

ГЕНЕЗИС И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

GENESIS AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF MULTIDIMENSIONAL DATA ANALYSIS IN THE SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEM

ВЛАДИМИР ПОНОМАРЕНКО (Volodimir Ponomarenko),
Kharkiv National University of Economics, Ukraine
e-mail: rector@hneu.edu.ua

ЛЮДМИЛА МАЛЯРЕЦ (LUDMILA MALYARETZ),
Kharkiv National University of Economics, Ukraine
e-mail: malyarets@ukr.net

АЛЕКСАНДР ДОРОХОВ (OLEKSANDR DOROKHOV),
Kharkiv National University of Economics, Ukraine
e-mail: aleks.dorokhov@meta.ua

Аннотация: Проанализировано место и роль методов анализа данных в исследованиях в экономике. Рассмотрен статистический анализ, как один из основных методов анализа данных. Изложено развитие и состояние общей теории измерений величин в экономике. Предложены методологические основы разработки и применения современной концепции измерений в экономике. Разработаны основополагающие принципы и постулаты измерений в экономике.

Ключевые слова: методы анализа данных, измерения величин в экономике, принципы и постулаты измерений в экономике.

Abstract: Position and role of data analysis methods in studies of the economy are analyzed. Statistical analysis as one of the main methods of data analysis is considered. Development and status of the general theory of measurement values in economics are described. The methodological basis for the development and application of modern concepts of measurement in economics are proposed. The fundamental principles and tenets of the measurements in the economy are grounded.

Key Words: methods of data analysis, measurement of variables in the economy, the principles and tenets of the measurements in the economy.

JEL classification: C 00; C 10; C 80
Review, Received: July 02, 2011

1. Вступление

В статье рассматриваются проблемы количественного оценивания параметров и характеристик сложных экономических систем. Авторы исходят из положения, что принимаемые управленческие решения в экономике должны быть, при возможности, фундаментально обоснованы соответствующими математическими методами и моделями. Поэтому в настоящее время крайне необходимо проводить исследования проблем анализа данных в экономике, совершенствовать методы, методики и технологии обработки экономической информации, многомерного анализа социально-экономических систем

2. Место и роль методов анализа данных в исследованиях в экономике

В современных условиях во всех сферах деятельности человека стало необходимым обоснованное принятие решений на основе анализа данных. Способы, методы получения информации из данных и выработка новых знаний является ключевым в системах поддержки принятия решений в управлении объектами различной природы. Целью анализа данных является изучение свойств объектов, явлений и процессов, получение новых знаний о них.

Современный анализ данных обуславливается способами получения величин, методами их обработки и зависит от развития математических методов

моделирования. Методы анализа данных предполагают формулировку и уточнение основных закономерностей систем на начальных стадиях их изучения в условиях неопределенности или частичной определенности на основе эмпирических данных (Томас 1999; Шикин 2000). Данная ситуация типична для всех сфер экономической деятельности. При этом требуется использование методов анализа данных для упорядочения имеющейся информации, представления ее в лаконичной, обобщенной, сжатой форме, которая облегчает процедуру формирования управленческих экономических решения по выявленным тенденциям, закономерностям, извлеченным из моделей новыми знаниями (Тищенко 2005).

Общезвестно, что человек в своей сознательной деятельности всегда выполнял анализ данных, однако как научная проблема анализ данных сформировался только в эпоху информатизации общества, то есть относительно недавно. Прорыв в теории и практике анализа данных произошел с появлением персональных компьютеров (ПК) и статистических программных пакетов. С появлением мощных и удобных пакетов для анализа данных расширился и качественно изменился круг потребителей методов анализа данных.

Методы анализа данных, их реализации в статистических пакетах стали общепотребительным инструментом плановых, аналитических, маркетинговых отделов производственных и торговых корпораций, банков и страховых компаний, государственных и социальных учреждений. Такое распространение объясняется высокой скоростью получения результатов вычислений даже при больших массивах исходных данных, а также возможностями визуализации, наглядного представления результатов обработки данных и интерактивного диалогового процесса их обработки данных. Конечно, перечень преимуществ анализа данных на ПК можно продолжить, они являются общепризнанными (Пущкар 2005; Сигел 2002).

В условиях глобализации и трансформационной экономики быстро происходят коренные изменения, структурные сдвиги, отражающиеся в изменениях характеристик СЭС. Этот процесс необходимо оперативно фиксировать, анализировать и согласовывать на микро-, мезо- и макро- уровнях управления. Такую функцию выполняют информационные системы, которые предусматривают анализ данных. В последнее время интенсивно разрабатываются информационные технологии *Business Intelligence* (BI), объединяющие сбор данных, их анализ, моделирование и прогнозирование. При этом для увеличения материальных доходов используется оптимизация управления нематериальными активами: знаниями персонала, ценностью клиентов, сетью бизнес-партнеров и т.д. Инструментарий BI включает технологии аналитической обработки данных

On-Line Analytical Processing (OLAP), получение данных (*Data Mining*), различные программные продукты в виде статистических пакетов. OLAP - это технология оперативной аналитической обработки данных, использующая специальные методы и средства для сбора, сохранения и анализа многомерных данных в целях поддержания процессов принятия решений (Барсебян 2004). Технологии OLAP предполагают анализ информации с помощью удобного способа ее подачи - многомерной модели или гиперкуба, ребрами которого являются результаты измерения, что позволяет вести анализ данных сразу по нескольким измерениям, т.е. выполнять многомерный анализ.

