

**ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ
АСПЕКТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

**GEOINFORMATICAL AND CARTOGRAPHICAL SECURITY
OF ECOLOGICAL, ECONOMICAL AND SOCIAL ASPECTS
OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

УДК: 911.7; 330

DOI: 10.35595/2414-9179-2019-1-25-5-17

И.Н. Рубанов¹

**ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ РАЗРАБОТКИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ИНДИКАТОРОВ
ДЛЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ
И АНАЛИЗ ТИПОВЫХ ОШИБОК ИССЛЕДОВАНИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ИНДИКАТОРОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ
И РЕГИОНОВ РОССИИ)**

АННОТАЦИЯ

Интегральные индикаторы (далее – ИИ) в географии – это рассчитанные на основе нескольких показателей величины, характеризующие сложные свойства пространственных объектов. Их отличает субъективность, которая привносится исследователем в процессе математической обработки и интеграции данных. Расчёт ИИ включает следующие процедуры: определение предмета и объекта исследования, выбор территориальных единиц – их масштаба и характера границ, подбор конкретных показателей и их структурирование (объединение в подгруппы); нормализация показателей путем выделения «пороговых» значений; определение весов показателей и способа их интеграции для расчета ИИ.

Верификация работы проводится путём сравнения расчётных результатов с фактическими в пределах известного полевого участка, а, если первое невозможно, путём анализа картографической визуализации значений ИИ; признаком серьёзных изъянов методологии является «лоскутное» одеяло с хаотичным изменением величины ИИ. Типовые ошибки при

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, 119991, Москва, Россия, *e-mail*: rubanovin@yandex.ru

составлении ИИ: исследователь не определяет объект и(или) предмет исследования; неверный выбор размерности показателей; включение нерелевантных исследованию показателей; неверный выбор масштаба и способа выделения территориальных единиц; некорректный подход по определению пороговых значений показателей или неудачный выбор их конкретных величин, в частности использование минимального и максимального значений конкретной выборки в качестве верхнего и нижнего порогов. При оценке аспектов устойчивого развития и для других тем зачастую некорректно объединяются характеризующие разные свойства объекта показатели давления, состояния, реакции и управления. При анализе территорий России частыми ошибками являются: выбор единиц АД 1-го уровня (субъекты) вместо природных ареалов и менее масштабных единиц, некорректное представление данных по «матрешечным» регионам, объединение разнородных социально-экономических показателей, а также использование недостоверных для некоторых регионов статистических показателей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: интегральные индикаторы, ГИС, картография, устойчивое развитие, Россия

Ivan N. Rubanov¹

**APPROACH TO ELABORATION OF INTEGRAL INDICATORS
FOR ASSESMENT OF SPATIAL OBJECTS CHARACTERISTICS
AND ANALYSES OF TYPICAL ERRORS
(ON THE BASE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDICATORS
AND RUSSIAN REGIONS AS AN EXAMPLE)**

ABSTRACT

Integral indicators (further – II) in geography is a measurement composed of many simple indicators to characterize complex properties of spatial phenomenon. II is subjective, since a scientist should make personal decision to choose approach, the way of mathematic processing and integration of initial data to compos II. Composing II consists of a few stages: definition of the object and the focus of the research; definition of territorial units – their scale and boundaries; selection of particular indicators and their initial structuring (gathering in subgroups); normalizing indicators using threshes; defining weights of particular indicators and algorithm of their integration for II calculation. Verification of results could be done using comparison of calculated and real values in well-known field plots. If it is impossible then cartographic visualization is used – chaotic mix of areas with different II values which resemble patchwork quilt is a witness of mistakes in methodology and selected approach. Typical errors while composing II are: the object and the focus of the research are not defined; dimensionality of indicators is wrong; irrelevant indicators is used; failed approach to definition the scale or type of territorial units; irrelevant approach to definition of threshes or inaccurate expert definition of threshes, in particular incorrect application of minimal and maximum values in dataset as low/high threshes. When aspects of sustainable development are investigated and in many other cases pressure, state, reaction and management indicators incorrectly mixed and used together. When territory of Russia is in focus typical errors are: using regions as basic territorial unit (higher administrative division level) instead of natural areas or lower level division, incorrect statistic data deriving for multi-unit regions, mixing divergent socio-economic indicators and also – using unreliable (for some regions) statistical indicators.

KEYWORDS: integral indicators, GIS, cartography, sustainable development, Russia

¹ Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia,
e-mail: rubanovin@yandex.ru

ВВЕДЕНИЕ

В географии и картографии и при разработке геоинформационных систем активно используются интегральные индикаторы (далее – ИИ). Они представляют собой числовую, реже качественную характеристику, которая рассчитывается для набора территориальных объектов на основе нескольких исходных показателей путём их нормализации и интеграции. Известным примером интегрального индикатора такого рода является Индекс развития человеческого потенциала (ИРЧП), который ежегодно рассчитывается для стран мира и их отдельных регионов и служит основой для построения одноименного рейтинга [Human..., 2017]. Интегральные индикаторы применимы для анализа природных и социальных явлений, при дешифрировании космоснимков, для оценки качественной выраженности явления, для определения принадлежности объекта к тому или иному классу, с целью оценки территории с точки зрения природных рисков, пригодности для хозяйственной деятельности и т.п. С помощью ИИ дается характеристика географических закономерностей изменения сложных, комплексных явлений, не поддающихся описанию с помощью отдельных статистических / прямо измеряемых показателей. В то же время ИИ отличает субъективность, она связана с тем, что эксперт должен принять решение о выборе тех или иных показателей, а также о способе их математической обработки и интеграции.

