согласно (5) по абсолютной шкале с учетом опытных значений индикаторов $M\{\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n\}$.

При наличии шкалы измерения индекса $T = T(M)$ могут быть построены уравнения состояния стран мира относительно атрибутивных переменных [20]. Уравнения состояния в виде рядов слагаемых могут быть определены с любой точностью, т.к. имеются 5–10 значений всех атрибутивных переменных в различные годы для каждой страны.

5. Следующим шагом разрабатывается система оценки значений статистического индекса W , что позволяет совместно с уравнением (7) найти коэффициенты c_i для каждой страны в процессе ее развития. Для этого оценку значений индекса W будем проводить путем определения вероятности состояния системы в пространстве Ω_n на основании статистических данных.

Определим статистическую вероятность состояния системы исходя из относительных частот событий, которые связаны с распределениями атрибутивных величин в массиве опытных данных.

Для одномерного распределения величины относительная частота (статистическая вероятность) события $X < x$ определяется по формуле:

$$w = \frac{i_x}{n}, \quad (13)$$

где i_x – количество стран, у которых наблюдалось значение некоторой величины X , меньшее x ; n – общее число стран. В свою очередь, для двумерного распределения величины в (13) i_x – это количество стран, у которых наблюдалось одновременно значение величин X_1 и X_2 , меньшее соответственно x_1 и x_2 .

Аналогично определяется статистическая вероятность состояния системы для трехмерной величины и многомерной величины.

Например, в системе Statistica соответствующий скрипт определения количества точек для двумерного распределения величины согласно (13) имеет следующий вид (177 строк):

```
Sub Main
Dim s As Spreadsheet, k As Integer
Set s = ActiveSpreadsheet
For i = 1 To 177
    k = 0
    For j = 1 To 177
        If i <> j Then
            If ((s.Cells(i,1)>s.Cells(j,1)) And
(s.Cells(i,2)>s.Cells(j,2))) Then
                k = k+1
            End If
        End If
    Next j
    s.Cells(i,3) = k+1
Next i
End Sub
```

Таким образом, для каждой опытной точки может быть найдено значение статистической вероятности состояния системы, исходя из имеющегося массива опытных данных.

Так как в окрестности любой точки M мы линейно связали абсолютный индекс системы с геометрической вероятностью, то по аналогии свяжем статистический индекс системы W теоретической линейной зависимостью со статистической вероятностью w , в этом случае будем иметь:

$$W = \alpha \cdot \frac{w}{w_0}, \quad (14)$$

где w_0 – вероятность состояния системы для условий принятого опорного состояния; α – некоторый коэффициент пропорциональности, который на первом этапе можно будет принять равным единице.

Для построения системы оценки статистического индекса W установим корреляционные связи индекса с характеристическими величинами наблюдаемых характерных событий, отражающих различные аспекты развития системы. Здесь также используем принцип замещения объекта оценки некоторой другой величиной.

В качестве таких событий могут выступать индикаторы младенческой и детской смертности, число случаев возникновения заболеваний, например, туберкулеза или СПИДа, рождаемость, число пользователей Интернет, количество абонентов мобильной связи, показатели убийств и ограблений и т.д. Для данных индикаторов могут быть получены

дополнительные уравнения вида $W = \psi_k(w_k)$, где w_k – это статистическая вероятность распределения данных индикаторов.

Если воспользоваться уравнением (7), то после определения системы измерения индекса T и системы оценки индекса W можно определить коэффициенты c_i для каждой страны в процессе ее развития. Для этого достаточно для каждой атрибутивной переменной построить зависимость статистической вероятности распределения этой величины от геометрической вероятности распределения этой же величины и определить функцию производной:

$$c_i(T) = \frac{\rho_{i0}}{w_{i0}} \frac{\Delta w_i}{\Delta \rho_i}. \quad (15)$$

Дальнейшая обработка статистических данных о развитии стран мира ведется путем определения теоретического значения энтропии s согласно первого уравнения (11) при известных значениях величин c_i . Окончательно согласование теоретической модели с опытными данными сводится к построению регрессионного уравнения вида:

$$s = \Psi(W). \quad (16)$$

Данное уравнение является аналогом известного уравнения Больцмана в физике $s = k \cdot \ln W$ применительно к изучаемой задаче, при этом вид функции Ψ определяется исходя из особенностей изучаемой системы.

