

безліч всіх маршрутів для всіх пар вузлів ТС. Ця нейронна мережа орієнтована на рішення задачі локальної оптимізації для розподіленої схеми мультиагентної маршрутизації.

#### Висновки

У роботі на основі системного аналізу особливостей динаміки ТС із змінною структурою і параметрами обґрунтовується необхідність розробки теорії адаптивного високоякісного мультиагентного обслуговування глобальних ТС. Ця теорія повинна прийти на зміну традиційної теорії масового обслуговування, імовірнісні припущення якої, зазвичай, не виконуються на практиці.

Проведені дослідження показали можливість застосування запропонованих модифікацій нейронних мереж Хопфілда для вирішення завдання мультиагентної маршрутизації потоків даних в статичних ТС, конфігурація яких не змінюється з часом, а також в динамічних ТС.

Недоліком запропонованих моделей і методу нейромережевої маршрутизації для розподіленої і централізованої схем є великий об'єм попередніх обчислень. Тому доцільно досліджувати можливість мінімізації і автоматичного розрахунку вхідних параметрів нейронних мереж, а також провести імітаційне моделювання і програмно-апаратну реалізацію нейромережевих маршрутизаторів у складі динамічних глобальних ТС.

#### Література

1. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – 3-е изд. СПб.: Питер, 2008. 958 с.
2. Tanenbaum A. Computer Networks. Pearson Education, 1996.
3. Уолренд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети. Вводный курс. М.: Постмаркс, 2001. – 480 с.
4. Столлингс В. Современные компьютерные сети. – СПб.: «Питер», 2003. – 783 с.
5. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей.: М.: Издательский дом "Вильямс", 2001. – 287 с.
6. Вишневицкий В. М., Пороцкий С. М. Динамическая маршрутизация в АТМ сетях – проблемы и решения // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 6.
7. Тимофеев А.В. Проблемы и методы адаптивного управления потоками данных в телекоммуникационных системах // Информатизация и связь. – 2003. – № 1, 2. – С. 68–73.
8. Колесніков К.В., Бутенко Я.С., Лега Ю.Г. Моделі та методи маршрутизації потоків даних в телекомунікаційних системах із змінною динамікою // "Вісник ЧДТУ", 2006. – № 1. – С. 44-49.
9. Колесніков К.В., Кулинич Є.В. Моделі та методи адаптивної і нейромережевої маршрутизації в мультиагентних ТКС // "Вісник ЧДТУ", 2008, № 2, с.5-8.

Надійшла 8.2.2009 р.

УДК 389: 638.011.54

В.Т. КОНДРАТОВ

Институт кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины

### ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ: ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРА И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ СООБЩЕНИЕ 1

*В работе описана фундаментальная теория избыточных измерений, ее особенности и обобщенная структура. Показано отличие данной теории от теории прямых измерений. Сформулированы критерии фундаментальности теорий. Приведены обобщенные математические модели, описана сущность методов избыточных измерений, обобщенная структура средств избыточных и др.*

*The fundamental theory of the surplus measurings, its features and generalized structure, is in-process described. The difference of this theory is rotined from the theory of the direct measurings. The criteria of solidity of theories are formulated. The generalized mathematical models are resulted, essence of methods of the surplus measurings, generalized structure of facilities of surplus and other, is described*

#### Введение

Прогресс науки, техники и нанотехнологий, который имел место в конце XX-го века, послужил бурному развитию датчикового приборостроения и обеспечил создание полупроводниковых сенсоров, биосенсоров и измерительных преобразователей (ИП) нового поколения с высокой чувствительностью, которая достигалась за счет использования чувствительных элементов с нелинейными эффектами. Уже в конце 90-х годов прошлого века возникла острая необходимость в пересмотре существующей теории прямых измерений, в разработке путей и методов повышения точности результата измерений физической величины (ФВ)  $x_i$  при нелинейной функции преобразования (НФП) измерительного канала (ИК) и высокой его чувствительности, в обобщении накопленного в 80-х и 90-х годах XX столетия опыта и знаний по

теории измерений, методологии проектирования и конструирования средств измерительной техники, в критическом пересмотре всей научной методологии.

Все это стало предпосылкой к созданию новой стратегии избыточных измерений (ИИ) ФВ с автоматическим исключением<sup>1</sup> погрешностей при нелинейной и нестабильной функции преобразования (ФП) ИК, при сохранении высокой чувствительности используемых сенсоров, биосенсоров и ИП.