Можно выделить основные этапы составления ИИ, а также типичные ошибки, которые часто встречаются не только в работах учащихся ВУЗов, но и у опытных исследователей и зачастую обесценивают использование этого научного инструмента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первым этапом составления интегральных индикаторов является определение объекта и предмета исследования, что имеет принципиальное значение для последующего выбора исходных показателей и их размерности. Так, в исследованиях в области экологии в качестве объекта исследования чаще всего выступает окружающая среда и её отдельные компоненты, ресурсы. Однако при оценке экологической эффективности в качестве объекта будет выступать уже хозяйственная деятельность человека или само общество. В первом случае используемые в работе показатели, например, выбросы загрязняющих веществ, должны соотноситься с площадью территории, ресурсом пресных вод и т.п. Во втором – с масштабом хозяйственной деятельности, например, с объёмом произведённой продукции или численностью населения. При изучении социальных явлений объектом будет являться социальная общность людей, проживающих на той или иной территории; в таком случае показатели обычно соотносятся с численностью жителей или их отдельных категорий в пределах административных границ.

Установив интересующий нас аспект явления, **предмет** работы, необходимо определить, что представляет для нас наибольший интерес – динамика развития явления, его прогноз или же текущее состояние. В последнем случае целесообразно анализировать только наиболее актуальные (текущие) показатели, а в первом случае необходимо включать в работу исторические данные и в качестве основы для расчета использовать не значения на отдельные временные даты, а разницу показателей во времени. Типичной ошибкой является оценка и сравнение (рейтинги) деятельности органов управления, в частности, региональных администраций, органов исполнительной власти, как это практикуется в России, на основе текущих значений социально-экономических показателей, таких как заработная плата, младенческая смертность и тому подобных [Орлов, 2016]. Последние имеют значительную инерцию и в большей степени определяются не текущей деятельностью администрации, а уровнем развития и структурой местной экономики, определяемой историей развития региона на интервале десятков лет. Грубой ошибкой является смешанное (одновременное) использование качественных, относительных показателей, которые характеризуют

степень явления (например, соотношение среднедушевых доходов и прожиточного минимума как индикатор социального развития) и абсолютных значений (например, размер ВРП), который характеризует лишь место территории в общем рейтинге территориальных единиц [Рейтинг..., 2018].

Следующим этапом работы является определение **иерархической структуры** интегрального индикатора. В случае, если явление многоаспектно, целесообразно выявить и отдельно оценивать каждый из этих аспектов (тем), что позволит охарактеризовать важные внутренние различия исследуемого объекта. Иерархия может быть многоуровневой (темы делятся на подтемы и т.д.). Например, в случае оценки экологической ситуации или экологической устойчивости, в качестве тем может фигурировать оценка экологического состояния отдельных компонент окружающей среды – литосферы, атмосферы, гидросферы, биосферы. Состояние биосферы может быть охарактеризовано подтемами, отражающими состояние лесов, биоразнообразие природных экосистем и антропогенную изменённость территории в целом.

Следует учесть, что в случае обширных выборок, большой исследуемой площади, для одних территорий, в силу объективных причин (например, их географической специфики) некая проблема может быть весьма актуальной, а для других она может не существовать в принципе. Например, в нашем случае для части субъектов РФ (например, Приморского края) актуальна оценка экологического состояния морских побережий и прибрежных вод; в других же регионах (например, в Воронежской области) эти компоненты окружающей среды отсутствуют как таковые и не могут оцениваться. Выходом из данной затруднительной ситуации может являться использование переменных весов при интеграции показателей (см. ниже).

После или перед вышеописанным этапом должны быть определены **масштаб и способ выделения территориальных единиц для исследования**. В большинстве случаев на данном этапе исследователь вынужден отталкиваться от имеющихся данных. В таком случае надо оценить, сколь репрезентативны исследуемые данные – насколько сильны их вариации в пределах избранных единиц и не скрывают ли они критичных для работы различий.

