

УДК 338.22.021

Г.Ю. Силкина, Н.М. Богословская, И.Ю. Харитонов

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ ИЗМЕРЕНИЙ В ЭКОНОМИКЕ

G.Yu. Silkina, N.M. Bogoslovskaya, I.Yu. Haritonova

## MATHEMATICAL ASPECTS OF THE THEORY OF MEASUREMENTS IN ECONOMY

---

Систематически изложены основные положения теории измерений, адаптированные к специфике измерений в экономике. Основное внимание уделено обоснованности и математической корректности обработки данных. Общий подход дополнен примером измерения продуктов различных видов.

МЕРА. ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ШКАЛА. ОЦЕНКА. АТРИБУТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ШКАЛЫ. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ДАННЫХ.

Basic provisions of the theory of the measurements, adapted for specifics of measurements in economy are systematically stated. The main attention is paid to validity and a mathematical correctness of data processing. The general approach is added with an example of measurement of products of different types.

MEASURE. MEASURING SCALE. ASSESSMENT. ATTRIBUTES OF THE MEASURING SCALE. TRANSFORMATION OF DATA.

---

**Введение.** Роль измерений в экономике трудно переоценить — будучи востребованными учеными и специалистами, они пронизывают все сферы экономической теории и хозяйственной деятельности.

В практике значение измерений обосновывается, как минимум, двумя факторами: во-первых, они производятся для пополнения сведений об объектах и процессах действительности; во-вторых, они необходимы там, где имеется ситуация выбора и принятия решения. Измерители не являются решениями, однако служат инструментами, облегчающими работу менеджеров и обеспечивающими аналитическую поддержку принимаемым решениям. «То, что можно измерить, можно осуществить», «только то, что может быть измерено, может быть оптимизировано» — это лишь два высказывания, характеризующие современные подходы к управлению [1, 13, 16, 19].

Одновременно измерения, интерпретируемые, прежде всего, как выражение некоторого свойства, традиционно рассматриваются в качестве необходимого и важнейшего компонента научного исследования, формируют фундамент знания. В широком смысле слова любое исследование — это получение и интерпретация данных для формулировки и проверки идей и выводов [7, 15]. Измерения позволяют на основе эксперимента отбирать жизнеспособные гипотезы; более того, измеримость зачастую выступает критерием научной обоснованности как таковой: если мы не можем выделить свойства объектов, измерить их признаки и установить на этой основе причинно-следственные связи, то не можем говорить о научности и объективности исследования [5, 6, 8]. Этот принцип распространялся не только на естественно-научные, но и на социально-экономические исследования.

Наконец, измерения связывают науку с практикой, научно-методические рекомендации для которой разрабатываются с использованием величин, полученных в результате измерений, и алгоритмов работы с ними. И наоборот, практика, имеющая дело с измерениями, питает науку первичной информацией, необходимой для формирования гипотез и теорий.

**Теоретические основы выбора шкал, проведения измерений и обработки результатов.** Основное предположение теории измерений – наличие объектов измерения с определенными признаками и характеристиками, отношениями между ними, принадлежностью некоторым классам и т. п. [2, 14]. Получая и интерпретируя данные, исследователь приписывает изучаемому объекту или явлению меру по некоторому правилу, т. е. так или иначе использует процедуру измерения. Однако слово «мера» ко многому обязывает! В строго математическом смысле [9] мера объекта – это функция (функционал)  $\mu: A \rightarrow X$ , сопоставляющая каждому объекту  $a \in A$  число  $x = \mu(a) \in X$ , удовлетворяющее условиям (аксиомам меры):

- 1)  $\mu(a) \geq 0$ ;  $\mu(a) = 0 \Leftrightarrow a = 0$ ;
- 2)  $\mu(a + b) \leq \mu(a) + \mu(b)$ , где суммирование  $a$  и  $b$  осуществляется в соответствии с логикой выполнения этой операции в соответствующей предметной области  $A$ ;
- 3)  $\mu(\alpha \cdot a) = |\alpha| \cdot \mu(a)$ .

Более общие подходы [15, 19] интерпретируют измерение как кодирование и соотнесение степени выраженности признаков эмпирических объектов или явлений с помощью чисел или символов в соответствии с определенными правилами (измерительными шкалами), причем эти правила определяют как результат измерения, так и исследовательский вывод.