В Институте кибернетики НАН Украины к 2001 году была создана новая стратегия измерений, – стратегия ИИ ФВ, о чем официально было заявлено в работе [1]. Вот уже более семи лет стратегия необходимых и достаточных, т.е. избыточных измерений (см. классификацию в [2]), в виде теории избыточных измерений (ТИИ) совершенствуется и развивается, окончательно принимая форму, дух и сущность фундаментальной физической теории. Одновременно развиваются прикладные направления научных исследований: избыточная концентратометрия, избыточная манометрия, избыточная пирометрия, избыточная радиометрия, избыточная влагометрия, избыточные измерения дальности всеми существующими методами в инфракрасном диапазоне длин волн, избыточная фазометрия, избыточные измерения мощности, частоты и т.д. и т.п.

Объектом измерений (ОИ) выступают величины разной физической природы.

ТИИ, родившись в самом начале XXI века, представляет собой самостоятельный вид измерений в общей теории измерений [2-10]. Она создана на основе современной общенаучной метрологии системного подхода и информативной избыточности [11, 12]. ТИИ направлена на решение задач линейного и нелинейного измерительного преобразования ФВ  $x_i$ , на решение проблем и задач прогнозирования и оценки параметров и показателей метрологической надежности (МН) ИИ, на создание средств избыточных измерений (СИИ), нелинейных измерительных преобразователей (НИП), информационно-измерительных систем (ИИС), информативно-избыточных сенсоров и биосенсоров с управляемыми и неуправляемыми параметрами и на другие проблемы и задачи метрологии.

Особенностью линейного измерительного преобразования ФВ  $x_i$  при НФП ИК является линеаризация общей (виртуальной) ФП СИИ. В этом случае результат ИИ представляет собой линейную зависимость от измеряемой ФВ  $x_i$ . Особенностью нелинейного измерительного преобразования ФВ  $x_i$  является использование сенсора, измерительного преобразователя (ИП) или ИК в целом с НФП, одна из составляющих которой характеризует заданное функциональное преобразование.

Важной особенностью ТИИ является получение квазиистинного значения ФВ  $x_i$ , т.к. результат измерений получают приведенным к входу ИК, т.е. близким к значению воздействующей на СИИ входной величине. В теории прямых измерений результат получают приведенным к выходу ИК. В этом главное отличие и преимущество ТИИ.

В отличие от ТИИ, теория прямых измерений развивалась и развивается на основе общенаучной методологии системного анализа. Все усилия разработчиков направлены на обеспечения линейности ФП сенсора и/или ИК в целом. Не исключенные нелинейные составляющие ФП ИК выражаются в виде соответствующей нормированной погрешности. Следовательно, фундаментальные различия теорий прямых и избыточных измерений состоят в использовании разных методологий научных исследований, в разных функциональных возможностях этих теорий и в получении качественно разных конечных эффектов от их применения.

Создание и развитие ТИИ – это новейший этап развития метрологии как науки об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения точности соизмеримой с точностью мер и рабочих эталонов [13, 14].

ТИИ – это явление в современной метрологии. Она является фундаментальной физической теорией, представляет и будет представлять метрологию XXI-го века.

**Объект исследований** – фундаментальная теория избыточных измерений, ее структура и особенности.

**Предмет исследований** – структуризация и интерпретации составных частей ТИИ.

**Целью работы** является ознакомление ученых и специалистов с сущностью ТИИ, ее составными частями, особенностью и важностью данной теории для научно-технического развития любой страны.

### Результаты исследований

#### 1. Исследуемый объект и его математическая модель

ТИИ создана на базе диссертационной работы автора [4, 5]. ОИ и СИИ (НИП или ИИС)<sup>2</sup> рассматриваются не изолированно друг от друга, а как единая физическая или техническая система. В соответствии с принципами общенаучной методологии системного подхода, ОИ и СИИ рассматриваются как сложная техническая (измерительная) система «ОИ – СИ», состоящая из конечного числа функциональных блоков и элементов, которые находятся в определенных связях и отношениях друг с другом, служат определенной совокупности целей и выступают как единое целое по отношению к окружающей среде, т.е. к внешним дестабилизирующим факторам: температуре ( $t^0$ ), влажности ( $W$ ), давлению ( $P$ ), напряженности ( $H$ ) электрического поля и т.д.