В основе методов анализа данных лежат математическая статистика, эволюционное моделирование и методы машинного обучения. Современное развитие методов математической статистики отражается в совершенствовании методик оценивания параметров распределения величин, проверки статистических гипотез, дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа, анализа временных рядов, многомерного статистического анализа. Эволюционное моделирование предусматривает использование генетических алгоритмов, искусственных нейронных сетей (ART-сетей, сетей обратного и встречного распространения, сетей Хэмминга, Хопфилда, Кохонена, RBF-сетей). Используются также деревья решений и энтропийные меры.

Для осуществления автоматического анализа данных разработаны современные методики, например *Data Mining* (получение данных). Они являются синтезом методов статистики, теории информации, машинного обучения, теории баз данных. Получение данных реализуется как процесс аналитического исследования больших массивов информации с целью выявления закономерностей и систематизации взаимосвязей между переменными, которые затем можно использовать для новых данных. Получения данных, как процесс, включает три основных этапа: исследования ситуации, построения модели и ее проверки, которые являются традиционными для экономико-математического моделирования. Фактически методики *Data Mining* опираются на классические принципы разведочного анализа данных (РАД), но, в отличие от них, они направлены на конечное практическое применение полученных результатов, а не на исследование природы самого явления. При этом концентрируется внимание на поиске решений для дальнейшего построения прогнозов развития явлений и процессов на основе нейронных сетей без конкретизации зависимостей, на которых основывается прогноз.

С помощью методов *Data Mining* эффективно решаются задачи классификации, регрессии, кластеризации, ассоциации, анализа отклонений и им подобные. Нейронные сети - один из важнейших методов, на основе которого организуется *Data Mining*.

Современная интеллектуализация систем управления осуществляется по двум направлениям формализации: знаний человека об объекте управления и способов их осмысления.

Первое направление поддерживается применением инструментов нечеткой логики (*Fuzzy Logic*), второе обеспечивается развитием генетических алгоритмов и искусственных нейронных сетей (ИНС). *Второе* направление формализации знаний является альтернативным классической парадигме и относительно новым направлением в теории автоматического управления, который предлагает качественно другой способ отображения и преобразования действительности (Вороновский 1997). Ведь для классической парадигмы характерно то, что синтез математической модели объекта обязательно предваряется фазой анализа, в течение которого объект на основе мышления декомпозируется на элементарные, каждый из которых детально исследуется, и, как результат, предлагается простая, чаще всего устойчивая линейная модель. Отличие же нейросетевого подхода состоит в том, что он изначально не предполагает фазы анализа в процессе построения модели.

Нейронные сети представляют чисто синтетический, а не аналитический подход. Здесь возникает и используется понятие шаблонов и синтез модели сводится к параметрической оптимизации шаблонов, сконструированных на основе базисных активационных функций нейронов. Задача моделирования и анализа данных формулируется и решается сразу для всей сети в целом. Таким образом, объект исследуется сразу, полностью и в реальных (не упрощенных) ситуациях, то есть именно в тех режимах, которые интересуют исследователя с практической точки зрения (Вороновский 1997, Кизим 2006). Нейронные сети представляют собой математический аппарат для визуализации сложных нелинейных функциональных зависимостей и позволяют выявить главные тенденции изменения моделируемых показателей по экспериментальным данным предыдущих периодов. Далее возможно сделать прогноз изменения данного показателя в будущем на требуемое количество шагов вперед. Данный метод лишен таких недостатков прогнозирования, как монотонность или периодичность будущего прогноза, свойственных численным методам экстраполяции, или усреднение прогнозируемого показателя, как в методах наименьших квадратов, среднего текущего или в регрессионных моделях. Преимуществом является также их способность к обучению, при этом не требуется никакой априорной информации о структуре искомой функциональной зависимости (необходима лишь обучающая выборка в виде экспериментальных пар "входы-выходы").

Наряду с преимуществами, нейронные сети имеют и недостатки: конечное решение зависит от исходных параметров сети и его сложно интер-

претировать в традиционных аналитических терминах, что заставляет рассматривать сами сети, как "черный ящик". Они нацелены исключительно на практический результат, не проясняют сути механизмов, лежащих в основе явления или соответствия полученных результатов существующим теориям в экономике (Барсебян 2004). Отметим ряд преимуществ методов на основе деревьев решений в анализе данных по сравнению с нейронными сетями: для обучения дерева решений требуется меньше времени, чем на обучение в нейронных сетях. Для деревьев решений проблемы измеримости решаются проще (в отличие от сетей), что обуславливает меньшую длительность процесса обучения. Другой метод эволюционного моделирования, используемый в *Data Mining* - нечеткая логика. Возникновения неопределенности данных имеет следующие причины: неизвестность, неполнота (недостаточность, неадекватность) и недостоверность, которая делится на физическую и лингвистическую (Барсебян 2004).