Как правило, набор актуальных проблем, значимых свойств пространственных объектов меняется вместе с масштабом. Из этого вытекает, что методика расчёта интегрального индикатора должна быть приспособлена для работы с определённым набором территориальных единиц конкретного масштабного уровня (например, или регионов России, или стран мира, или отдельно для ландшафтов равнинных и горных территорий). В свою очередь, это означает, что во многих случаях методики расчёта интегральных индикаторов не могут считаться универсальными и требуют серьёзной доработки при изменении масштабного уровня. Например, в расчёте ИРЧП входит индекс образованности, который, в частности, определяется с учётом уровня грамотности и охвата школьным обучением. Данный показатель используется и для исследования внутривнутригосударственных различий, в том числе в России [Доклад..., 2016]. Однако, поскольку в Российской Федерации проблема школьного образования решена, давно и повсеместно достигнута полная грамотность взрослого населения, такой подход не позволит выявить значимые региональные различия с точки зрения образования (см. карту 1), которые связаны с плотностью и транспортной доступностью школ, их обеспеченностью с финансовой и кадровой точки зрения и доступом. Есть примеры и обратного рода. Даже авторитетные исследования в качестве одного из показателей антропогенной нагрузки и экологической ситуации используют выбросы CO² [Report..., 2001] и других парниковых газов. Однако сопряжённая с этим проблема носит не страновой, а глобальный характер. Поскольку упомянутые загрязнители из-за активного атмосферного переноса и химических особенностей быстро и равномерно распределяются в пределах атмосферы, определяя изменения климата и повышение уровня Мирового океана,

сопряжённые проблемы имеют наибольшее значение не в местах генерации выбросов, а для низменных островных государств, подверженных угрозе затопления.



Рис. 1. Индекс развития человеческого потенциала в регионах России

Источник: [Доклад..., 2016]

Fig. 1. Human Development Index in regions of Russia

Source: [Report ..., 2016]

Важным является и принцип выбора территориальных объектов. Это могут быть территориальные единицы, выделенные по административным границам или же природным контурам (ареалы, ландшафтные зоны и т.п.), точки регулярной сетки и даже пиксели на космоснимках (в случае использования ИИ для дешифрирования). Как правило, в исследованиях социально-экономической тематики целесообразно использовать единицы административно-территориального деления. Границы регионов и, особенно, стран обычно являются своеобразными «водоразделами», на которых резко изменяется социальная среда. Зачастую в исследованиях экологической и даже физико-географической тематики также используются единицы административно-территориального деления из-за того, что официальные органы собирают и представляют статистические данные только в их пределах. Это нежелательно, так как описываемые явления слабо или вовсе не зависят от административных границ и сильно варьируют в их пределах. Следует задаться вопросом – не слишком ли значительны искажения, вносимые таким выбором территориальных единиц? Так, в Российской Федерации примером такого рода являются показатели загрязнения воздушного бассейна, которые связаны в первую очередь со стационарными источниками – промышленными предприятиями. Например, чтобы оценить интенсивность загрязнения воздушного бассейна в Вологодской области, придётся взять объём выбросов в пределах этого

субъекта и соотносить его с площадью территории региона. Однако полученная величина будет слабо отражать реальное загрязнение атмосферы, ведь основную часть выбросов в регионе производит Череповецкий металлургический комбинат, расположенный в крайней юго-западной части протяжённого региона. Загрязнение распространяется на соседние Тверскую и Ярославскую области, в то время как восток и центр Вологодчины оказываются практически не подвержены влиянию этого источника выбросов.

В случае использования территориально-административных единиц (границ) также необходимо учесть специфические принципы их выделения и особенности конфигурации (наличие эксклавов, анклавов и т.п.), которые могут оказать сильное воздействие на конечный результат. Так, при проведении исследований на уровне регионов России необходимо учесть три специфических особенности:

1) Два субъекта Российской Федерации – города Москва и Санкт-Петербург – качественно отличаются от других регионов, поскольку состоят преимущественно из селитебной, городской территории, в то время как все прочие субъекты включают обширные сельские территории. Очевидно, что широкий круг показателей, например, характеризующих состояние биосферы, плотность дорожной сети и т.д., будет варьировать между двумя этими группами субъектов только лишь из-за субъективного различия в принципе формирования административных единиц. В случаях качественного сопоставления рейтингов регионов может оказаться целесообразным объединение Москвы и Санкт-Петербурга с окружающими Московской и Ленинградской областями.

2) В России до сих пор существуют так называемые «матрёшечные» регионы. В их число в настоящее время входит Архангельская область, которая, помимо доминирующего по площади и населения «ядра» (термин – наш), включает в свой состав Ненецкий АО, а также Тюменская область, в состав которой помимо «ядра» входят Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий АО, доминирующие с точки зрения доли в площади и экономического потенциала. В прошлом к числу матрёшечных регионов относился Красноярский край и ряд других субъектов.

В официальных статистических сборниках данные для округов зачастую приводились отдельно, вместе с тем, как в строках «Тюменская...», «Архангельская область» приводятся данные в целом по «матрёшечному» субъекту, включая национальные образования. Для картографического отображения использовать данные этой строки неприемлемо. Необходимо специально рассчитывать отдельные данные для «ядра» матрёшечного региона, что зачастую не принимается во внимание даже исследователями, имеющими географическое образование.

3) В прошлом в Российской Федерации имелся значимый с социально-экономической точки зрения анклав, подчинённый удалённому субъекту. Таковым являлась территория города Норильска и административно подчинённых ему населённых пунктов, которые находились в центре Таймырского (Долгано-Ненецкого) автономного округа. Незнание этого фактора могло привести к плачевным последствиям, например, при оценке антропогенного воздействия, так как около 10 % выбросов от стационарных источников в Российской Федерации генерировалось предприятием «Норильский никель», хотя реально они наносят ущерб не ему, а вышеупомянутому автономному округу.