<sup>1</sup> но не коррекцией

<sup>2</sup> далее только СИИ

Ниже, на рис. 1, приведена обобщенная структурная схема измерительной системы «ОИ – СИИ», где ФФВ – формирователь избыточных ФВ; ПИП – первичный измерительный преобразователь; ИП – измерительный преобразователь; ИК – измерительный канал; МК – микроконтроллер со встроенным аналого-цифровым преобразователем (АЦП); УМ – управляемая (или неуправляемая) мера; ЖКИ – жидкокристаллический индикатор (для отображения графической и буквенно-цифровой информации; ЭС – экспертная система (для интеллектуальных СИИ); ЛШ – локальная шина; ОШ – общая шина (для связи с системой более высокого уровня).

В общем случае состояние системы «ОИ – СИИ» определяется состоянием ИК, в котором протекают все процессы измерительного преобразования свойств. Формализация этих процессов сводится к созданию адекватной ММ ИК. Поскольку в теории измерений выделено два класса ОИ, т.е. объекты, которым не приписывается ММ, и объекты, которым приписывается ММ, то это также находит свое отражение и в ММ ИК. По признаку информативности модели выделены информативно-избыточное, неполные информативно-избыточные и типовые ММ.

Информативно-избыточная ММ ИК для случая, когда ОИ ММ не приписывается, имеет вид

$$\left( \begin{array}{ccc} \begin{array}{l} \text{измеряемая} \\ \text{величина} \\ x_i \Rightarrow \\ \text{вид модуляции} \\ \text{или ее отсутствие} \end{array} & \begin{array}{l} \text{нестабиль-} \\ \text{ность ИК} \\ \text{время преоб-} \\ \text{разования, с} \end{array} & \begin{array}{l} \text{основное преоб-} \\ \text{ра-} \\ \text{зование} \\ \text{полоса} \\ \text{частот} \end{array} = f_n(x_i, S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l) + \Delta y'_n \begin{array}{l} \text{АЦП} \\ \text{разрядность} \\ \text{кода} \end{array} \Rightarrow N_{xi} \end{array} \right) \quad (1)$$

или, с учетом используемой аббревиатуры, – вид

$$x_i \xRightarrow{tm} y'_{ni} \Big|_{\tau_{пр,с}}^{\Delta y'/c} = f_n(x_i, S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l) + \Delta y'_n \Big|_{wfb}^{y_c} \xRightarrow{16} N_{xi}, \quad (2)$$

где *tm* – английская аббревиатура ФВ «temperature» (температура); *wm* – аббревиатура слов «without modulation» (без модуляции); *wfb* – аббревиатура слов «wide frequency band» (широкая полоса частот);

$$y'_{ni} = f_n(x_i, S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l) + \Delta y'_n - \quad (3)$$

- НФП ИК без приписываемой ММ ОИ;  $S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l$  и  $\Delta y'_n$  – параметры НФП в некоторый начальный момент времени  $t_{x0}$  в условиях воздействия на СИИ внешних дестабилизирующих факторов, причем

$$S'_{n1} = S_{n1}(\gamma_{n1}^0 \pm \gamma_{n1}) = S_{n1} \left( \gamma_n^0 \pm \gamma_{n1}(t^o, S_{n1}^{t^o}, S_{l1}^{t^o}, \Delta y_{n1}^{t^o}, W, S_{n1}^W, S_{l1}^W, \Delta y_{n1}^W, P, S_{n1}^P, S_{l1}^P, \Delta y_{n1}^P, \dots) \right), \quad (4)$$

$$S'_{n2} = S_{n2}(\gamma_{n2}^0 \pm \gamma_{n2}) = S_{n2} \left( \gamma_n^0 \pm \gamma_{n2}(t^o, S_{n2}^{t^o}, S_{l2}^{t^o}, \Delta y_{n2}^{t^o}, W, S_{n2}^W, S_{l2}^W, \Delta y_{n2}^W, P, S_{n2}^P, S_{l2}^P, \Delta y_{n2}^P, \dots) \right), \quad (5)$$

$$S'_l = S_l(\gamma_l^0 \pm \gamma_l) = S_l \left( \gamma_l^0 \pm \gamma_l(t^o, S_n^{t^o}, S_l^{t^o}, \Delta y_l^{t^o}, W, S_n^W, S_l^W, \Delta y_l^W, P, S_n^P, S_l^P, \Delta y_l^P, \dots) \right), \quad (6)$$