Методом последовательных приближений окончательно устанавливается вид статистического индекса (14) и уравнения (16), после чего модель принимается в окончательном виде. Подобный метод, аналогичный подходу построения моделей в термодинамике, позволяет определить коэффициенты c_i для каждой страны в процессе ее развития и замкнуть исходные уравнения.

Следует отметить, что данная модель переопределена за счет установления возможных связей вида $T = \varphi_k(t_k)$ или $W = \psi_k(w_k)$, однако это необходимо для ее распространения на различные аспекты развития системы, область определения которых существенно более широкая, нежели область определения модели, построенной для нескольких атрибутивных переменных.

7. Следующим этапом для каждой страны следует определить функции состояния системы (энтропию и трансергию) для комплексной оценки, которые выступают в качестве обобщенных переменных.

Функции состояния определяют многомерные криволинейные координаты скалярного поля величины W , при этом каждая страна в пространстве Ω_n будет занимать

некоторое положение относительно этих координат. Это позволяет объективно определить ранг страны в иерархическом множестве других стран по различным компонентам развития.

7. После построения общей модели развития системы определяется статус Украины, который комплексно характеризует ее состояние среди других стран мира в различные годы (например, 2004 – 2012 гг.). Проводится также сравнение положения страны относительно некоторых индикативных объектов, в качестве которых взяты страны, имеющие определенный интерес при проведении стратегической оценки. Такими странами приняты:

- среди стран с очень высоким уровнем человеческого развития – Норвегия, Исландия, Швеция, Канада, Япония, США, Финляндия, Франция, Италия, Англия, Германия, Греция, Словения, Чешская республика, Венгрия, Польша, Эстония, ОАЭ, Болгария, Румыния;
- среди стран с высоким уровнем человеческого развития – Румыния, Болгария, Беларусь, Российская федерация, Казахстан, Грузия, Македония, Бразилия, Армения, Турция;
- среди стран со средним уровнем человеческого развития – Иордания, Китай, Туркменистан, Молдова, Египет, Узбекистан, Кыргызстан, Вьетнам, Индия;
- среди стран с низким уровнем человеческого развития – Кения, Пакистан, Нигерия, Афганистан, Нигер, Конго (Демократическая республика).

8. На заключительном этапе анализа определяются рейтинги страны, проводится визуализация актуальных данных, делаются выводы и разрабатываются предложения для оптимизации процесса развития.

Предварительный анализ данных

Целью предварительного анализа данных является проверка гипотезы о существовании скалярного поля индекса W , установление возможности построения шкалы абсолютного индекса T и определения значений величин c_i . Для этого на первом этапе изучим связи различных индикаторов развития стран с абсолютным индексом по данным ПРООН. Сегодня в базе данных данной международной организации находится около 50 систематизированных индикаторов и индексов для 193 стран мира. Информация не является абсолютно полной. Например, данные по детской смертности в возрасте до 5 лет приведены для 1970, 1980, 1990, 2000, 2005, 2007 – 2009 годов. Данные для удельного потребления энергии странами только для 1980 и 2003 годов. Однако большинство показателей стран меняется достаточно медленно. К

примеру, детская смертность в Украине с 1970 по 2009 годы изменилась с 34 до 15 смертей на 1 тысячу живорожденных (в целом по миру в среднем она снизилась с 146 до 75 смертей). В свою очередь, потребление энергии в целом по миру с 1980 по 2003 год в среднем возросло с 1573 до 2490 кВтч на душу населения.

С 2000 года информация по более чем 50 индикаторам развития является достаточно полной, позволяющей применить данный метод интеллектуального анализа данных. В качестве атрибутов системы выберем принятые при расчете индекса человеческого развития показатели: ожидаемую продолжительность жизни (ρ_1), уровень грамотности населения (ρ_2), коэффициент охвата населения средним и высшим образованием (ρ_3), ВВП страны в пересчете по ППС (ρ_4), а также долю городского населения (ρ_5).