Наиболее сложной и ответственной частью составления интегрального индикатора является **выбор исходных показателей**. Они должны удовлетворять следующим критериям.

Репрезентативность. Содержание показателя должно однозначно отражать состояние именно описываемой им проблемы.

Значимость. Необходимо использовать только наиболее существенные и показательные индикаторы. Не следует стремиться включать в исследование максимально возможное число показателей, напротив, необходимо свести их число к минимуму в случае, если это

не приводит к заметному ухудшению результата. Такой подход облегчит понимание и верификацию ИИ.

Актуальность. «Возраст» показателей и различие в дате между показателями для отдельных территориальных единиц не должны превышать разумных пределов с учётом инерции, изменчивости описываемых явлений. Последняя велика, в случае социально-экономических показателей в большинстве случаев составляет 1–3 года, а в случае физико-географических показателей может варьировать в широких пределах.

Опыт и однозначность интерпретации. Желательно, чтобы интерпретация воздействия показателя на явление не вызывала серьёзных научных сомнений и обладала минимальной субъективностью. Впрочем, опытный исследователь может использовать и малоизученные показатели, путём многократной верификации результата (об этом ниже) пытаться выявить их значение и влияние самостоятельно – в таком случае его исследование приобретёт дополнительную ценность.

Достоверность. Частой ошибкой начинающих исследователей, особенно при исследованиях социально-экономических тематики, является безоговорочное доверие к статистическим данным. Между тем, зачастую они не являются достоверными, что приводит к кардинальным ошибкам. Так, в Российской Федерации одними из самых низких показателей преступности (общее количество преступлений, убийств на душу населения) фиксируются в регионах Северного Кавказа [Состояние..., 2017]. Этот факт некоторыми исследователями ошибочно интерпретируется как признак правового благополучия указанных регионов, хотя на самом деле смысл его скорее противоположный – он лишь указывает на низкий авторитет и бездействие официальной правовой системы, которую подменяют народные (адаты) и религиозные правовые системы [Сюкияйнен, 2014].

Полнота данных. Недопустимо использовать показатели, значения которых отсутствуют для значительного числа исследуемых территориальных единиц. На наш взгляд, критическим порогом в этом плане является доля территорий, для которых отсутствуют данные в 5%, однако критерий может подбираться индивидуально.

Следует отметить, что исходные показатели, характеризующие любой объект, могут быть разделены на четыре условных типа в зависимости от описываемого ими аспекта [Indicators..., 2000], [Towards..., 2000]:

1) **Показатели давления**, отражающее воздействие на объект внешних или внутренних сил, способных изменить его свойства; в экологии к этой категории относятся показатели антропогенного воздействия (выбросы и тому подобное);

2) **Показатели**, отражающие **состояния объекта**, например, доля изменённых экосистем при анализе экологического состояния биосферы.

3) **Показатели реакции** описывают то, как объект реагирует на показатели давления той или иной силы; например, в социально-экономическом анализе к таковым можно отнести количество забастовок, число их участников и тому подобное.

4) **Показатели управления** применимы к анализу общественных отношений, действиям общества по управлению явлением. Например, в случае экологического анализа к ним можно отнести величину средств, выделяемых на охрану окружающей среды.

Изначально исследователь должен понять, какая из групп показателей наиболее чётко характеризует предмет исследования. Зачастую даже опытные исследователи при составлении ИИ используют показатели разных типов, что нежелательно или даже неприемлемо. Так, если мы пытаемся оценить интенсивность текущего антропогенного воздействия на окружающую среду, неправильно для оценки этой величины использовать показатели состояния (например, долю засоленных земель или нарушенных территорий), которые отражают результат длительной и, возможно, изменчивой истории антропогенного воздействия. Еще менее репрезентативным будет использование показателей реакции (например, затраты на охрану окружающей среды). Такие показатели, как доля утилизируемого попутного газа, энергоёмкость ВВП или расходы энергоносителей на душу населения,

характеризуют лишь экологичность хозяйственной деятельности и качество экологического управления, но не могут использоваться для оценки экологической ситуации в пределах того или иного региона, которая сильно зависит от «плотности» хозяйственной деятельности, не отражённой в упомянутых величинах. Последний пример включает в себя ещё одну сопряжённую ошибку выбора показателей – использование неправильной размерности, что особенно часто встречается среди начинающих исследователей. Например, при оценке интенсивности воздействия промышленности на водный бассейн (антропогенное давление) на основе данных по объёмам сбросов сточных вод будет неправильно:

- использовать абсолютный показатель выбросов, так как он зависит от стороннего субъективного фактора – размера территориальной единицы;

- соотносить загрязнение с площадью территории, так как в разных регионах сильно варьирует объём речного стока, который «разбавляет» жидкие загрязнители;

- сопоставлять соотношение этого показателя с численностью населения, поскольку при такой размерности будет информировать нас, сколь «грязной» является экономика, но будет отражать интенсивность воздействия на окружающую среду, которая окажется высокой в плотнозаселённых регионах;

Удачное решение в описанном случае – соотносить объём загрязнения со среднегодовым объёмом поверхностных вод (загрязнения в основном сбрасываются в реки и водоёмы) тех или иных субъектов.