Физическая неопределенность выступает в форме неточности и случайности; лингвистическая неопределенность - неопределенность значений слов и неопределенность смысла фраз. Именно лингвистическая неопределенность обусловила развитие теории и методов нечеткой логики.

Выделяются три особенности нечеткой логики: а) правила принятия решения являются условными высказываниями вида "если ..., то ..." и реализуются с помощью механизма логического вывода, б) вместо одного четкого обобщенного правила нечеткая логика оперирует с множеством отдельных правил. При этом для каждой локальной области распределенного информационного пространства, для каждой регулируемой величины, для каждой цели управления задаются свои правила. Это дает возможность исключить трудоемкий процесс свертки целей и получения обобщенного целевого критерия и позволяет оперировать даже с противоположными целями, в) правила в виде "если ..., то ..." позволяют решать задачи классификации в режиме диалога с пользователем, что обеспечивает повышение качества классификатора еще в процессе моделирования. В современном анализе данных чаще всего используются интегральные нейронечеткие системы, состоящие из компонентов на основе методов нечеткой логики, нейронных сетей, генетических алгоритмов и экспертных систем. Такие интеллектуальные гибридные системы устраняют ограничения каждого метода отдельно (Леоненков 2003).

Первоначально нейронечеткие системы предназначались для применения в технических автоматических системах управления. Дискуссионность применения данных систем для полномасштабного описания СЭС обусловлена существованием "черных ящиков" в их реализации, что нетрадиционно для экономико-математического моделирования, где каж-

дая вычислительная процедура имеет свой экономический смысл. При этом лингвистическая нечеткость оперирует с величинами, измеренным на неметрических шкалах, а переход в вычислительных процедурах от метрических шкал к неметрическим нельзя признать прогрессивным процессом (хотя это и допустимо в случае необходимости). Практическая ценность нейронечетких систем в управлении техническими системами уже общепризнанна признана, но для развития описательных моделей состояния СЭС процедуры "черного ящика" мало подходят, тем более что существуют (именно для данных величин разработанные) специальные методы математической статистики. И хотя они требуют постоянных модификаций, но их процедуры, промежуточные величины имеют понятную интерпретацию в экономике.

В целом же методы *Data Mining* узаконивают "физический подход", основой которого является организация процедур анализа данных, подобных познанию физических законов: сбор экспериментальных данных, представление их в виде таблиц и поиск схем рассуждений, обуславливающих очевидность полученных результатов и предоставляющих возможность разрабатывать прогнозы.

3. Статистический анализ, как один из основных методов анализа данных

Среди методов анализа данных приоритетное место по-прежнему остается за методами статистического анализа, поскольку они универсальны, применимы в различных сферах деятельности. Несмотря на то, что в статистических пакетах аккумулируются новейшие научные разработки в области статистического анализа, определения сложных характеристик СЭС, их моделирование продолжает оставаться сложной и актуальной методологической проблемой. В целом СЭС определяются совокупностью признаков, которые измеряются на разных шкалах. Например, социальные подсистемы характеризуется качественными признаками, величины которых получаются с помощью порядковых или номинальных шкал. Полное описание СЭС возможно только благодаря учету количественных и качественных признаков, величины которых измеряются на разных шкалах. Возникают проблемы многомерности и, как следствие, проблемы совместной обработки разных типов данных. Эти проблемы решаются с помощью методов многомерного статистического анализа (МСА), но совместная обработка различных величин остается трудной до сих пор.

Поэтому зачастую эффективность управленческих решений снижается в связи с игнорированием необходимости совместного рассмотрения и анализа метрических и неметрических признаков, отдельной их обработкой, что обусловлено особенностями существующего математического инструментария. В то же время, по данным информационно-аналити-

ческой системы социально-экономических показателей (ИАССЭП) ЦЭМИ РАН (<http://data.cemi.rssi.ru/iserweb/coun.htm>), социально-экономическое положение стран мира элементарно характеризуется 16 основными социально-экономическими признаками, измеренными на метрических и порядковых шкалах и выраженными 5 обобщающими показателями, описывающими состояние населения, труда, общества, 4 показателями состояния науки и технологии, 5 показателями состояния макроэкономики, 2 показателями состояния финансов. При этом величины приведенных показателей измеряются в разных шкалах. Так, для анализа состояния населения, труда, общества предлагается применение трех порядковых признаков (качество жизни; экономическая грамотность; "утечка умов") и двух метрических признаков (процент безработных в общей рабочей силе; процент занятых в общем населении).

Отдельный сравнительный анализ показателей одинаковой размерности в статике и динамике возможен, но если показатели имеют разную размерность или, более того, измерены на разных шкалах, то необходимо использование специально построенных измерителей для их сравнительного анализа. В практических применениях статистический анализ почти всегда является многомерным. Он выделялся в отдельное направление развития математических методов на рубеже XIX и XX вв., однако и сегодня основная часть соответствующих методов активно дорабатывается. Хронология развития методов МСА начинается еще с III в. до н. э., когда Аристотель предложил многомерный подход к классификации предметов по их сходству и отличиям. С XVIII до начала XX в. особенно распространенным было именно многопараметрическое описание объектов. Развитие многопараметрического описания связывается с именами ботаника М. Адамсона (60-е годы XVIII в.), естествоиспытателя Ч. Дарвина, химика Д. Менделеева. Становление многомерной статистики как отдельного направления в математических методах анализа данных началось с появления в 1901 - 1904 годах научных статей английских ученых К. Пирсона и Ч. Спирмена, посвященных теории факторного анализа.