Измерительная шкала – это математическая характеристика, обусловленная качественными особенностями измеряемого объекта и непосредственно процессом измерения, которая определяет тип получаемых данных и множество операций с этими данными. Каждая измерительная шкала имеет свою информативность и свой класс допустимых преобразований, относящихся к количественным и неколичественным измере-

ниям; выход за пределы допустимых преобразований может привести к ошибочным и бессмысленным результатам.

Применяемая измерительная шкала – основной элемент при обосновании возможных методов обработки данных и интерпретации результатов. Прежде чем использовать ту или иную математическую операцию (даже из области элементарной арифметики, не говоря уже о более сложных методах), очень важно понимать, позволяет ли выбранная шкала осуществлять такую операцию, проведено ли измерение таким способом, для которого возможно корректное использование данной операции.

Существует разделяемый многими исследователями подход, согласно которому измерение следует отличать от оценки – другого способа характеристики объектов и явлений [6, 7, 10, 19]. Различие измерения и оценки основано на используемой измерительной модели (включающей измерительную шкалу) и получаемых результатах. Оценка дает лишь приближенную характеристику исследуемого объекта, причем, в отличие от измерения, отсутствует однозначное соответствие между объектом и его оценочным показателем. Принято считать, что измерение, по сравнению с оценкой, характеризуется научной обоснованностью, корректностью использования математического аппарата, большей точностью, надежностью и объективностью, стандартизованностью и универсальностью, меньшей чувствительностью к изменению наборов исходных данных и т. д.

Вопрос о выборе измерительной модели и шкалы особенно важен в экономических исследованиях, поскольку многие измерения в этой сфере являются косвенными: непосредственно фиксируются некоторые наблюдаемые признаки и на этой основе делаются выводы о некотором латентном свойстве, недоступном прямому измерению [4, 8, 13].

Выделяют три основных атрибута измерительных шкал, наличие или отсутствие которых определяет принадлежность шкалы к той или иной категории, позволяет классифицировать шкалы – это упорядоченность, интервальность, нулевая точка.

Упорядоченность шкалы означает, что одна позиция шкалы, определяемая числом и соответствующая выраженности измеряемого

свойства, больше, меньше или равна другой позиции. Интервальность шкалы предполагает, что интервалы между позициями шкалы равны между собой. Наличие нулевой точки (начала отсчета) шкалы означает, что набор чисел, соответствующих выраженности измеряемого признака, имеет начало отсчета, обозначаемого через 0, которое соответствует полному отсутствию измеряемого свойства.

Наиболее общая классификация измерительных шкал разделяет их на неметрические (в которых единица измерения отсутствует) и метрические (в которых может быть установлена единица измерения). Метрические шкалы являются более мощными, т. е. они лучше дифференцируют измеряемые объекты и поставляют больше информации о различии измеряемых объектов [8, 13–15]. К неметрическим шкалам относят номинальную и порядковую шкалы, к метрическим – шкалы отношений, разностей, интервалов, абсолютную шкалу.

В номинальной шкале отсутствуют все основные атрибуты измерительных шкал (упорядоченность, интервальность, нулевая точка); для обозначения такой шкалы также используются термины «шкала наименований» и «классификационная шкала». Номинальная шкала используется при классификации или идентификации объектов (группировки по классам, каждому из которых приписывается некоторый символ, метка, возможно, число). Объекты группируются по классам таким образом, чтобы внутри класса они были идентичны по измеряемому свойству. Собственно измерение состоит в том, чтобы проведя эксперимент над объектом, определить принадлежность результата к тому или иному состоянию и записать это с помощью символа, обозначающего данное состояние.

Это самая слабая (простая) шкала из тех, что могут рассматриваться как измерительные, хотя фактически она не ассоциируется с измерением и не связана с понятиями «величина» и «число»; она используется исключительно с целью отличить один объект от другого. Категории переменных, измеряемых в номинальной шкале, должны быть взаимоисключающими, чтобы не было неопределенности относительно классификации исследуемых объектов. Эти категории должны также быть исчерпывающими, т. е. каждому

возможному значению должна однозначно соответствовать определенная категория (хотя бы категория «другие» или «прочие») и включать сопоставимые экземпляры.