Следующим этапом разработки интегрального индикатора является **математическая обработка** исходных показателей. Она требует решения по меньшей мере двух задач – качественной оценки исходных значений и определения влияния тех или иных показателей на конечный результат. Для того, чтобы провести качественную оценку исходных статистических показателей и сделать разнородные показатели пригодными для объединения, производят их *нормализацию* – все показатели приводятся к единой безразмерной шкале, например, от 0 до 1, или от 0 % до 100 %, где крайние значения характеризуют наилучшие и наихудшие возможные признаки явления или качественно противоположные свойства объекта.

Основным этапом нормализации данных является определение *пороговых значений* – то есть таких величин показателей, которые будут соответствовать крайним точкам упомянутой безразмерной шкалы. Наиболее удачный и объективный способ – это выделение **«естественных» пороговых значений**, которые определяются самой логикой показателей. Например, для показателя «Заболеваемость алкоголизмом» в качестве наилучшего значения логично принять 0 % (0 человек на 1000 жителей и тому подобное), так как целью развития и желательным для общества явлением является полное отсутствие алкоголизма.

В большинстве случаев, однако, естественные пороги выделить невозможно. В таком случае они могут определяться экспертно, самостоятельно составителем ИИ и (или) с опорой на другие научные работы. Например, эксперты ООН при расчёте вышеупомянутого индекса развития человеческого потенциала для нормализации показателя продолжительности жизни в качестве нижнего порогового значения используют величину 25 лет, а в качестве верхнего порогового значения – 85 лет. При таком подходе становится возможным качественная оценка нормализованных значений показателя и индикатора в целом, однако результат работы становится более субъективным и сильно зависимым от научной квалификации составителя.

Чтобы обойти данную проблему субъективизма, исследователи зачастую устанавливают пороговые значения по наибольшим и наименьшим значениям ряда данных, достигнутых конкретными территориальными единицами. Например, если таким образом нормировать показатель продолжительности жизни по регионам РФ в 2002 году, за нижнее пороговое значение мы бы приняли минимальную величину этого показателя, наблюдавшуюся в Корякском АО и составившую тогда 54,5 (то есть 0 по нашей шкале), а за верхнее пороговое значение – максимальную продолжительность жизни, достигнутую в Ингушетии.

Такой подход, однако, обладает принципиальными недостатками. Становится невозможной качественная оценка полученных показателей и полученного интегрального результата, которая оказывается зависима только от дисперсии конкретной выборки данных (иными словами, даже если во всех избранных территориальных единицах качественные значения показателя будут условно «хорошими» или же, напротив, «плохими», в результате нормализации по избранному способу они будут «разбросаны» по всей шкале от 0 до 100). По этой же причине оказываются несопоставимыми результаты расчёта для данных разных лет и разных наборов территориальных лиц, полученные с использованием такого подхода. Его лучшей модификацией является использование крайне высоких и крайне низких значений показателя, за пределы которых фактические данные с высокой вероятностью не выйдут в обозримой перспективе. Такой подход обеспечивает сопоставимость данных для разных периодов времени и наборов территорий, однако не устраняет проблему утери качественного смысла в нормализованных показателях.

На наш взгляд, выделение порогов на основе значений в выборке допустимо лишь в тех случаях, когда основной целью является не качественная оценка явлений, а сравнение территориальных единиц между собой, например, для составления рейтинга регионов. В последнем случае, вместо конкретных значений показателя также можно использовать ранг территории, то есть порядковым номером в ранжированном по величине показателя списке территориальных единиц, – такой подход вовсе избавляет исследователя от необходимости определять пороговые значения.

В ходе нормализации и выделения пороговых значений могут использоваться специфические подходы, учитывающие особые ситуации влияния показателей на конечный результат. При выделении пороговых значений допускается отсечение крайних значений. То есть верхний порог может быть меньше значений, достигнутых в некоторых территориальных единицах, а нижний, соответственно, выше. Смысл такого подхода в том, что некоторое значение негативного фактора может быть приемлемо и не производит отрицательного влияния на исследуемый объект, и, наоборот, приращение значений свыше определённого уровня может уже не оказывать на него положительный эффект. Так, при анализе показателей безработицы целесообразно устанавливать в качестве нижнего порогового значения величину около 2 %, а не 0 %. В экономической теории некоторое количество безработных считается нормальным и даже полезным для хозяйственной деятельности. При оценке упомянутого индекса развития человеческого потенциала в качестве верхнего порогового значения показателя валового (регионального) продукта на душу населения по паритету покупательной способности взята величина в 75 000 тысяч долларов в год [Human..., 2017]. Считается, что для улучшения человеческого потенциала не требуется бесконечного роста доходов, то есть более высокие значения этого показателя (которые наблюдаются в некоторых странах и регионах мира) уже не приводят к улучшению исследуемого явления.