где  $\gamma_{n1}^0 = 1, \gamma_{n2}^0 = 1, \gamma_l^0 = 1$ ;  $\gamma_{n1}, \gamma_{n2}$  и  $\gamma_l$  – относительные измерения параметров НФП ИК, зависящие от воздействия внешних дестабилизирующих факторов (температуры, влажности, давления и т.д.);  $S_{n...}^{t^o}, S_{l...}^{t^o}, \Delta y_{n...}^{t^o}, S_{n...}^W, S_{l...}^W, \Delta y_{n...}^W, S_{n...}^P, S_{l...}^P, \Delta y_{n...}^P, \dots$  – параметры функций влияния температуры, влажности, давления и т.д. на параметры НФП ИК.

Информативно-избыточная ММ ИК для случая, когда ОИ приписывается ММ, имеет вид

$$\left( \begin{array}{ccc} \begin{array}{l} \text{измеряемая ФВ} \\ \text{вид сигнала} \\ x_i \downarrow \\ G \Rightarrow G_{xi} \Rightarrow \\ \text{длина волны,} \\ \text{частота, поло-} \\ \text{са частот и т.д.} \end{array} & \begin{array}{l} \text{нестабиль-} \\ \text{ность ИК} \\ \text{время преоб-} \\ \text{разования, с} \end{array} & \begin{array}{l} \text{основное преоб-} \\ \text{ра-} \\ \text{зование} \\ \text{полоса} \\ \text{частот} \end{array} = f_n(G_{xi}, S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l) + \Delta y'_n \begin{array}{l} \text{АЦП} \\ \text{разрядность} \\ \text{кода} \end{array} \Rightarrow N_{xi} \end{array} \right) \quad (7)$$

или, с учетом используемой аббревиатуры, – вид

$$G_{\lambda_0} \xRightarrow{am} G_{xi} \xRightarrow{\downarrow x_i} y'_{ni} \Big|_{\tau_{пр,с}}^{\Delta y'/c} = f_n(G_{xi}, S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l) + \Delta y'_n \Big|_{wfb}^{CD} \xRightarrow{16} N_{xi}, \quad (8)$$

где  $\lambda_0$  – длина волны потока оптического излучения постоянной (нормированной по значению)

мощности; *am* – английская аббревиатура от слов «amplitude modulation» (амплитудная модуляция); СД – аббревиатура слов «синхронное детектирование»; *nfb* – аббревиатура слов «narrow frequency band» (узкая полоса частот);

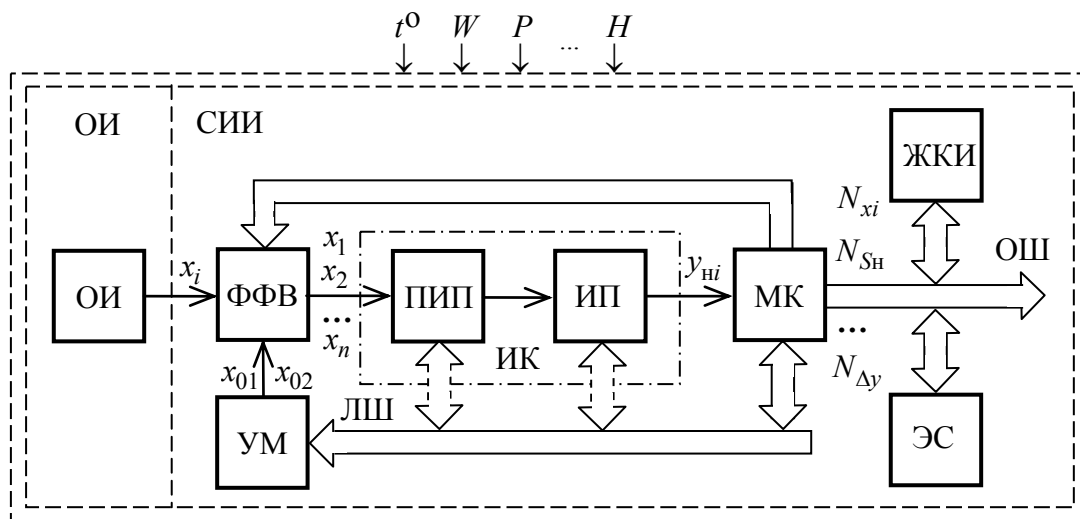


Рис. 1. Измерительная (техническая) система «ОИ – СИИ»

$$y'_{ni} = f_n(G_{xi}, S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l) + \Delta y'_n \quad (9)$$

- НФП ИК с приписываемой ОИ ММ.