Большой вклад в развитие факторного анализа оказали труды Г. Кайзера, А. Л. Терстоуна, К. Холзингера, Д. Максвелла, С. Р. Рао, Г. Хармана; кластерного анализа - Р. Трионона, Р. Льюиса, Р. Сокала, В. Уел'ямса, М. Жамбю; многомерного шкалирования - Дж. Б. Краскала, Р. В. Хемминга, А. Гутмана; дискриминантного анализа - Р. Фишера, Т. В. Хейка, В. Р. Клека; общих основ многомерной математической статистики - А. Гуртмана, А. Андерсена, П. Махаланобиса, С. Уилкса. Американские научные школы развивали факторный анализ, многомерное шкалирование, современные статистические теории и нечеткие множества; английские школы - фактор-

ный анализ, дискриминантный анализ, многомерный корреляционно-регрессионный анализ, многомерную математическую статистику, французская школа - кластерный анализ. Теория многомерного статистического также развивалась в трудах известных российских ученых А. Я. Боярского, С. А. Айвазяна, П. Ф. Андруковича, А. М. Дуброва, А. А. Френкеля, А. И. Орлова, И. С. Енюкова, Б. Г. Миркина, И. Д. Манделя, А. Д. Мешалкина, В. М. Бухштабера, В. С. Мхитаряна и др.

Анализ данных о СЭС для изучения их определяющих характеристик (признаков) и получения новых знаний о них обуславливается способами получения величин, а точнее, их измерения. Поэтому решение проблем анализа данных зависит от уровня решения проблем измерения величин в экономике. Анализ теории и практики измерений в экономике свидетельствует, что проблемы измерения были и остаются центральными в методологии экономической науки (Бородкин 2006; Петти 2000). Философы науки признают, что современная наука, в том числе и экономика, выросла с измерения, без которого она немислима, и утвердила себя только благодаря измерению (Белов 2001; Карнап 2003; Рассел 1999).

4. Развитие и состояние общей теории измерений величин в экономике

Для систематизации знаний об определении величин в экономике полезен анализ идей общей теории измерений и ее проекций в разных науках (Малярец 2006). Как научную теорию измерения стали воспринимать только в XIX в. При этом рассматривались только физические величины. Но источники, сформировавшие теорию измерения, возникли гораздо раньше. Первоначально измерение сводилось к счету дискретных и измерению (в единицах меры) непрерывных величин. Итак, существуют два различных подхода в понимании сущности измерений. Нами предлагается их синтез для выработки современного концептуального подхода в анализе данных, как фундамента измерений в экономике. Для понимания предпосылок его формирования рассмотрим содержание каждого из вышеупомянутых подходов.

Первый подход, который можно назвать традиционным, имеет первоисточники еще в античной науке, где концептуально измерение виделось как числовое представление величин (Карнап 2003). Главным в этом подходе при трактовке понятия "измерение" является то, что оно является измерением величин. Предполагается, что существует нечто, что можно измерить, а именно - величина. В центре этого подхода находится понятие величины; и таким образом среди всех объектов действительности процесс измерения отбирает для себя один класс объектов. Существуют величины и все, что не является величиной, не поддается и не подлежит

измерению. Соответственно, измерения ограничиваются только измерением величин. Этот подход часто условно называют дескриптивным, поскольку измеряемый объект - величина, а задача измерения - описание, определение существующей величины. *Второй* подход, который достаточно полно представлен в трудах Н. Кэмпбелла, рассматривает измерение как приписывание чисел для представления свойств объектов соответствии с законами науки (Campbell 1952). Данный подход предполагает, что измеряемые объекты не имеют никаких числовых свойств, однако в процессе измерения этим объектам ставятся в соответствие определенные числовые свойства и приписываются числа. Этот подход называют конструктивным, поскольку числовые свойства создаются, конструируются в процессе измерения.

Данное понимание измерения достаточно абстрактно и сводится к арифметизации (к сопоставлению чисел и объектов). Основная проблема измерения, согласно взглядам этого направления, состоит в том, чтобы показать, что данная эмпирическая область обладает той же самой структурой, что и определенная арифметическая система чисел, а если идентифицирована (построена, исследована) такая общая структура, то можно говорить, что арифметическая система изоморфна эмпирической области. После того как изоморфизм установлен, при изучении эмпирической области может быть использована соответствующая ей арифметическая система. Тогда математические расчеты могут быть сделаны в последней, а результаты преобразованы и интерпретированы уже для исходной эмпирической области.