Номинальную шкалу задать можно некоторым разбиением множества объектов:

$$A = \bigcup_i A_i, A_i \cap A_j = \emptyset, i \neq j,$$

где всем объектам одного класса  $A_i$  приписывается одно и то же значение  $x = x_i \in X$ , объектам из разных классов – разные:  $x_i \neq x_j, i \neq j$ , и наблюдаются только два отношения: «равно» и «не равно». При обработке данных, зафиксированных в номинальной шкале, непосредственно с самими данными можно выполнять только операцию проверки их совпадения или несовпадения. Следовательно, допустимы любые преобразования, лишь бы одинаковые объекты были поименованы одинаковыми символами, а разные объекты имели разные имена, т. е. взаимно-однозначные преобразования  $\varphi(x)$ .

Следующей по силе является порядковая шкала (ординальная шкала, шкала рангов), которая применяется в тех случаях, когда наблюдаемый и измеряемый признак имеет природу, не только позволяющую отождествить его текущее состояние с одним из классов разбиения, но и дающую возможность в каком-то смысле (отношении) сравнивать эти классы. Порядковая шкала не имеет определенной количественной меры, в ней имеется упорядоченность, но отсутствуют атрибуты интервальности и нулевой точки.

Градациями порядковой шкалы могут выступать элементы любого упорядоченного множества, а результатом измерений является ранжирование объектов; шкала упорядочивает объекты, приписывая им метки (возможно, числовые) в зависимости от выраженности измеряемого свойства по убыванию или возрастанию некоторого признака. В отличие от номинальной шкалы здесь можно не просто определить, что один объект отличен от другого, но и то, что один объект больше или меньше другого. Она показывает, больше или меньше выражено свойство (измеряемая величина), но не насколько больше или насколько меньше оно выражено.

Типами отношений между значениями, измеренными в порядковой шкале, могут быть:

- равенство одинаковых значений величин, соответствующих объектам одной категории;
- неравенство разных значений величин, соответствующих объектам одной категории;
- отношения «больше» или «меньше» между разными значениями величин, соответствующих объектам одной категории.

Измерение в шкале рангов может применяться в следующих случаях:

- необходимо упорядочить объекты во времени или пространстве. В этой ситуации интересуются не сравнением степени выраженности какого-либо качества объекта, а лишь взаимным пространственным или временным расположением этих объектов;
- требуется упорядочить объекты в соответствии с каким-то качеством, но при этом не требуется точное измерение этого качества;
- какое-то качество в принципе измеримо, но в настоящий момент не может быть измерено по причинам теоретического или практического характера.

Математические средства обработки данных в порядковых шкалах весьма ограничены; строго говоря, упорядочение — это единственная математическая операция, применимая к данной шкале; использование иных операций с порядковыми данными математически некорректно.

Допустимыми преобразованиями для данного типа шкалы являются все монотонные (изотонные — если в качестве градаций измерительной шкалы используются элементы произвольных упорядоченных множеств) преобразования  $\varphi(x)$ , т. е. те, которые не нарушают порядок следования значений измеряемых величин. Значения измеряемых величин зачастую выражают числами; к типу порядковых шкал относится и широко используемая шкала баллов.

Несколько более сильными по сравнению с порядковыми являются гиперпорядковые шкалы, где допустимы любые гипермонотонные преобразования  $\varphi(x)$ , сохраняющие упорядочение разностей численных оценок альтернатив. При измерениях в гиперпорядковых шкалах для любых  $x_1, x_2, x_3, x_4 \in X$  неравенство  $(\varphi(x_1) - \varphi(x_2)) < (\varphi(x_3) - \varphi(x_4))$  выполняется тогда и только тогда, когда справедливо  $(x_1 - x_2) < (x_3 - x_4)$ .

