

Современная теория измерений: классификация типов измерений

С. В. Прокопчина

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет), Financial University

Аннотация. Развитие теории измерений связано, прежде всего, с созданием новых типов измерений, таких как интеллектуальные, нечеткие, мягкие, когнитивные, полисистемные, энтропийные и другие виды измерений. Отличительными свойствами этих видов измерений является возможность использования различных знаний при реализации измерений. В связи с этим методики измерений данных видов включают методы и модели искусственного интеллекта, теории нечетких множеств, когнитивной теории. В методологическом плане такое разнообразие новых видов измерений в совокупности с классическими определяет необходимость их систематизации и классификации для эффективного и целенаправленного их применения. Данному вопросу и посвящена статья.

Ключевые слова: теория измерений; классификация; интеллектуальные; нечеткие; мягкие измерения

I. ВВЕДЕНИЕ. СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ИЗМЕРЕНИЙ

Развитие общей теории измерений стимулировало работы по расширению метрологических требований и номенклатуры показателей качества обработки данных, а также появление новых видов измерений, метрологической аттестации и контроля, в частности, метрологии алгоритмов, моделей, объектов и условий измерений.

Как правило, на практике современные измерительные задачи сопровождаются сложными условиями проведения экспериментов, связанных с наличием значительной априорной неопределенности о свойствах объектов и влияющих факторах среды их функционирования, взаимосвязях между ними, неточностью и неполнотой экспериментальной информации, недоступностью для непосредственных наблюдений многих свойств объектов или влияющих факторов, что выделяет познавательную функцию методологии их решения как основополагающую. Поэтому постановка указанных задач как измерительных обуславливает усиление роли познавательной функции измерений и выдвигает требование получения результатов их решений в форме знаний (аналитических выражений для моделей, а также выводов и решений) на основании учета всего объема априорной и поступающей в процессе измерительного эксперимента информации, в том числе и нечисловой. Таким образом, процесс осмысливания полученных результатов измерений в виде чисел, а также аналитические выводы и принятие решений включаются в

контур измерительных процессов. Однако, это допустимо только при наличии метрологического сопровождения на всех этапах получения решений. Только при этом условии процессы обработки информации могут быть отнесены к измерительным.

Определим такой тип измерительных задач как **тип сложных измерительных задач**, понимая под этим сложные объекты измерений, представляющих собой системы взаимосвязанных свойств, активно взаимодействующих с окружающей внешней средой, сложные многоэтапные и аналитические измерительные процессы, сложные условия измерений при информационной неопределенности и нестабильности как самих объектов, так и их окружения.

Выполнение этого требования способствовало привлечению аппарата теорий искусственного интеллекта, оптимальных решений, информатики к созданию новых информационно-измерительных технологий для обработки разнородных потоков экспериментальных данных средствами измерительной техники.

Одним из главных моментов построения измерительных технологий является определение типа информационной ситуации, в которой производятся измерения. Существуют три типа информационных ситуаций измерений. Они определены и детально описаны.

Это ситуации с полностью определенной информацией и условиями измерений (тип I); ситуации с не полностью определенной информацией и стабильными условиями измерений (тип II), но и ситуации со значительной неопределенностью и частичную неопределенность можно снять в итерационном режиме, адаптируя модель объекта измерений согласно поступающей информации (тип II) и ситуации со значительной неопределенностью, нестабильностью условий измерений, активным влиянием внешней среды (тип III).

Идентифицируя эту специфику методов, появились, кроме существующих прямых измерений, которые реализуются в первой информационной ситуации, понятия:

- комплексные измерения, основанные на расширенных понятиях измерений и тезаурусах, реализуемых в виде структур моделетек, ситуация (тип II);

- статистические измерения, основанные на вероятностно-теоретическом подходе; ситуация (тип II);
- динамические адаптивные измерения, подчеркивающие временные характеристики свойств объектов измерения; ситуация (тип II);
- адаптивные измерения с коррекцией результата в процессе измерений по заданному алгоритму, ситуация (тип II);
- интервальные измерения, ситуации (тип II) и (тип III);
- процессорные измерения, выделяющие класс средств ИТ, необходимых для их реализации, ситуация (тип II);
- алгоритмические измерения определяющие связь с вычислительными аспектами решения измерительных задач, ситуация (тип II);
- измерения, отражающие их прикладную направленность (промышленные измерения, биоизмерения, радиоизмерения, астрофизические, агроаналитические, социальные измерения, экономические измерения и др.) ситуации (тип II) и в интеллектуальных измерениях ситуации (тип III).