Приведенные информативно-избыточные модели более наглядны и информативны, чем обычные. Они учитывают вид модуляции, параметры ИК, всю последовательность процессов линейного и нелинейного измерительного преобразования свойств, а также процесса аналого-цифрового преобразования.

Согласно (2) и (8), свойства и состояние измерительной системы «ОИ – СИИ» определяются искомой ФВ  $x_i$  и параметрами НФП ИК. В общем случае их значения неизвестны. Для определения значений искомой ФВ  $x_i$  и параметров НФП ИК, а также их изменений во времени в результате воздействий внешних дестабилизирующих факторов необходимо использовать не одно уравнение величин, а систему когерентных<sup>3</sup> нелинейных уравнений величин, описывающую состояние системы и сам процесс ИИ ФВ  $x_i$ . Предложенная стратегия измерений как раз и предлагает новые пути и методы составления и решения систем когерентных нелинейных уравнений величин с целью определения всех неизвестных параметров данной системы и искомого свойства.

*Утверждение 1*

Все внешние воздействия на систему «ОИ – СИИ» отражаются в виде изменений параметров НФП ИК данной системы и обуславливают неопределенность состояния данной системы.

Данное утверждение хорошо иллюстрируется аналитическими выражениями (4), (5), (6), (8).

*Утверждение 2*

Все физические системы не сразу обрабатывают приложенные к ним воздействия, в том числе и воздействия внешних дестабилизирующих факторов. Реакция данных систем зависит от их предыдущего состояния.

Данное явление получило название гистерезисного [15]. Оно объясняется наличием нелинейных функциональных блоков и элементов в системе, а также чувствительностью тонкой структуры веществ и материалов (на макро и микро уровне) к воздействию постоянных и переменных полей разной физической природы, прежде всего, тепловых. Гистерезисное явление описывается как нелинейными, так и линейными функциями связи величин и параметров (коэффициентов влияния  $S_{n1}^{t^0}, S_{l1}^{t^0}, S_{n1}^W, S_{l1}^W, S_{n1}^P, S_{l1}^P, \dots, S_{n1}^H, S_{l1}^H, 1S_{cm}^H$ ).

Полагая, что смещение  $\Delta y'_n$  НФП ИК – это следствие гистерезисного явления, уравнение величин (2) можно записать в виде (при линейной зависимости величин и параметров)

$$x_i \xrightarrow[wm]{tm} y'_{ni} \Big|_{\tau_{np}, c}^{\Delta y'/c} = f_n(x_i, S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l) + 1S_{cm} \Delta x_{cm} \Big|_{wfb}^{yc} \xrightarrow{16} N_{xi} \text{ АЦП} \quad (10)$$

или

<sup>3</sup> взаимосвязанных между собой (см. словарь русского языка С.И. Ожегова)

$$x_i \xrightarrow{tm} y'_{ni} \Big|_{\tau_{np,c}}^{\Delta y/c} = f_n(x_i, S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l, {}^1S_{cm}, \Delta x_{cm}) \Big|_{wfb}^{Uc} \xrightarrow{A\Pi} N_{xi}, \quad (11)$$

где  ${}^1S_{cm}$  – единичная по значению чувствительность ИК (рис. 1) системы «ОИ – СИИ» к состоянию, предшествующему внутренним и внешним воздействиям;  $\Delta x_{cm}$  – смещение (предыстория состояния системы «ОИ – СИИ»), приведенное к выходу ИК;  $Uc$  – аббревиатура слова «усиление».

$$S'_{cm} = S_{cm}(\gamma_c^0 \pm \gamma_c) = S_{cm} \left( \gamma_c^0 \pm \gamma_c(t^0, S_n^0, S'_l, \Delta y_n^0, W, S_n^W, S'_l, \Delta y_n^W, P, S_n^P, S'_l, \Delta y_n^P, \dots) \right). \quad (12)$$

Типовая ММ ИК описывается уравнением величин (3) или (9). Промежуточное положение между ММ ИК (2) и (3) занимают *неполные (усеченные) информативно-избыточные ММ*, например,

$$y'_{ni} \Big|_{\tau_{np1,c}}^{\Delta y1/c} = f_{n1}(x_i, S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l) + \Delta y'_n \Big|_{16}^{A\Pi} N_{xi}, \quad (13)$$

$$y'_{ni} \Big|_{\tau_{np2,c}}^{\Delta y2/c} = f_{n2}(G_{xi}, S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l) + \Delta y'_n \Big|_{24}^{CI} N_{xi} \quad (14)$$