Допустимо выстраивание сложной системы пороговых значений и качественной оценки показателей, включая их предварительную математическую обработку. Например, в случае если существует некое оптимальное значение показателя, а низкие и высокие значения следует интерпретировать как негативные, потребуется использовать несколько пороговых значений. Зачастую встречается явление, когда приращение показателя в области низких значений оказывает гораздо больший эффект, чем в области высоких значений; в таком случае нормировать целесообразно не исходную величину, а её логарифм, квадратный корень и тому подобное – ту величину, которая лучше отражает нелинейный характер влияния показателя-фактора. Примером подобного рода является показатель душевого ВВП – с точки зрения преодоления проблем бедности и уровня благосостояния, намного большее значение имеет рост показателя с уровня в 2 тыс. долл. в год до уровня 4 тыс. долл. в год, нежели его увеличение с 40 до 42 тыс. долл., и даже его двукратный рост с 40 до 80 тыс. долл. По этой причине в обсуждавшейся выше методике ООН по расчёту ИРЧП используется логарифмическое значение показателя [Human..., 2017].

Заключительным этапом математической обработки данных является **интеграция** нормализованных показателей. Обычно она осуществляется путём сложения нормализованных значений с использованием весового коэффициента в случае, если исследователь считает, что показатели по своему значению не равны между собой. Использование весовых значений, помимо сказанного, позволяет также привести интегральный показатель к удобной округлённой шкале (от 0 до 1, от 0 до 100 и тому подобное), для этого сумма весов составляющих показателей считается равной единице.

В отдельных случаях вышеописанный алгоритм интеграции (сложение показателей с весами) необходимо модифицировать, чтобы учесть сложные взаимосвязи между факторами, определяющими ИИ. Так, отдельные показатели могут носить лимитирующий характер – их низкие (негативные) значения могут обесценивать высокие значения других показателей. В таком случае при интеграции данных целесообразно использовать не сложение, а перемножение лимитирующих и прочих показателей. Так, например, при оценке участков территории с точки зрения трассировки трубопроводов селитебные зоны, а также территории заповедников приобретут бинарное «запретительное» значение, так как в их пределах строительство объектов такого рода законодательно запрещено.

При анализе результатов расчётов интегральных значений отдельных составляющих сложных индикаторов, включающих темы и подтемы, может обнаружиться явление **дивергенции**, когда между разными группами показателей наблюдается отрицательная зависимость, то есть отдельные территории могут одновременно является и лидерами с хорошими значениями одной группы показателей, и аутсайдерами с крайне низкими значениями другой группы показателей. Именно такая ситуация наблюдалась в социально-экономическом развитии Российской Федерации. Регионы Северного Кавказа лидируют по ключевым показателям, отражающим здоровье населения – по продолжительности жизни, отличаясь самым низким уровнем распространения социальных болезней. В то же время для них были характерны наихудшие показатели развития экономики – безработица, уровень заработной платы и так далее, плохие показатели социальной инфраструктуры, высокая младенческая смертность. До последних лет в целом в России наблюдалась нетипичная по мировым меркам обратная зависимость между уровнем доходов населения и продолжительностью жизни.

В условиях дивергенции разных групп показателей целесообразно отказаться от расчёта ИИ на их основе, так как его величина, итоговый рейтинг территорий будет в решающей степени зависеть от того, какой из групп индикаторов исследователь придаст большее значение (вес), в ходе интеграции будут нивелированы существующие территориальные различия. Вместо этого возможно сосредоточиться на анализе уровня и пространственных различий отдельных тем (групп показателей), кластерном анализе, построению на их основе типологии территорий [Рубанов, 2014].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Финальной стадией работы является верификация полученного результата и корректировка схемы его расчёта. В случае, если ИИ отражает объективные физические явления (вероятность распространения растительности, тип поверхности и т.п.), эффективным способом его верификации является сопоставление расчётных и фактических значений для хорошо изученного полевого участка. В таком случае возможна и даже целесообразна многократная «подгонка» параметров индикатора (набор показателей, способы их нормализации и веса) с целью максимального приближения полученного результата к реальности. Если исследователь уверен в универсальности установленных закономерностей, они могут быть использованы для пространственного анализа и в других пространственных точках, а сама математическая модель расчёта раскроет факторы и взаимосвязи, отражающие исследуемый предмет.