Формальная концепция теории измерения утверждает, что суть измерения состоит не в числовом представлении самом по себе, а в том, что в процессе этого числового представления свойства выделяются, сопоставляются, упорядочиваются, подчиняются отношению порядка, подразумевая, что число должно существовать не ради числа, а как инструмент упорядочивания, сопоставления. Два, на первый взгляд, совершенно разных подхода, по нашему мнению, вместе отражают две существующие и неразрывные стороны процесса измерения. Это, с одной стороны - число, величина, интенсивность, а с другой - сравнение, сопоставление, упорядочивание, порядок. Такая двудеинность является методологической базой современной теории измерения в экономике, опираясь на основные идеи этих двух направлений развития теории измерения.

Следует подчеркнуть, что проблема измерения, как и любая научная проблема, должна рассматриваться в трех аспектах - философско-гносеологическом, теоретико-методологическом и практическом. При этом отметим, что в общей теории измерения до сегодняшнего времени практически игнорируются задачи и обоснование теоретических основ измерения нефизических величин. Как основная

преграда в признании измерений нефизических величин, математиками выдвигается невозможность выполнения аддитивных операций с данными величинами. Но возрастающая практическая необходимость измерения нефизических величин (в частности, и в экономике) приводит к признанию в качестве измерений любых операции присвоения объектам соответствующих чисел (подчиняющихся определенным правилам) (Лянчев 2004). Такое понимание является основой формирования современной репрезентационной теории измерений (репрезентационной теории данных). Она включает несколько разделов, содержащих базовые понятия, системы аксиом, теоремы представления и единства, теорию адекватности. Одна из основных идей, реализуемых репрезентационной теорией, состоит в возможности существования различных видов шкал, которые отличаются соответствующими наборами отношений эмпирических объектов, которые сохраняются в процессе отображения в числовое множество. Следует обратить внимание на особый раздел репрезентационной теории - теорию адекватности, которая предусматривает проблемы осознания операций, которые можно выполнять над получаемыми и исследуемыми данными. В целом, репрезентационная теория содержит много положений, раскрывающих сущность измерений в экономике, и поэтому может служить обоснованным теоретическим фундаментом общей теории измерений в экономике.

В анализе данных СЭС величины часто являются нефизическими. В отличие от физических измерений, нефизические измерения концептуально и операционно связаны с человеком, имеют отпечаток субъективной составляющей. Рассматривая выполнение процедур измерения в экономике целесообразно различать первичные и вторичные (производные, созданные) измерения. Фундаментальное первичное измерение величины зачастую интерпретируется как измерение, не включающее в себя никаких предварительных измерений какой-либо другой величины. Производным (созданным) считается такое измерение некоторой величины, которое зависит от фундаментальных измерений других величин. Особенно заслуживает внимания проблематика производного измерения с точки зрения формирования и использования системы правил получения обобщенных и интегральных характеристик сложных качественных характеристик на основе измерения величин некоторых элементарных признаков. Соответственно, среди определяющих признаков СЭС следует выделять, как минимум, два вида признаков - элементарные и сложные.

Таким образом, имеются теоретические предпосылки для формирования целостных концептуальных основ измерения в экономике, которые проявляются в наличии таких процедур в измерениях экономики, как квантификация, формализация, моделиро-

вание, шкалирование, оценка, содержание которых целостно связывается с содержанием процесса измерения (Малярец 2006). При этом измерения в СЭС должны иметь свою методологию, принципы и положения, логические взаимосвязи. В частности, методологические подходы метрологии обогащают общие принципы познания объекта конкретными определениями процесса измерения в различных сферах деятельности человека, но только касательно физических величин (Лянчев 2004).

5. Методологические основы разработки и применения современной концепции измерений в экономике

Итак, общую концепцию определения величин признаков в СЭС целесообразно разрабатывать на триединой основе: концепции величин в экономике, условиях их получения и системе измерителей с помощью адекватных математических методов и моделей (Малярец Ibid.). Названные фундаментальные составляющие можно рассматривать как базис теории измерения в экономике. Решение проблем анализа данных на основе концепции определения величин признаков обеспечивает достоверность, объективность и качество результатов анализа. При этом все многочисленные методы, способы, методики, концепции анализа и оценок в экономике прямо или косвенно предусматривают измерения признаков объекта в экономике. Их можно разделить на две группы: первая оперирует с натуральными (физическими) величинами признаков, вторая - с нефизическими (стоимостными) величинами признаков объекта и величинами количественных признаков (Розенталь 2007; Смирнов 2000).