В дальнейшем в работах автора данной статьи были предложены концепции, разработаны теоретические основы, принципы и информационные технологии и средства следующих видов измерений, которые реализуются в ситуациях (тип III):

- байесовские интеллектуальные измерения на основе регуляризирующего байесовского подхода;
- нечеткие измерения в виде совокупности альтернативных решений с различной степенью их достоверности;
- мягкие измерения с гибкой логикой вывода измерительных решений;
- когнитивные измерения с включением субъекта-измерителя в измерительную технологию;
- полисистемные измерения с объектом измерения в виде совокупности сложных автономных систем, активно взаимодействующих между собой и внешней для этой совокупности средой;
- энтропийные измерения, в которых объектом измерения является получаемое количество информации;
- ретроспективные измерения на базе РБП и технологий БИИ;
- перспективные измерения на основе байесовских интеллектуальных технологий.

Для перечисленных выше всех новых типов измерений можно привести соответствующие им уравнения

измерения, поясняющие их методологию, сходства и различия.

Объектом измерения в энтропийных измерениях $G_t^{(H)}$, является количество информации $I_t^{(H)}$, получаемое при каждом новом измерении свойств наблюдаемого реального объекта G_t . При этом разность между априорным значением количества информации $I_{t-1}^{(H)}$ и вновь полученным $I_t^{(H)}$, позволяет определить изменение условной энтропии $\Delta H_t^{(G)}$, $D_t^{(G)}$, при условии существования решений на выбранном динамическом компакте измерительных решений $D_t^{(G)}$, определенном в на момент времени t . Количество информации, полученное в эксперименте определяется разностью априорной и апостериорной регуляризованных байесовских оценок (РБО) на шкале типа шкалы с динамическими ограничениями.

Таким образом, уравнение для энтропийных измерений имеет следующий вид:

$$\Delta H_t^{(G)} | D_t^{(G)} = 1 - (I_t^{(H)} - I_{t-1}^{(H)}) , \quad (1)$$

где $I_t^{(H)}$ – количество информации по Фишеру для соответствующих априорной и апостериорной регуляризованных байесовских оценок свойств наблюдаемого объекта G_t . Вычисление этих параметров не составляет труда, так как РБО представляют собой по сути оценку дискретного закона распределения свойства наблюдаемого объекта. По алгоритму аппроксимации оценок законов распределений типовыми законами из системы кривых К. Пирсона, оценки могут быть аппроксимированы и при вычислении количества информации формулы для этих законов могут быть использованы для повышения точности вычислений.

В работах автора по байесовским статистическим измерениям и байесовской математической статистике разработаны теоретические основы, методология, информационные технологии и решены прикладные задачи измерения числовых характеристик случайных величин и процессов, корреляционных измерений, измерений критериев проверки гипотез, измерений рисков и потенциалов, функциональных измерений законов распределения, измерений трендов, регрессионных измерений, энтропийных измерений в условиях неопределенности.

Для обработки архивных данных и измерения событий прошлого времени разработаны методологические основы ретроспективных измерений на базе РБП. Ретроспективные измерения позволяют определить оценки свойств объекта в прошлые моменты времени или восстановить их динамическую модель при наличии текущей и архивной информации любого типа об объекте и внешних влияющих факторах.

Для перспективных измерений (измерений для будущих периодов и ситуаций) основное уравнение измерений строится с учетом прогнозных значений связанных с измеряемым других свойств объекта и среды $G_{t+1}^{(OE)}$

Очевидно, что вышеперечисленные виды измерений различаются по объектам, способам и прикладным измерительным задачам. Систематизация и классификация этих видов измерений будет способствовать повышению

эффективности использования возможностей всего круга видов измерений. На рисунке предложен вариант такой классификации.