или

$$G_{\lambda_0} \xrightarrow{am} G_{xi} \xrightarrow{x_i} y'_{ni} \Big|_{\tau_{np,c}}^{\Delta y/c} = f_n(G_{xi}, S'_{n1}, S'_{n2}, S'_l) + \Delta y'_n \Big|_{nfb}^{CD}. \quad (15)$$

## 2. Теория избыточных измерений, законы и явления

### Определение 1 (с позиции системного подхода)

ТИИ – это система законов, принципов, методологий, математических моделей, методов, условий и ограничений, характеризующая новую стратегию определения неопределенности свойств и состояний исследуемой физической системы «ОИ – СИИ», описываемой нелинейной и нестабильной функцией преобразования (состояния), и предсказывающая возможные состояния системы во времени и в пространстве<sup>4</sup>.

### Определение 2 (с метрологической точки зрения)

ТИИ – это система законов, принципов, методологий, математических моделей, методов, положений и условий, характеризующая новую стратегию измерения величин той или иной физической природы при нелинейной, стабильной или нестабильной, ФП ИК типа «серый ящик»<sup>5</sup>, предлагающая новые пути линейного и нелинейного измерительного преобразования этих величин и предсказывающая достижимые результаты по быстрдействию, неопределенности измерений и состояния, а также по прогнозированию значений параметров метрологической надежности (МН) измерительной системы «ОИ – СИИ» [2-7].

### Определение 3 (ТИИ как система знаний)

ТИИ – это система структурированных научных знаний о новой стратегии измерений, объединенных общенаучной методологией системного подхода и информативной избыточности, опирающаяся на определенную совокупность явлений, законов, методов, методологий и научных принципов и т.д., обеспечивающая извлечение новых знаний из результатов ИИ.

ТИИ, как и любая иная теория, имеет свой *предмет исследования*, который выражает ее содержание и отвечает на вопрос: что изучает данная теория.

*Предметом исследований ТИИ* является познание собственных законов строения, функционирования и развития, новая стратегия необходимых и достаточных измерений независимых и зависимых свойств, зависимостей свойств, приращений свойств и характеристик, в том числе метрологических и надежностных, физической системы «ОИ – СИИ» с неизвестными, в общем случае, нелинейными и нестабильными параметрами, направленная на получение нового качества измерений и новых знаний о состоянии системы «ОИ – СИИ», а также на развитие и становление метрологии и ее эталонной базы, современной сенсорики и метроники<sup>6</sup>.

Как было показано в [16], сердцевину научной теории составляют входящие в нее законы. Категории образуют каркас метрологии, как науки. Научные принципы – основные, исходные положения или фундамент теории в целом или ее составных частей. Законы являются гарантами устойчивости, гармоничности и развития науки.

Без явлений, описываемых той или иной закономерностью, невозможно установление законов строения, функционирования и развития ТИИ.

<sup>4</sup> т.е. в разных местах расположения и эксплуатации СИ

<sup>5</sup> с известным видом НФП, но неизвестными значениями параметров

<sup>6</sup> Определения сенсорики и метроники приведены в работе [21, 22]

*Утверждение 1*

В ТИИ открыты явления приведения качественной и количественной неопределенности искомого свойства к начальному или функционально измененному состоянию с некоторой потерей информации.

Эти явления описывают качественную и количественную неопределенность искомого свойства, степень истинности которого определяется степенью истинности свойства, воспроизводимого мерой, эталоном или стандартным образцом.

*Утверждение 2*

Явление обнаружения качественной и количественной неопределенности истинного свойства проявляется в результате инвариантного, закономерного и нормированного симметричного (или квазисимметричного) изменения состояния физической системы «ОИ – СИИ» путем воздействия на нее ряда закономерно связанных между собой искомого свойства и свойства, воспроизводимого мерой, причем в закономерно установленных количественных соотношениях.

*Определение 1 (общее понятие явления)*

Явление – философская категория, отражающая внешние свойства и отношения предмета; форма обнаружения (выражения) сущности предмета [18].