Изначально процедуру измерения следует рассматривать на двух уровнях: первый, когда формируются первичные данные в экономике; и второй, когда вычисляется производные показатели. В узком смысле процедурой измерения можно считать процедуру только первого уровня, но специфика общественных наук (экономики, социологии) предусматривает отнесение процедуры и второго уровня к измерениям. Например, объектами измерения первого уровня являются величины затрат и выпуска. Эти величины трактуются как параметры производственных процессов (в операциях хронометража, контроля размеров изделий и т. д.) и регистрируются приборами. Задача измерения на первом уровне заключается в достижении точности измерительных устройств и объективности выполнения измерительных процедур. Измерения стоимостных величин признаков объекта сводится к регистрации отдельных значений стоимостных показателей в процессах обмена и распределения в массовых и единичных актах купли-продажи, из чего складывается хозяйственная деятельность субъектов бизнеса. Сравнение стоимостных величин признаков с нормативными,

регламентируемые государством, рыночными условиями, также является процедурой измерения в экономике. Можно рассматривать процедуры измерений (физических и нефизических величин элементарных признаков объекта СЭС) как процедуры первичного измерения в экономике, результаты которых обычно являются предметом различных видов отчетов и анализов хозяйственной деятельности субъектов экономики. Результаты первичного измерения составляют базу данных для выполнения процедур вторичного измерения с целью дальнейшего исследования объекта. К процедурам вторичного измерения относятся: вычисление характеристик совокупностей данных первичного измерения, статистические вычисления, косвенные (непрямые) вычисления, измерения сложных признаков с помощью математических методов и моделей.

Установление тенденций изменений, изучение количественных взаимосвязей признаков в экономических и социальных процессах опирается на их моделирование. При моделировании (особенно на региональном, государственном уровнях) возникает взаимодействие первичных и вторичных показателей. Любая математическая модель в экономике опирается на некоторую систему величин, являющихся, в основном, показателями (продукции, ресурсов). Одновременно одним из важных результатов макроэкономического моделирования является получение новых (вторичных) показателей: экономически обоснованных цен на продукцию различных отраслей, оценок эффективности разнокачественных природных ресурсов, показателей общественной полезности продукции (Белов 2001; Бородин 2006). Однако эти показатели могут искажаться вследствие недостаточной обоснованности первичных показателей, что требует разрабатывать особые методики формирования первичных показателей для преобразования их величин в объективные измерители. Так возникает проблема адекватного превращения величин первичного измерения в величины вторичного измерения.

Существует мнение, что длительное время главным тормозом практического применения математического моделирования в экономике являлась проблема наполнения разработанных моделей конкретной и качественной информацией. Точность и полнота информации в первичных измерениях, реальные возможности ее сбора и обработки во многом определяют выбор типов прикладных моделей. Кроме того, моделирование предъявляет новые требования к системе информации, содержащей измерители. Методы экономических наблюдений и использования результатов этих наблюдений разрабатываются экономической статистикой. При этом возникают специфические проблемы экономических наблюдений, связанных с моделированием экономических процессов (Малярец 2Ibid.). Ведь в физике, например, в процессе измерения веса или темпера-

туры существует возможность экспериментальной перепроверки результатов испытаний, и вопрос обоснованности данных теряет свою остроту. В измерениях же в экономике обоснованность данных – важнейшая проблема, поскольку (в отличие от измерений в физике, где измеряются величины самих свойств) измеряются показатели признаков при неэкспериментальном характере данных.

В теории измерений определяющим фундаментальным понятием, на основе которого выстраивается весь методологический и методический каркас, является величина. Основным отличием величин в экономике является существование большого класса нефизических величин и, в частности, экстенсивных и интенсивных величин. Для формализации системы экстенсивных и интенсивных величин экономики следует изучить концептуализацию связи величины с количеством, качеством и числом с учетом неэкспериментального характера данных. Как известно, познание объекта осуществляется посредством абстрагирования его особенностей, значимых для решения поставленной фактической задачи. В результате в сознании человека формируется модель объекта, воспроизводящая структуру и свойства последнего, а также взаимосвязи между его элементами.

Для того чтобы оценить объект, нужно измерить его качества, аккумулирующиеся в свойствах, которые он имеет. Следовательно, объект измерения находится везде, где находится объект управления в экономике – на всех иерархических уровнях системы управления в экономике. При этом следует измерять величину свойств, а точнее, их формализованного вида – признаков. Признаки характеризуют явления и объекты в экономике, которые могут быть простыми или сложными (одномерными или многомерными). Причем многомерность увеличивается и структура усложняется с ростом уровня иерархии системы управления. Адекватно уровням управления в экономике выделяют непосредственное измерение величины элементарного признака (прямое, первичное или непосредственное, физическое измерение) и непрямое измерение (косвенное, производное, опосредованное), использующее результаты непосредственного измерения (при этом важна правильная технология самого процесса измерения).

Отсюда следует, что обычно объектом первичного измерения математики в экономике является величина элементарного признака объекта, а объектом косвенного измерения – величина сложного признака объекта, который может принадлежать разным уровням иерархической системы управления. Итак, объектами первичного измерения в экономике выступают величины количественных и качественных элементарных признаков. Первично измеряется физическая величина количественного признака – это экстенсивная величина элементарного признака. Количественные признаки отличаются от качественных

изменением значений величины и своей мерой. Для качественных признаков не выполняется ни одно из условий существования количественных признаков. Величины качественных элементарных признаков и количественных сложных признаков (которые можно рассматривать по степени накопления количества) образуют вид интенсивных величин в экономике. Признаки же могут характеризовать или один объект, или их множество. Отсюда следует различие индивидуальных и групповых (общих) признаков.