Простроим индекс развития в виде:

$$T = a \cdot \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \rho_3 \cdot \rho_4 \cdot \rho_5}{\rho_{1u} \cdot \rho_{2u} \cdot \rho_{3u} \cdot \rho_{4u} \cdot \rho_{5u}}, \quad (16)$$

где $\rho_{1u}, \dots, \rho_{5u}$ значения геометрических вероятностей ρ_1, \dots, ρ_5 для Украины в 2004 году, которые определяются при значениях индикаторов равных $I_1 = 66,1$ лет, $I_2 = 99,4\%$, $I_3 = 85\%$, $I_4 = 6394$ дол. США (по ППС), $I_5 = 67,6\%$, а параметр a примем на этапе предварительного анализа равным единице.

Для установления связей с показателями развития стран выберем различные индикаторы – удельное потребление энергии; младенческую и детскую смертность; общую численность населения и количество населения до 15 лет и свыше 65 лет; фертильность; случаи

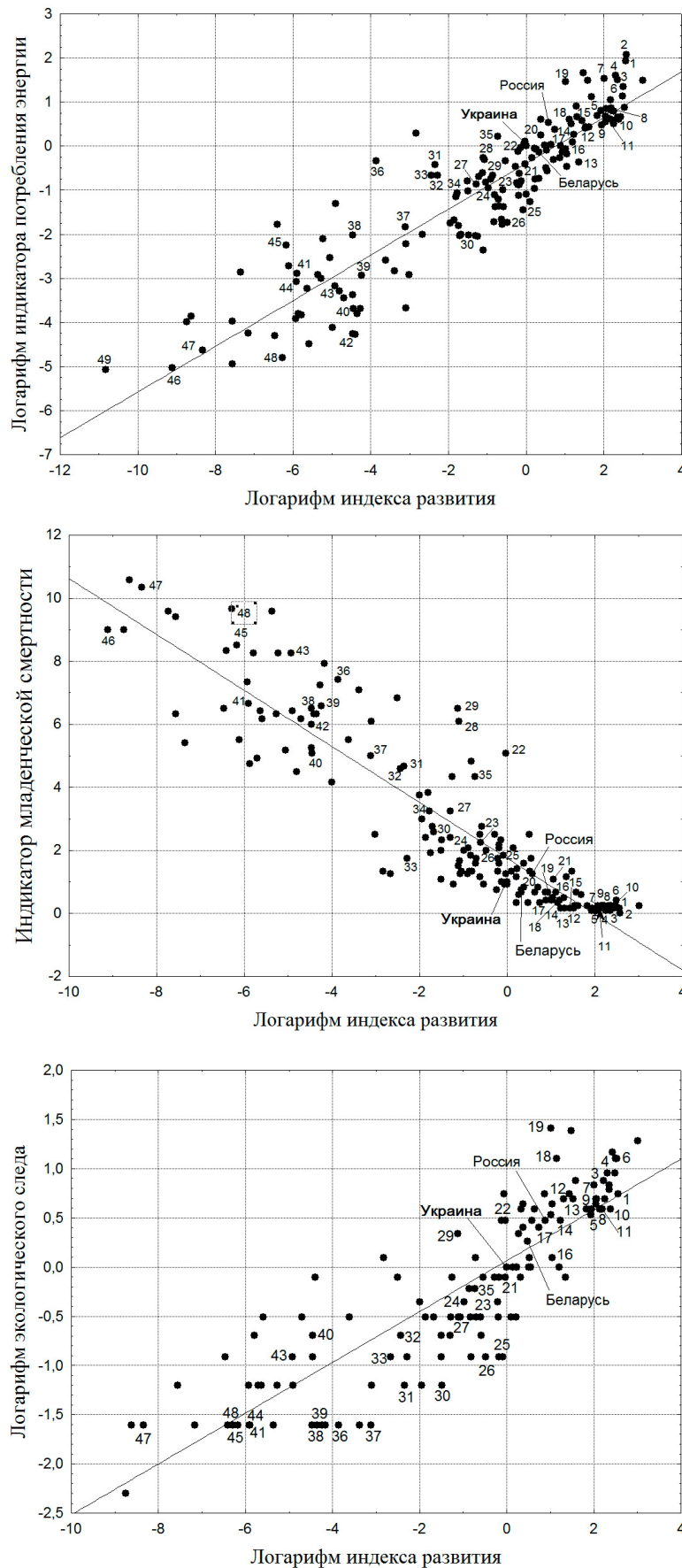
заболевания туберкулезом и ВИЧ; удельное количество врачей; количество пользователей сети Интернет и абонентов сотовых сетей на 1 тыс. человек; коэффициент Джинни; импорт и экспорт в процентах от ВВП; расходы на образование, здравоохранение, науку, военные расходы; численность студентов естественно-научных и технических вузов; численность вооруженных сил; удельные выбросы диоксида углерода; жертвы преступлений и т.д. (всего около 50 индикаторов). Результаты анализа связи некоторых индикаторов с абсолютным индексом системы представлены на рисунках 1 и 2.