Именно с порядковыми и гиперпорядковыми шкалами связано наибольшее число заблуждений и ошибок, обусловленных нарушением основных принципов теории измерений и несоблюдением принципа адекватности выполняемых преобразований. Чаще всего эти ошибки допускаются при обработке экспертной информации [6, 8, 10, 19]. Предположим, что результатом работы каждого эксперта группы должно стать ранжирование объектов по сравнительной предпочтительности. Для получения результирующей коллективной оценки иногда поступают следующим образом. Ранги объектов рассматривают как числа, и в качестве результирующей оценки рассчитывают среднее арифметическое. Может быть, в некоторых достаточно тривиальных ситуациях такая обработка экспертной информации может дать правдоподобный результат, однако в реальных ситуациях он не может считаться достоверным. По тем же причинам некорректным может оказаться результат расчета итоговой оценки с помощью среднего арифметического балльных оценок. В то же время шкала рангов может вполне корректно использоваться в экономических исследованиях, но для этого необходимо применять адекватные методы обработки данных, например конвертирование порядковых шкал в метрические либо использовать непараметрические методы обработки данных.

Типы метрических (числовых) шкал, как правило, определяются типом допустимых преобразований. Так, шкалой отношений называется шкала, в которой численные значения, приписываемые измеряемым объектам, определяются с точностью до преобразования подобия (деформации):  $\varphi(x) = \alpha x$ ,  $\alpha > 0$ , и неизменными остаются отношения этих измерителей. Если при переходе от одной числовой шкалы к другой меняется лишь начало отсчета, то измерения производятся в шкале разностей, где допустимы лишь преобразования сдвига  $\varphi(x) = x + \beta$ ,  $-\infty < \beta < \infty$ .

Интервальная шкала применяется в случае, когда упорядочение результатов измерений выполнено настолько точно, что могут быть определены интервалы (расстояния) между любыми двумя из них. В интервальной шкале присутствуют упорядоченность и интервальность, но нет нулевой точки.

В этой шкале исследуемому объекту присваивается число единиц измерения, пропорциональное выраженности измеряемого свойства. Соответствующие интервалы разных участков шкалы имеют одно и то же значение, поэтому измерения в интервальной шкале допускают не только классификацию и ранжирование, но и точное определение различий между категориями.

Шкалы интервалов могут иметь произвольное начало отсчета, а связь между измерителями является линейной:  $\varphi(x) = \alpha x + \beta$ ,  $\alpha > 0$ ,  $-\infty < \beta < \infty$ . В этих шкалах выполняется отношение

$$\frac{x_1 - x_2}{x_3 - x_4} = \frac{\varphi(x_1) - \varphi(x_2)}{\varphi(x_3) - \varphi(x_4)},$$

только интервалы здесь имеют смысл настоящих чисел и только над ними можно выполнять арифметические операции.

Наконец, абсолютной шкале присущи все атрибуты: упорядоченность, интервальность, нулевая точка; она позволяет оценивать, во сколько раз свойство одного объекта больше или меньше аналогичного свойства другого объекта, принимаемого за эталон (единицу). Для абсолютной шкалы возможно корректное использование любых математических операций и процедур обработки данных, но допустимым является лишь тождественное преобразование  $\varphi(x) = x$ .

**Практическое применение теории измерений в экономике.** Основные положения теории измерений в экономике иллюстрируют подходы, применяемые при измерении продуктов. Традиционно для этих целей использовались натурально-вещественные товаро-ведческие меры благ и ценовые меры (цены), однако в современных условиях этих мер оказывается явно недостаточно, поскольку многообразие видов продуктов и их свойств стремительно возрастает.

Продукты – одно из первичных понятий в экономике – достаточно сложно описать содержательно и выделить как самостоятельные единицы наблюдения и измерения, прежде всего, именно потому, что они могут быть самыми разнообразными по своей природе и структуре. Если говорить кратко и общо, то продуктом можно назвать все то, что может быть идентифицировано как от-

дельная сущность. Все встречающиеся в экономической (производственной) деятельности продукты могут быть разделены на следующие группы:

1. *Материальные продукты деятельности природы и человека* – это продукты в обычном понимании этого слова, которые могут быть легко идентифицированы и столь же легко измерены, причем в числовых, как правило, абсолютных шкалах.

2. *Услуги.* Продукты этого типа тесно связаны с продуктами первого типа и, как правило, также легко идентифицируются. Ко второму типу продуктов относятся как традиционные услуги (например, предоставляемые службой быта), так и медицинское обслуживание, предоставление банковских услуг, посреднические услуги, в том числе и поиск партнеров, услуги по хранению и транспортировке, услуги образовательной сферы и т. д.