Как уже отмечалось, формой существования величины в экономике является показатель. Чтобы сформировать его необходимо учитывать тип величины, ее виды и спецификацию в данном конкретном случае объективизации признаков. Итак, чтобы формализовать признак объекта в экономике, нужно создать описательную (атрибутивную) характеристику свойства объекта, метрическую или неметрическую величину. В величине числа представляется его количественная определенность: для неметрических величин - порядок, упорядоченность; для метрических - еще и величину в смысле "размер". Понятия наименования, номинации являются необходимой описательной составляющей любого определения величины. Качественная определенность метрических и неметрических величин описывается именно в форме именования. Числовая составляющая неметрических величин образует последовательность именованных порядковых чисел, их можно рассматривать как единицы упорядочивания отдельных ступеней их качественных элементов.

Следовательно, количественная определенность величин возникает на основе известных процедур сравнения однородных свойств объектов, то есть введением некоторой дискреты (единицы) и определенной шкалы величины. Так согласовываются различные степени проявления свойства с определенными числами. Для адекватного отражения величин различных признаков существуют различные типы шкал. Разработка согласованных систем общепотребительных шкал является одним из первых признаков перехода к научному периоду развития измерений (Пфанцагль 1976). Измерить все, что измеряется, и сделать измеряемым все, что таким еще не является, - известная задача точного естествознания. По шкалам определяют величины признаков, они же являются инструментом достижения точности измерения. Разумеется, любое измерение относительно. Оно варьируется по виду, точностью. Предварительно необходимо построение шкал величин, как этапа познания, связанного с выделением отдельных свойств и установлению их особенностей в различных ситуациях, - так называемая арифметизация пространства (Ibid.).

Первоначально в технике на роль фундамента измерения претендовали теория информации, теория сигналов, теория обратных преобразователей и

другие, но к настоящему времени именно теория шкал признана основой для общих измерений. При этом измерение не является только передачей информации, его сущностью является переход от мира физических реальностей в систему знаков, которые отражают эту реальность. Поэтому для измерения важно установить взаимно однозначное отображение одной системы (с ее внутренними и внешними отношениями) в другую. Разумеется, выполнение определенного отношения между элементами одной системы влечет выполнение соответствующего отношения между элементами другой системы, и наоборот; в математике такое свойство называется изоморфизмом. В частности, при формировании данных в экономике необходимо добиваться, чтобы абстрактная система (которая их создает) отражала реальную (эмпирическую) систему изоморфно.

Переход от содержательного описания объектов исследования и их свойств к моделям объектов и величин сопровождается формализацией данного описания с использованием математического аппарата, таким образом, любая величина может быть представлена, как параметр математической модели. Часто в экономике величина является модельным понятием, а выделение отдельных групп признаков (поведенческих, социальных, системных, физических) предполагает дополнительную характеристику параметров, раскрывающую специфику объекта исследования или его модели. При этом физические величины отражают объективные свойства объекта исследования, а показатели качества объекта - их общественную значимость в конкретных условиях (Лянчев 2004).

Элементы методологии определения величин сложного объекта в экономике с точки зрения системы его функциональных качеств, признаков можно видеть в прикладном математическом разделе - квалиметрии. Он изучает общие принципы и способы комплексной оценки качества продукции и эффективности деятельности в целом. Принципы комплексного измерения качества, основанные на нахождении и добавлении исходных относительных оценок, применяются в квалиметрии для измерения качества продукции. Однако такие подходы можно примерить для интегрирования любых качеств и использовать принципы квалиметрии для построения обобщающих показателей. При этом показатели и критерии эффективности функционирования СЭС должны отражать общесистемные, структурные и функциональные признаки, которые определяются процессом и целями функционирования системы. Такие признаки являются, как правило, сложными признаками. Практическое определение величин признаков СЭС направлено на получение их физических параметров, а именно: динамических, контрольных, прогнозных, оценочных, которые служат основой дальнейшего построения поведенческой модели.

Для реализации процесса определения величин необходимо определить постулаты, принципы его осуществления. Их система методологически обеспечивает технологию измерения признаков объектов в экономике.

6. Основополагающие принципы и постулаты измерений в экономике

Итак, общими принципами при проведении измерений в экономике являются: философское рассмотрение объекта и его свойств в процессе измерений; сохранение и соблюдение научных основ (методологических и методических) при измерениях признаков объектов; кибернетичность, системологичность в разработке моделей и использовании математических методов в технологии определения величин; метрологичность в реализации операций и процессов измерений. Формулируя постулаты измерений в экономике следует учитывать что определенная концептуальная модель объекта обуславливает соответствующий процесс измерения величин элементарных и сложных признаков. Существующая многомерность объектов в экономике предполагает множество измеряемых величин и их истинных значений. Формой проявления величин признаков объектов в экономике являются соответствующие показатели, при этом сложный признак измеряется совместно и выражается синтезированной величиной. Измерения же таких сложных признаков осуществляются с помощью системы измерителей причем измеряются детерминированные или условно детерминированные величины. Объективность и истинность измерения признаков обеспечивается учетом действий законов и закономерностей в экономике и выполнением общих положений теории измерений.