В базе данных ПРООН из почти 50 индикаторов значимые связи с атрибутивными переменными системы установлены для более чем 30 индикаторов. Наиболее значимые связи индекса развития установлены с индикаторами удельного потребления энергии, младенческой и детской смертности, а также заболеваемости населения, с показателями, характеризующими доступ к коммуникационно-информационным технологиям и т.д. В свою очередь, целый ряд экономических показателей стран мира не имеет связей с индексом развития T , что указывает на необходимость поиска в этом случае иных атрибутивных переменных.

Для построения шкалы абсолютного индекса выберем наиболее значимые уравнения взаимосвязи этого индекса с индикаторами стран мира. В таблице 3 приведены характеристики уравнений для основных индикаторов. Из приведенных данных видно, что шкала абсолютного индекса может быть построена на основе взаимосвязи этого индекса с индикатором удельного потребления энергии странами мира.

Таблица 3. – Зависимости различных индикаторов от индекса развития стран мира в 2004 году

Индикаторы	Регрессионное уравнение системы (6)	Коэф. корреляции	Год, данные которого использовались
Удельное потребление энергии, t_e	$T = 1,496 \cdot t_e^{1,581}$	0,94	2003
Младенческая смертность, $t_{ml,s}$	$T = 4,474 \cdot \exp(-0,969 \cdot t_{ml,s})$	0,90	2004
Экологический след, t_{eco}	$T = 0,652 \cdot t_{eco}^{2,814}$	0,75	2007
Население в возрасте старше 65 лет, $t_{nas,65}$	$T = 0,452 \cdot \exp(0,224 \cdot t_{nas,65})$	0,73	2004
Количество младенцев с низкой массой тела, $t_{ml,m}$	$T = 5,919 \cdot t_{ml,m}^{-4,536}$	0,70	2004
Количество врачей, t_{doc}	$T = 3,279 \cdot t_{doc}^{1,714}$	0,89	2004
Пользователи Интернет, t_{int}	$T = 0,304 \cdot t_{int}^{1,669}$	0,89	2004
Абоненты сотовых телефонов, t_{mob}	$T = 0,526 \cdot t_{mob}^{2,099}$	0,90	2004
Расходы на здравоохранение, t_{zdr}	$T = 1,060 \cdot t_{zdr}^{2,555}$	0,64	2004
Государственный долг, t_{gos}	$T = 0,430 \cdot t_{gos}^{1,864}$	0,55	2004



Страны мира:

- 1 – Норвегия;
- 2 – Исландия;
- 3 – Швеция;
- 4 – Канада;
- 5 – Япония;
- 6 – США;
- 7 – Финляндия;
- 8 – Франция;
- 9 – Италия;
- 10 – Англия;
- 11 – Германия;
- 12 – Греция;
- 13 – Словения;
- 14 – Португалия;
- 15 – Чешская республика;
- 16 – Венгрия;
- 17 – Польша;
- 18 – Эстония;
- 19 – ОАЭ;
- 20 – Болгария;
- 21 – Румыния;
- 22 – Казахстан;
- 23 – Армения;
- 24 – Китай;
- 25 – Перу;
- 26 – Филиппины;
- 27 – Грузия;
- 28 – Азербайджан;
- 29 – Туркменистан;
- 30 – Индонезия;
- 31 – Кыргызстан;
- 32 – Узбекистан;
- 33 – Молдова;
- 34 – Монголия;
- 35 – ЮАР;
- 36 – Таджикистан;
- 37 – Индия;
- 38 – Пакистан;
- 39 – Конго;
- 40 – Судан;
- 41 – Йемен;
- 42 – Гаити;
- 43 – Нигерия;
- 44 – Ангола;
- 45 – Мозамбик;
- 46 – Эфиопия;
- 47 – Гвинея-Бисау;
- 48 – Руанда;
- 49 – Буркина-Фасо

Рисунок 1. – Зависимости различных индикаторов от абсолютного индекса развития стран мира