Однако эти продукты обладают рядом специфических свойств, которые с необходимостью должны быть учтены при их измерении. К этим свойствам относятся: неосвязаемость – нематериальный характер, поскольку они существуют только в процессе их оказания и потребления; неотделимость – их нельзя отделить от источника; непостоянство – различные услуги имеют разное качество; несохраняемость (запасы услуг не создаются).

Наличие этих свойств приводит к тому, что услуги и, в первую очередь, их качество, измеряются в ранговых шкалах, где в качестве градаций измерительной шкалы используются категории типа «плохой», «удовлетворительный», «хороший», «отличный» в их естественной упорядоченности.

В том что касается ценовых измерителей благ, то именно им экономисты уделяют наибольшее внимание, причем, проблематика подобных исследований постоянно усложняется. К настоящему времени в сфере производства материальных продуктов и услуг сформировались две группы методов ценообразования – «по затратам», ориентированные на издержки производства, которые предполагают расчет цены производимой продукции прибавлением к издержкам производства некоторой величины, и «по результатам», которые ориентированы на сложившийся уровень спроса, его эластичность, а также ценностное восприятие продукта потребителем.

3. *Виды труда.* Труд является особым и исключительно важным продуктом, поскольку он представляет собой главную составляющую любого производства. Именно этот продукт является наиболее сложным вследствие следующих обстоятельств. Каждый человек, «производящий» свой труд и поставляющий его на соответствующий рынок труда, уникален и неповторим. Кроме того, даже применительно к каждому конкретному человеку существуют различные профессии, квалификации, разряды и т. д. Поэтому число разновидностей продукта «виды труда» равно количеству живущих в данный конкретный момент людей, умноженному на количество различных профессий, умноженному на число различных квалификаций, т. е. практически бесконечно. Несколько упрощая и огрубляя реальную ситуацию, можно не делать различия между отдельными индивидуумами и считать, что труд, вырабатываемый различными людьми одинаковой профессии и квалификации, однороден и неразличим. В качестве единицы измерения данного вида продуктов в числовой шкале можно избрать затраты времени; дифференциация квалификации работников побуждает к применению порядковых шкал с градациями «низкий», «средний», «высокий».

4. *Информация и знания.* В настоящее время информация, прежде всего, научно-техническая, становится наиболее высокопроизводительным ресурсом и наиболее ценным продуктом. Именно обладание полной, достоверной и оперативной информацией делает возможным принятие оптимальных производственных и управленческих решений, выбор наилучшего способа действия из имеющихся альтернатив.

Потребности приобретения информации и знаний приводит к образованию соответствующих рынков – рынков информации, рынков знаний. О том, что знание – это продукт, причем продукт особого рода, написано уже немало [11, 17, 18], начиная с классической работы Ф. Махлупа [12], где особо выделены три свойства этого продукта: неисчезновение при потреблении, уникальность, неделимость (дискретность).

Включение знаний как специфического продукта в экономические исследования

и математические модели определяет постановку задачи измерения знаний, причем, во всей ее полноте и сложности. Академик В.Л. Макаров указывает [11], что измерение знаний – методологически очень тонкая вещь и указывает пути решения этой задачи, базирующиеся на фиксации номенклатуры знаний и выборе измерительной модели. Какой-то общепризнанной унифицированной единицы знания не выработано, хотя процесс унификации и стандартизации идет.

Что касается модели, то измерение знаний возможно по затратам, как это принято при измерении стоимости обычных продуктов, с учетом специфики продукта. Для того чтобы определить, например, прямые затраты на производство конкретного знания можно подсчитать, сколько знаний из зафиксированной номенклатуры непосредственно использовалось при его получении. Можно также рассчитать полные затраты, добавив к прямым затратам затраты на получение знаний, использованные при получении данного знания и т. д. Естественно, что по-настоящему полные затраты получить практически невозможно. Допустимо ограничиться фиксированным числом уровней, на которые следует опускаться для подсчета затрат.

Измерение количества знания возможно по результатам, и именно такое измерение более оправданно с точки зрения его полезности для общества. Если знание не используется, то логично считать, что его ценность (полезность) равна нулю; напротив, чем больше людей воспользовались знаниями, тем выше его ценность.