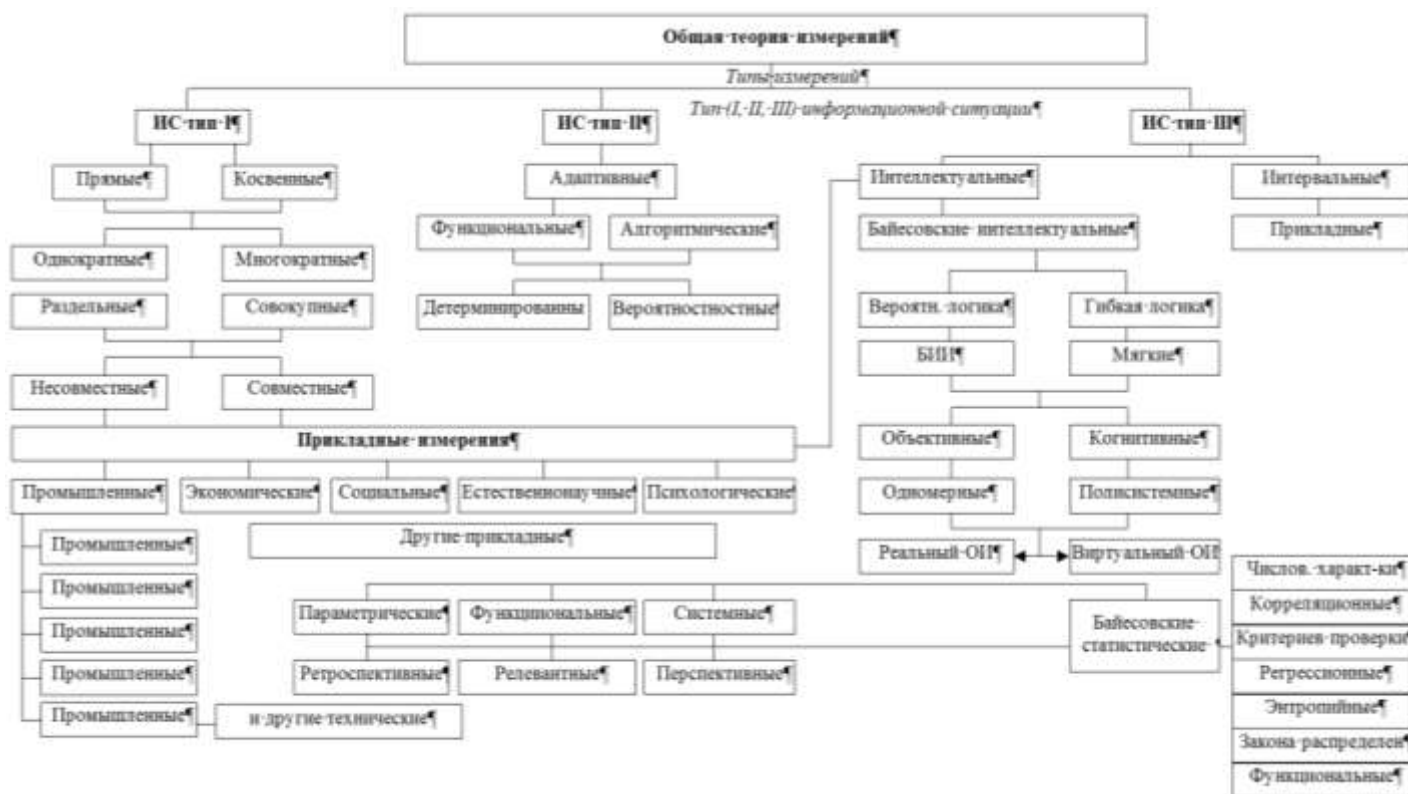


Рис. 1. Классификация видов измерений

В качестве признаков классификации приняты следующие:

1. По способу использования знаний в измерительном процессе:

- классические измерения, основанные на текущих экспериментальных числовых данных;
- интеллектуальные измерения, использующие различные типы знаний наряду с поступающей измерительной информацией в измерительном процессе.

2. По способу вывода измерительного решения:

- вероятностный подход (статистические измерения, байесовские интеллектуальные измерения);
- с гибкой логикой вывода (мягкие измерения).

3. По способу организации измерительного процесса:

- без включения субъекта-измерителя в измерительный процесс;
- с включением субъекта-измерителя в контур измерительного процесса (когнитивные измерения);

4. По возможности реализации алгоритмической обработки:

- без возможности реализации алгоритмической обработки (прямые измерения);
- с наличием возможности реализации алгоритмической обработки (косвенные измерения, алгоритмические измерения).

5. По сложности объекта измерения:

- простое свойство;
- сложная система (системные измерения, совокупные, совместные измерения);
- совокупность систем (полисистемные измерения).

6. По сложности условий измерения:

- стабильные условия измерения;
- условия нестабильности (динамические измерения);
- условия неопределенности и нестабильности (ретроспективные, перспективные интеллектуальные измерения).

7. По типу прикладной измерительной задачи:

Различные типы прикладных измерений (например, перечисленные выше).

Данная классификация, как и краткий исторический обзор развития современной теории измерений, безусловно, не претендуют на полноту. Поэтому автор будет признателен коллегам за дискуссии и продолжение этой темы.