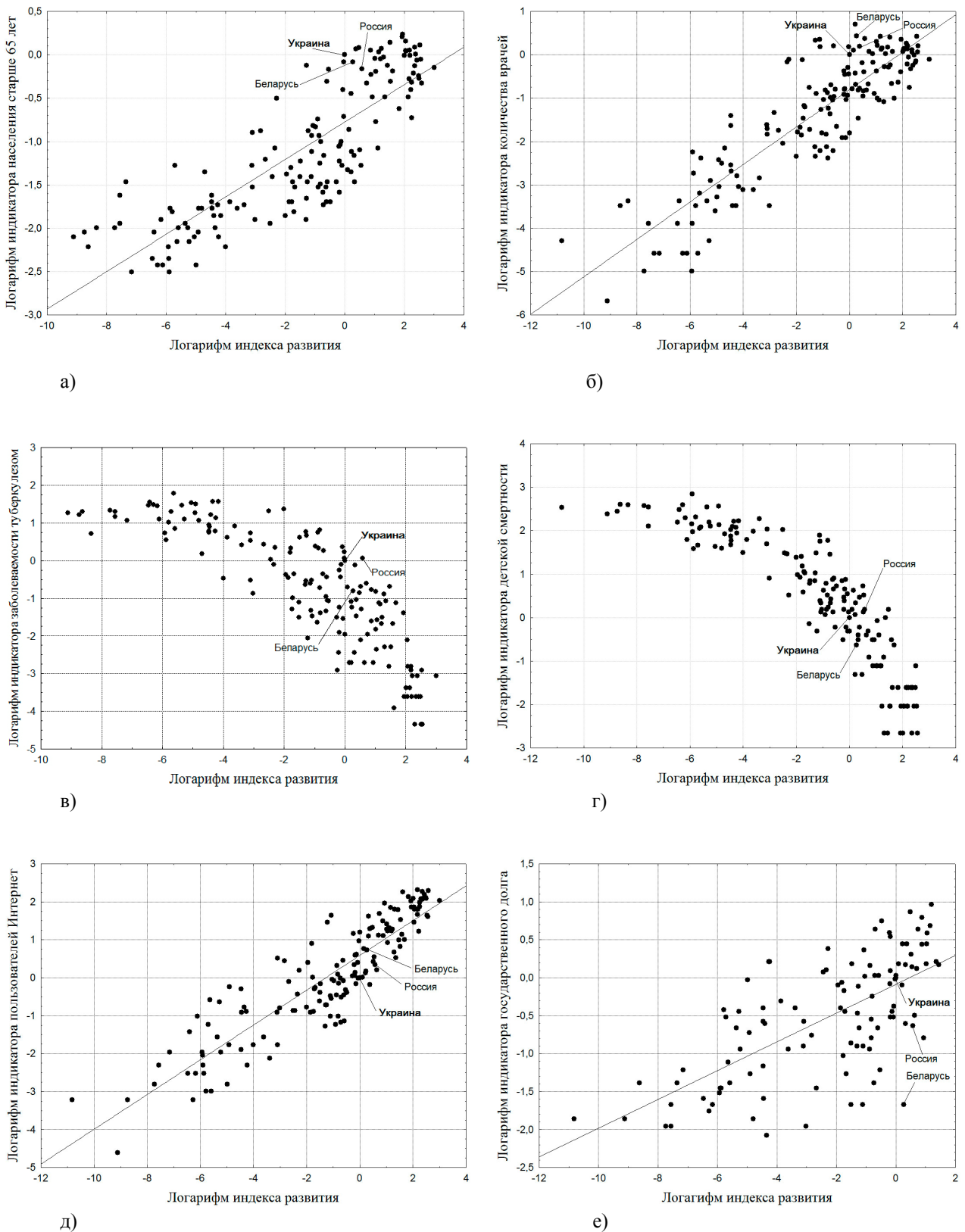


Рисунок 2. – Зависимости различных индикаторов от абсолютного индекса развития стран мира:
 а) доля населения старше 65 лет; б) удельное количество врачей; в) индикатор заболеваемости туберкулезом; г) индикатор детской смертности; д) количество пользователей Интернет; е) индикатор государственного долга

Для определения значений величин c_i построим зависимости статистической вероятности распределения каждой из атрибутивных переменных от распределения геометрических вероятностей этих же переменных. Результаты анализа данных приведены на рисунке 3.

Из приведенных данных видно, что существуют практически функциональные зависимости между статистическими и геометрическими вероятностями распределения атрибутивных переменных. Данные зависимости в каждом конкретном случае обладают выраженными особенностями и имеют чаще всего нелинейный вид.

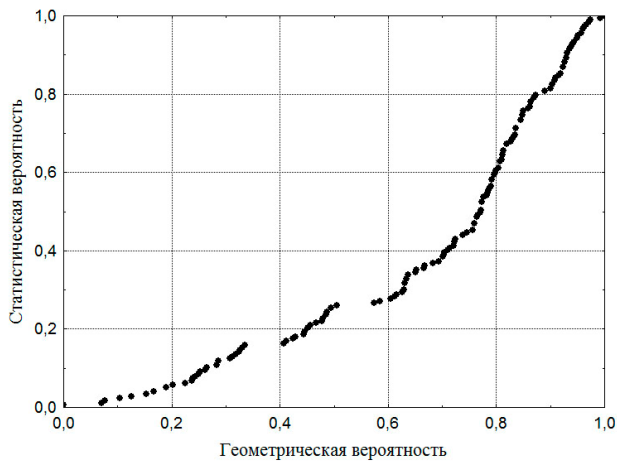
Все это говорит об очень тесной взаимосвязи одномерных вероятностных распределений атрибутивных величин.

Для многомерного распределения уже

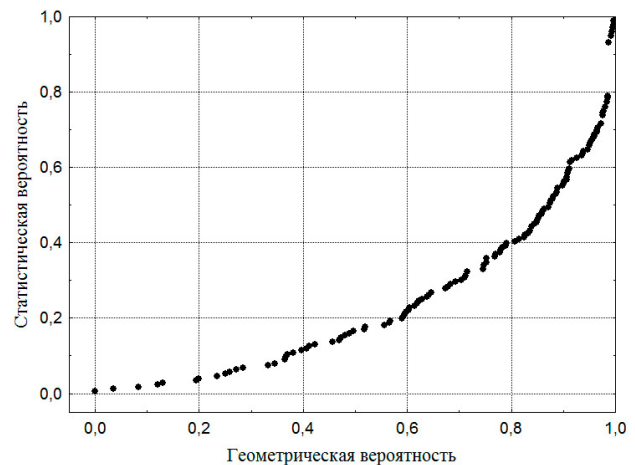
наблюдается определенный разброс опытных точек (рис. 4).

Однако данные рисунков 3 и 4 подтверждают существование тесной связи между статистическим индексом W и абсолютным индексом T , что является, в свою очередь, следствием взаимосвязи соответствующих вероятностей распределения переменных. Все это указывает на возможность определения скалярного поля величины W и позволяет найти значения величин c_i путем дифференцирования полученных зависимостей (рис. 3). Надо отметить, что величины c_i будут зависеть от индекса развития T , т.е. $c_i = c_i(T)$.