По этому пути и идут современные исследования качества знаний – глубины, полноты, аргументированности научных представлений, их новизны, состоятельности и креативности, по сравнению с имеющимися знаниями. В самом деле, даже если знание как таковое неизмеримо, то измерим результат его использования; однако само понятие «использование знаний» в настоящее время является предметом научных дискуссий.

Принято считать, что самое простое, примитивное использование знания – это акт обращения к нему, запрос; углубленное – ознакомление или прочтение; еще более глубокое – запоминание знания, способность его

воспроизвести, передать другому; и, наконец, самое продуктивное использование знания – производство нового знания на базе использованного [11, 18].

При измерении знаний по результатам наиболее распространены следующие показатели: количество ссылок на публикации (индексы цитирования); показатели использования патентов, изобретений; добавленная стоимость, созданная высокотехнологичными отраслями, наукоёмкими компаниями и т. п.

В теории и практике экономических измерений одного показателя, как правило, оказывается недостаточно: в целом состояние объекта вполне адекватно представляется лишь набором показателей или вектором  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $x_i \in X_i$ . Это обуславливает необходимость установления связей между мерами отдельных показателей и выражения меры итогового показателя как их функций, т. е. построение измерителя второго рода, который является некоторым соотношением. Формально измеритель второго рода представляет собой отображение

$$f: \prod_{i=1}^n X_i \rightarrow R,$$

сохраняющее исходное упорядочение измеряемых объектов.

В случае когда все отдельные показатели являются численными, измерены в одинаковых шкалах и сопоставимы по величине, в качестве такого измерителя можно использовать одну из норм вектора:

$$\|x\|_1 = \sum_{i=1}^n |x_i|; \quad \|x\|_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2}; \quad \|x\|_\infty = \max_{i=1, 2, \dots, n} |x_i|.$$

Математически эти нормы эквивалентны, удовлетворяют аксиомам меры [9], и выбор конкретного вида нормы определяется потребностями и логикой проводимого исследования:  $\|x\|_2$  характеризует обычное евклидово расстояние от начала отсчета (характеризующего полное отсутствие измеряемых свойств), в то время как  $\|x\|_1$  показывает сумму по координатных отклонений от начала отсчета, а  $\|x\|_\infty$  – максимальное из них.

Использование нормы вектора в качестве измерителя второго рода неявно предполагает

ет, что все отдельные показатели равноправны. В противном случае, в качестве измерителей второго рода можно использовать аддитивную и мультипликативную свертки соответственно:

$$f(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i x_i \quad \text{и} \quad f(x) = \prod_{i=1}^n x_i^{\alpha_i}.$$

Здесь  $\alpha_i$  – весовые коэффициенты (коэффициенты значимости), удовлетворяющие условию нормировки:

$$\alpha_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1.$$

Мультипликативной сверткой пользуются в том случае, когда все измеряемые свойства критически значимы для объекта, и отсутствие хотя бы одного из них лишает смысла весь результат.

Аддитивная свертка применяется чаще других, но оправдано это далеко не всегда; математически область ее применения ограничена необходимостью выполнения ряда условий:

- отдельные частные показатели должны полно характеризовать объект измерения;
- если в условиях измерения не оговорено противное, полученные отдельные показатели должны нормироваться, например преобразованием  $\varphi(x_i) = (x_i - x_i^{\min}) / (x_i^{\max} - x_i^{\min})$ ;
- далеко не всегда можно с достаточной точностью определить значения весовых коэффициентов.

Именно в определении весовых коэффициентов состоит наибольшая трудность практического применения аддитивной свертки. Обычно они находятся либо на основе обработки статистических данных и генетического прогнозирования, экстраполирующего в будущее накопленный опыт, либо на субъективной основе, когда каждому отдельному измерителю ставится в соответствие определенное числовое значение. В случае когда отдельные свойства и, как следствие, их измерители допускают упорядочение по значимости  $x_1 \succ x_2 \succ \dots \succ x_n$ , весовые коэффициенты могут быть определены по шкале Фишберна  $\alpha_i = 2(n - i + 1) / (n(n + 1))$  [16]; при возможности более точных сравнений применим алгоритм метода анализа иерархий [1].