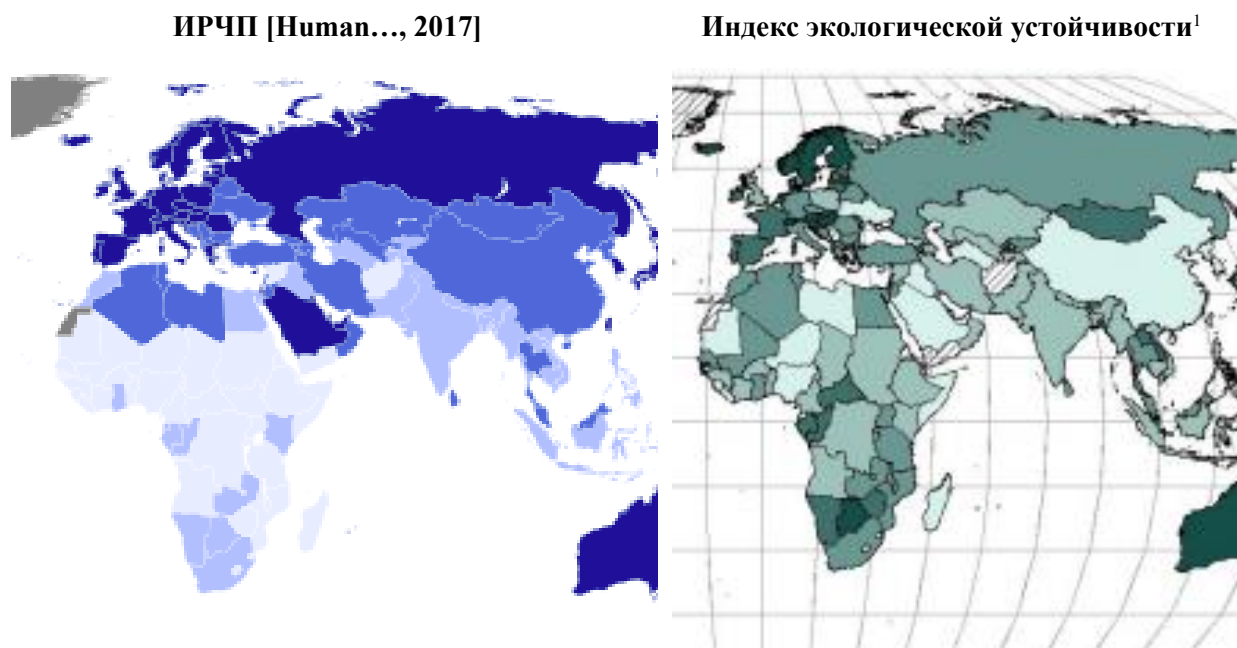


Рис. 2. Пример разнокачественного результата составления интегрального индикатора
 Fig. 2. An Example of Different Quality of Integral Indicator Composing

В большинстве случаев, в особенности это касается социально-экономических, сложных явлений, такая «полевая» верификация невозможна. Тем не менее, косвенно качество работы можно оценить по результатам его картографической визуализации. В случае качественного построения интегрального индикатора, на картографическом изображении с большой вероятностью будут выделяться зоны и ареалы, объединяющие территории с высоким и низким значений ИИ, зачастую совпадающие с известными исследователями ареалами/районами распространения родственных явлений (например, выявленные нами типы регионов по характеру социально-экономического развития довольно точно разделяются на ареалы с преобладанием русских и ряда других народностей и народностей, традиционно исповедующих ислам [Рубанов, 2014]). Картографический результат, напоминающий «пестрое одеяло» – хаотичную смесь территорий с разными значениями ИИ – является косвенным свидетельством серьезных методологических ошибок (рис. 2).

ВЫВОДЫ

Расчёт ИИ должен осуществляться по алгоритму, включающему несколько последовательных этапов. На первом этапе исследователь определяет объект и предмет работы. Зачастую этот этап игнорируется или выполняется некачественно, в результате чего в работу включаются показатели, характеризующие принципиально разные аспекты проблемы, и используются неверные размерности исходных показателей. Например, для оценки антропогенного воздействия ошибкой будет использование душевых показателей вместо соотношения явления с площадью территории.

На втором этапе выбираются территориальные единицы исследования, их масштаб и характер границ. Исследователь должен понимать, что отдельные аспекты явления могут быть актуальны только для определённого масштаба. Например, последствия выброса CO² приводят к росту концентрации этого вещества на глобальном уровне, а не локально;

¹2002 Environment Sustainability Index. Yale Center for Environmental Law and Policy. 2002. Электронный ре-супс: http://archive.epi.yale.edu/files/2002_esi_report.pdf (дата обращения 15.04.2018)

негативный эффект явления не привязан к месту выброса. Использование единиц административно-территориального деления (АТД) зачастую неудачно для явлений, которые сильно варьируют в их пределах или зависимы в первую очередь от природных факторов. Должны учитываться специфичные национальные особенности АТД – различие «сельских» и «городских» регионов, «матрешечные» регионы, специфичная конфигурация и наличие эксклавов/анклавов.

На третьем этапе определяется иерархическая структура ИИ – отдельные аспекты исследуемого предмета (темы, подтемы) и простые показатели, которые описывают эти аспекты. Показатели должны удовлетворять критериям репрезентативности, актуальности, значимости и полноты, а также иметь ясную и однозначную интерпретацию. В зависимости от исследуемого предмета в работу желательно включать только показатели одного из качественных типов (давления, состояния, реакции, управления). В процессе нормализации желательно использовать естественные, логичные (например, лучшее значение младенческой смертности – 0, то есть её полное отсутствие) или определяемые экспертно величины. Минимальное и максимальное значение выборки для этих целей использовать нецелесообразно, так как нормализованный показатель при таком подходе лишается качественного смысла, а методика – универсальности (нельзя сравнивать результаты, полученные для разных выборок данных). Показатели, имеющие нелинейный характер влияния, требуют предварительной математической обработки в ходе нормализации. Например, в тех случаях, когда большее значение имеет приращение в области низких значений, следует использоваться не сам показатель, а его логарифм или квадрат. Нормализованные показатели обычно интегрируются в ИИ путём сложения с использованием весовых значений, характеризующих степень их влияния на конечный результат. Однако, математический алгоритм конечного расчета может быть усложнён, если между отдельными показателями существуют сложные взаимосвязи. Так, в случае наличия лимитирующих факторов, негативные значения которых критичны для объекта и обесценивают позитивные значения других факторов, может использоваться операция перемножения показателей.