Как отмечалось, в экономике существуют физические и нефизические величины, метрические и неметрические. Исследования неметрических признаков объекта, определение нефизических величин расширяет познание объекта в СЭС. С другой стороны, множество нефизических величин зависит от степени учета сложности признаков, их взаимосвязей. Часто уровень нефизической величины в экономике имеет общественную определенность и получается статистически. В экономике есть большой класс статистических величин, для определения которых существуют специальные методы. При этом возможная неточность первичного измерения элементарного признака, зависит от принятой шкалы; а неточность измерения сложного признака зависит от его модели. На практике истинное значение величины всегда устанавливается с определенной неточностью и часто требует повторного измерения. А так при измерениях присутствует человеческий фактор, необходимы правила, нормы, нормативы, которые бы регламентировали процесс и инструменты изме-

рений в экономике, в том числе и в эвристических случаях.

Использование обоснованных и общепринятых правил построения моделей объектов также приближают величины признаков к истинным. Измерения в экономике в целом методологически должны быть направлены на создание системы основных величин, которая сделает возможным согласованное действие механизмов управления на различных его уровнях. Основными процедурами технологии определения величин признаков являются: процедура постановки, подготовки, первичное измерение, вторичное измерение. Завершает процесс процедура контроля за ошибками, которые могут быть методологическими (связанными с парадигмой, принципами измерения в экономике, построенной моделью объекта), методическими (связанными с методиками определения признаков, организацией технологии, этапами, процедурами измерения, с аналитическими, математическими методами), техническими (связанными с погрешностями приборов, технических системам и средствам), личностными погрешностями (обусловленными индивидуальностью человека, эксперта при установлении эталонов мер в экономике).

7. Заключение

Развитие инструментов экономико-математического описательного моделирования вызывается насущной практической потребностью проведения достоверного, полномасштабного, комплексного анализа данных социально-экономических систем по их признакам, измеряемым на разных шкалах. Именно в процессе многомерного анализа данных могут быть адекватно описаны социально-экономические системы, сформированы достоверные модели реальных объектов в экономике, сгенерированы новые знания о них. Предложенные постулаты и принципы измерений в экономике позволяют обеспечить объективность, достоверность, обоснованность концепций методологии моделирования, обеспечить содержательность полученных практических результатов определения величин в анализе данных при изучении сложных социально-экономических систем.

Литература

- Барсегян, А. А. (2004), *Методы и модели анализа за данными: OLAP и Data Mining*, СПб.: БХВ.
- Белов, В. А. (2001), *Ценностное измерение науки*, М.: Идея-Пресс.
- Бородкин, Ф. М. (2006), *Социальные индикаторы*, М.: ЮНИТИ-ДАНА.
- Вороновский, Г. К. (1997), *Генетические алгоритмы: искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности*, Харьков: Основа.
- Карнап, Р. (2003), *Философские основания физики: Введение в философию науки*, М.: Эдиториал УРСС,

- Кизим, Н. А. (2006), *Нейронные сети : теория и практика применения*, Харьков : ИНЖЭЖ.
- Леоненков, А. В. (2003), *Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH*, СПб. : БХВ.
- Лянчев, В. В. (2004), *Основы теории измерений физических величин*, СПб. : Изд. СПбГЭТУ «ЛЭТИ»
- Малярець, Л. М. (2006), *Вимірювання ознак об'єктів в економіці*, Харків : ИНЖЭЖ.
- Петти, В. (2000), *Классика экономической мысли: сочинения*, М. : ЭКСМО-Пресс.
- Пушкарь, О.И. (2005), *Системы підтримки прийняття рішень*, Харків: ИНЖЭЖ.
- Пфанцагель, И., (1976), *Теория измерений*, М. : Мир.
- Рассел, Б. (1999), *Философия логического атомизма*, Томск : Водолей.
- Розенталя, О. М. (2007), «Модель управления производственным процессом с учетом его перенастройкой», *Экономика и математические методы*, № 1, С.129-132.
- Сигел, Э.Ф. (2002), *Практическая бизнес-статистика*, М. : «Вильямс».
- Смирнов, А. Д. (2000), *Лекции по макроэкономическому моделированию*, М. : ГУ ВШЭ.
- Тищенко, А. (2005), *Экономический потенциал: анализ, оценка, диагностика*, Харьков: ИНЖЭЖ.
- Томас, Р. (1999), *Количественные методы анализа хозяйственной деятельности*, М.: Дело.
- Шикин, Е. (2000), *Математические методы и модели в управлении*, М.: Дело.
- Campbell, N. R. (1952), *What is Science?*, New York : Dover.
- <http://data.cemi.rssi.ru/isepweb/coun.htm>

Conclusions : *The development of economic and mathematical tools of descriptive modeling is called an urgent practical necessity for a reliable, full-scale, comprehensive analysis of socio-economic systems on their parameters which are measured on different scales. Only in the processes of multivariate data analysis can be adequately described the socio-economic systems, formed a reliable models of real objects in the economy, generated new knowledge about them. Proposed postulates and principles of measurements in the economy can ensure the objectivity, reliability and validity of the concepts of modeling methodology, to ensure the meaningfulness of the results obtained by practical definition of variables in data analysis for the study of complex socio-economic systems.*