**Заключение.** Ключевой момент измерений в экономике — это проблема адекватности, т. е. выбора способа представления результатов исследований и выяснения, какие операции над этими величинами математически корректны и содержательно осмыслены. Именно эти способы и методы обеспечивают соответствие между эмпирическими и объектами и их математическими моделями, анали-

тически поддерживающими принятие управленческих решений.

Изложенные в статье научные положения и иллюстрирующий их пример показывают, что теория измерений в экономике, достигшая определенного уровня зрелости, в том числе математической, постоянно пополняется новыми идеями и методами, актуальными и востребованными практикой.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Андрейчиков, А.В.** Анализ, синтез, планирование решений в экономике [Текст] / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. — М.: Финансы и статистика, 2000. — 368 с.
2. **Анцаферов, С.С.** Общая теория измерений [Текст] / С.С. Анцаферов, Б.И. Голубь. — М.: Горячая линия — телеком, 2007. — 176 с.
3. **Барский, Б.В.** Средние величины, инвариантные относительно допустимых преобразований шкалы измерения [Текст] / Б.В. Барский, М.В. Соколов // Заводская лаборатория. — 2006. — № 1. — С. 59–67.
4. **Бернулли, Д.** Опыт новой теории измерения жребия [Текст] / Д. Бернулли // Вехи экономической мысли. Т. 1. Теория потребительского поведения и спроса. — СПб.: Экономическая школа, 1993. — С. 11–27.
5. **Бююль, А.** SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей [Текст] / А. Бююль. — СПб.: ДиаСофтОп, 2002. — 608 с.
6. **Грановский, В.А.** Методы обработки экспериментальных данных при измерениях [Текст] / В.А. Грановский, Т.Н. Сирая. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. — 288 с.
7. **Дедов, Л.А.** О логических основах измерений в экономике [Текст] / Л.А. Дедов // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. — 2005. — № 1. — С. 752–758.
8. **Дубина, И.Н.** Математико-статистические методы в эмпирических социально-экономических исследованиях [Текст] / И.Н. Дубина. — М.: Финансы и статистика; Инфра-М, 2010. — 416 с.
9. **Канторович, Л.В.** Функциональный анализ [Текст] / Л.В. Канторович, Г.П. Акилов. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1984. — 752 с.
10. **Литвак, Б.Г.** Экспертные технологии в управлении [Текст] / Б.Г. Литвак. — М.: Дело, 2004. — 400 с.
11. **Макаров, В.Л.** Обзор математических моделей экономики с инновациями [Текст] / В.Л. Макаров // Экономика и математические методы. — 2009. — Т. 45, № 1. — С. 3–14.
12. **Махлуп, Ф.** Производство и распространение знаний в США [Текст] / Ф. Махлуп. — М.: Прогресс, 1966. — 462 с.
13. **Орлов, А.И.** Организационно-экономическое моделирование: теория принятия решений [Текст] / А.И. Орлов. — М.: КРОНУС, 2011. — 568 с.
14. **Пфанцагль, Н.** Теория измерений [Текст] / Н. Пфанцагль. — М.: Мир, 1976. — 247 с.
15. **Раяцкас, Р.Л.** Количественный анализ в экономике [Текст] / Р.Л. Раяцкас, М.К. Плакунов. — М.: Наука, 1987. — 376 с.
16. **Рыков, А.С.** Модели и методы системного анализа: принятие решений и оптимизация [Текст] / А.С. Рыков. — М.: МИСИС; Изд. дом «Руда и металлы», 2005. — 352 с.
17. **Силкина, Г.Ю.** Модели обмена знаниями [Текст] / Г.Ю. Силкина, С.Ю. Шевченко // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Экономические науки». — 2012. — № 2-1 (144). — С. 125–132.
18. **Степанова, Т.Е.** Экономика, основанная на знаниях (теория и практика) [Текст] / Т.Е. Степанова, Н.В. Манохина. — М.: Гардарики, 2008. — 238 с.
19. **Хаббард, Дуглас У.** Как измерить все, что угодно. Оценка стоимости нематериального в бизнесе [Текст] / Дуглас У. Хаббард; [пер. с англ. Е. Пестеревой]. — М.: Олимп-Бизнес, 2009. — 320 с.