Верификация работы проводится путём сравнения расчётных результатов с фактическими в пределах известного полевого участка, а, если первое невозможно, путём анализа картографической визуализации значений ИИ. В последнем случае качественный результат с большой вероятностью обнаружит ареалы высоких и низких значений индикатора, частично совпадающие с границами известных исследователю родственных явлений. Хаотичная смесь, «лоскутное одеяло» территорий с разными значениями ИИ является косвенным свидетельством серьёзных ошибок в методологии и её неработоспособности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад о человеческом развитии в Российской Федерации за 2016 год. Ред. С.Н. Бобылёв, Л.М. Григорьев. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016. 298 с.
2. Орлов Д. Рейтинг эффективности управления в субъектах Российской Федерации в 2015 г. «Агентство политических и экономических коммуникаций», 2016 год. Электронный ресурс: http://www.apecom.ru/projects/item.php?ELEMENT_ID=2362&SECTION_ID=91 (дата обращения 03.03.2017).
3. Показатели устойчивого развития: структура и методология. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2000 (перевод с английского Indicators of Sustainable Development, UN Department for Policy Coordination and Sustainable Development, December 1994).
4. Рейтинг социально-экономического положения субъектов РФ. Итоги 2017 года. Москва, 2018 г. ООО «Рейтинговое агентство РИА Рейтинг». Электронный ресурс: http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2018.pdf (дата обращения 05.04.2018).
5. Рубанов И.Н. Расчёт индекса устойчивого развития регионов России. Научный сборник «Региональный вестник Востока», 2014. № 2 (62). С. 58–69.

6. Рубанов И.Н., Тикунов В.С. Оценка экономической устойчивости регионов Российской Федерации. Материалы Международной конференции «Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт». Пермь, Гент. 29 июня – 5 июля 2009. С. 3–11.
7. Состояние преступности в России. Генеральная прокуратура Российской Федерации. Москва, 2017. С. 52.
8. Сюкияйнен Л.Р. Совместим ли шариат с современным российским правом? Право. Журнал Высшей школы экономики, 2014. № 3. С. 4–30.
9. Human Development Report 2016. New York: UNDP, 2017. P. 273.
10. Report on the aggregation of Indicators for Sustainable Development. UN Department for Economic and Social Affairs. Division for Sustainable Development (<http://www.un.org/esa/>) Indicators of Sustainable Development. New York: CSD, 2001.
11. Towards Sustainable Development: Indicators to Measure Progress. Proceedings of the OECD Rome Conference, 2000.

REFERENCES

1. Crime in Russia. Attorney General's Office of Russian Federation. Moscow, 2017. P. 52 (in Russian).
 2. Human Development Report 2016. New York: UNDP, 2017. P. 273.
 3. Human Development Report for Russia 2016. Ed. by S.N. Bobylyov, L.M. Grigoriev. M.: Russian Government Administration Analysis Center, 2016. 298 p. (in Russian).
 4. Indicators of Sustainable Development. Tumen, IPOS SO RAN, 2000 (in Russian, translation from English of Indicators of Sustainable Development, UN Department for Policy Coordination and Sustainable Development, December 1994).
 5. Orlov D. Ranking of Administration effectiveness of Russia Regions in 2015, 2016. Web resource: http://www.apecom.ru/projects/item.php?ELEMENT_ID=2362&SECTION_ID=91 (accessed 03.03.2017) (in Russian).
 6. Ranking of Social and Economic Development of Russian Regions. 2017 Summary. Moscow, 2018 г. LLC "Rating Agency RIA Rating". Web resource: http://vid1.rian.ru/ig/ratings/rating_regions_2018.pdf (accessed 05.04.2018) (in Russian).
 7. Report on the aggregation of Indicators for Sustainable Development. UN Department for Economic and Social Affairs. Division for Sustainable Development (<http://www.un.org/esa/>) Indicators of Sustainable Development. New York: CSD, 2001.
 8. Rubanov I. Sustainability Index Calculation for Russian Regions. Scientific collection "Regional Bulletin of the East", 2014. No 2 (62). P. 58–69 (in Russian).
 9. Rubanov I.N., Tikunov V.S. Evaluation of the economic sustainability of the regions of the Russian Federation. Proceedings of the International Conference "Sustainable Development of Territories: GIS Theory and Practical Experience". Perm, Ghent. June 29–July 5, 2009. P. 3–11 (in Russian, abs English).
 10. Syukiyajnen L. Is Sharia Rule Compatible with Russian Rule? Pravo, High Economy School Journal, 2014. No 3. P. 4–30 (in Russian).
 11. Towards Sustainable Development: Indicators to Measure Progress. Proceedings of the OECD Rome Conference, 2000.
-