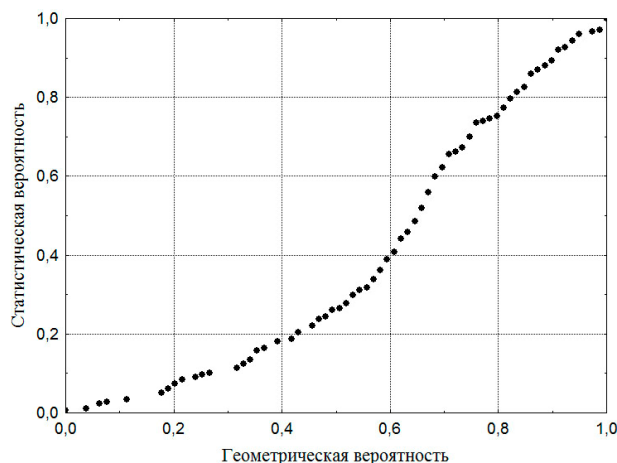
Полученные результаты позволяют предложить метод определения статистического индекса W и построить систему оценки его скалярного поля по опытным данным.



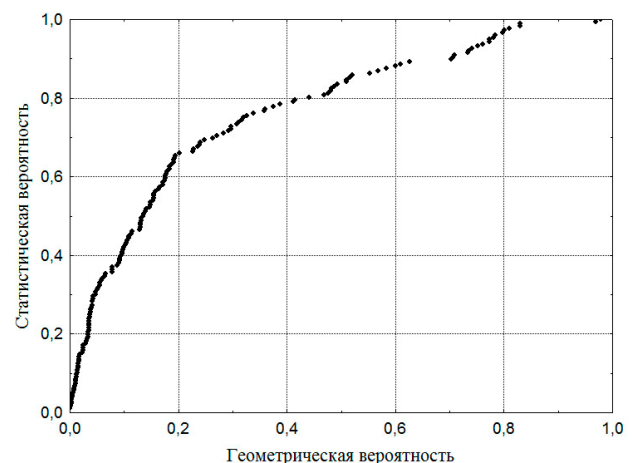
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3. – Зависимости статистических и геометрических вероятностей распределения атрибутивных переменных: а) индикатор ожидаемой при рождении продолжительности жизни; б) индикатор грамотности взрослого населения ; в) индикатор охвата населения средним и высшим образованием; г) индикатор валового внутреннего продукта на душу населения

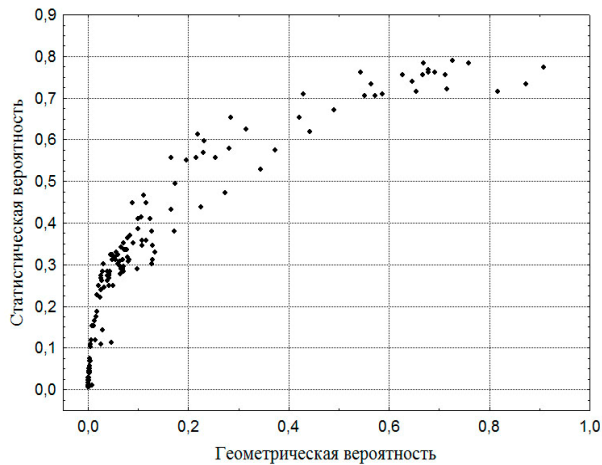


Рисунок 4. – Зависимости статистических и геометрических вероятностей распределения четырех атрибутивных переменных, представленных на рисунке 3

Выводы

Таким образом, международные базы данных индикаторов в комплексе с методами интеллектуального анализа данных позволяют установить закономерности развития стран мира. Все это говорит о возможности создания математической теории оценки развития стран по логике построения аналогичной той, которая применяется сегодня в термодинамике.

Во второй части данной статьи будут приведены количественные результаты стратегической оценки развития стран мира с применением предложенной теории и методики оценки, а также будет дан анализ статуса Украины в современном мире по данным международных организаций.

Литература

1. Прогностика. Общие понятия. Объект и аппарат прогнозирования. Терминология. М.: Наука, 1978. – 32 с.
2. Справочное пособие по экологической оценке. Том 1 – 3. – World Bank, Washington, 1991.
3. Згуровский М.З. Глобальное моделирование процессов устойчивого развития в контексте качества и безопасности жизни людей (2005 – 2007/2008 годы) [Текст] / М.З. Згуровский, А.Д. Гвишиани. – К.: Политехника, 2008. – 331 с.
4. Методологические основы прогнозирования научно-технологического развития России до 2030 г. с использованием критериев стратегических рисков / Координационный совет РАН по прогнозированию, 2009. – 27 с.
5. Красс М.С. Моделирование эколого-экономических систем: Уч. пос. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 272 с.
6. Прогнозирование будущего. Новая парадигма / Под ред. Г.Г. Фетисова и В.М. Бондаренко. М.: Экономика, 2008. – 283 с.

7. Доклады о развитии человека (2003 – 2010 гг.). <http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2010/chapters/ru/> (25.11.2012).

8. Доклад о развитии человека 2011 года «Устойчивое развитие и равенство возможностей: Лучшее будущее для всех» / Пер. с англ.; ПРООН. – М.: Весь Мир, 2011. – 188 с. http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2011_RU_Complete.pdf (27.11.2012).

9. Защита окружающей среды Европы. – Четвертая оценка. – ЕАОС, Копенгаген, 2007. – 452 с.

10. Доклад “Живая планета” / Всемирный фонд дикой природы. Пер. с англ. 2006, 2008, 2010, 2012. <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/436>, <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/584> (10.11.12).

11. Руководящие указания по применению экологических показателей в странах восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии. – Женева. 2006. – 105 с.

12. Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies United Nations, New York, 1996.

13. Environmental Indicators for Agriculture. Vol. 3. Methods and Results, OECD, 2001.

14. World Bank, World Development Indicators (issued annually). <http://www.worldbank.org/> (10.03.10).

15. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies, United Nations, 2001.

16. Environmental Health Indicators: Framework and Methodologies. Prepared by D. Briggs, Occupational and Environmental Health. WHO, 1999.

17. Звягинцева А.В., Аверин Е.Г. Донецкая область в мировых координатах развития человеческого потенциала / Збірник наук. праць ДонНТУ. Серія: Системний аналіз та інформаційні технології у науках про природу та суспільство. Випуск 1. Донецьк: ДонНТУ. – 2011. С. 82 – 93. <http://ksm.donntu.edu.ua/pub2011.pdf> (25.11.2012).

18. Баканов А.И. О некоторых методологических вопросах применения системного подхода для изучения структур водных экосистем / В кн. Количественные методы экологии и гидробиологии – Тольятти: СамНЦ РАН, 2005. – 404 с.

19. Аверин Г.В. Фундаментальные модели в общей теории систем: закон перехода количественных изменений в качественные для эволюционно развивающихся систем / Збірник наук. праць ДонНТУ. Серія: Системний аналіз та інформаційні технології у науках про природу та суспільство. Випуск 2, 3. Донецьк: ДонНТУ. – 2012. С. 12 – 58. http://wikience.donntu.edu.ua/averin/on_the_theory_of_changes.pdf (25.11.2012).

20. Аверин Г.В., Звягинцева А.В., Аверин Е.Г. Методы системной динамики при анализе социально-экономического развития стран и регионов / Збірник наук. праць ДонНТУ. Серія: Системний аналіз та інформаційні технології у науках про природу та суспільство. Випуск 1. Донецьк: ДонНТУ. – 2011. С. 108 – 122. <http://ksm.donntu.edu.ua/pub2011.pdf> (25.11.2012).

21. Аверин Г.В. Об основаниях системодинамики / Збірник наук. праць ДонНТУ. Серія: Системний аналіз та інформаційні технології у науках про природу та суспільство. Випуск 1. Донецьк: ДонНТУ. – 2011. С. 6 – 52. // <http://ksm.donntu.edu.ua/pub2011.pdf> (25.11.2012).