*Определение 2*

Явление – это способ обнаружения (выражения) сущности через свойства и отношения, доступные чувствам [19] или в форме отдельных признаков, свойств, особенностей [20].

*Определение 3 (явление свойства)*

Явление свойства подобного истинному – это способ обнаружения качественной и количественной неопределенности искомого свойства через неопределенность свойств и отношений измерительной системы «ОИ – СИИ», описываемой системой когерентных линейных или нелинейных уравнений величин (уравнений состояний) и подвергшейся инвариантным, закономерным и нормированным симметричным (или квазисимметричным) изменениям ее состояния с последующей интерпретацией полученных данных в виде уравнений избыточных измерений, т.е. в виде закономерно структурированных знаний.

*Определение 4 (явление функционально преобразованного свойства)*

Явление функционально преобразованного свойства – это способ обнаружения качественной и количественной неопределенности функционально преобразованного искомого свойства через свойства и отношения измерительной системы «ОИ – СИИ», описываемой системой когерентных нелинейных уравнений величин (уравнений состояний), подвергшейся инвариантным, закономерным и нормированным симметричным (или квазисимметричным) изменениям ее состояния с последующей интерпретацией полученных данных в виде уравнений избыточных измерений, т.е. в виде закономерно структурированных знаний.

*Законы ТИИ*

Законы являются гарантами устойчивости, гармоничности и развития науки.

*Определение 1*

Закон – это существенный, устойчивый, регулярный и необходимый тип связи между явлениями, взятый в своей обобщенной форме и скорректированный относительно типологически классифицированных условий своего проявления [17].

*Закон неопределенности искомого свойства*

*Определение 1*

Качественная и количественная неопределенность искомого свойств проявляется (обнаруживается) через качественную и количественную неопределенность нормированного свойства, воспроизводимого мерой, внешние свойства и состояния измерительной системы «ОИ – СИИ», объединенные закономерной устойчивой связью.

Возможны и другие определения закона неопределенности искомого свойства, например, через понятие «явление»:

*Определение 2*

Качественная и количественная неопределенность искомого свойств – это явление свойства, подобного истинному по результатам закономерных, инвариантных и нормированных изменений внешних свойств и состояний измерительной системы «ОИ – СИИ» с учетом количественной неопределенности свойств, воспроизводимых мерой.

*Определение 3*

Качественная и количественная неопределенность искомого свойства определяется через качественную и количественную неопределенность одного или двух нормированных свойств, воспроизводимых мерой, закономерно связанных с внешними свойствами и отношениями измерительной системы «ОИ – СИИ», состояние которой изменяется во времени и в пространстве в результате инвариантных нормированных воздействий на вход системы конечной совокупности внешних свойств, представляющих закономерно связанные между собой искомое и нормированные свойства в определенных количественных соотношениях.

**3. Система целей**

ТИИ присуща не одна конечная цель, а система стратегических целей [23]:

- 1) обеспечение правильности измерений, т.е. близости к нулю значений систематических погрешностей результата ИИ;
- 2) получение приведенного к входу ИК результата измерений с погрешностью того же порядка, что и погрешность воспроизведения нормированной по значению ФВ мерой, эталоном или стандартным образцом;
- 3) получение независимых от действия дестабилизирующих факторов правильных результатов измерений как для ОИ, которым не приписывается математическая модель, так и для ОИ с приписываемой математической моделью, т.е. с уменьшенной или даже исключенной дополнительной погрешностью;
- 4) обеспечение повторяемости (сходимости) результатов ИИ, выполненных повторно, в одних и тех же условиях эксплуатации и с одинаковой тщательностью с помощью СИ, реализующих один и тот же метод ИИ;
- 5) обеспечение воспроизведения результатов ИИ одной и той же ФВ, полученных в разных местах, в разное время и разными операторами с помощью СИИ, реализующих разные методы ИИ, но приведенных к одним и тем же условиям измерений (температуре, давлению, влажности и др.);
- 6) достижение высокоточных результатов ИИ при относительно низкой долговременной нестабильности параметров НП ИК СИИ (за априори установленный интервал времени – час, месяц, год и др.);
- 7) обеспечение быстрого действия (оперативности) ИИ свойств и параметров системы «ОИ – СИИ» приближенного к быстрому действию методов прямых измерений;
- 8) разработка методов обработки метрологических чисел для задач ИИ и методик работы с метрологическими функциями<sup>7</sup>;
- 9) получение новых структурированных систем знаний о текущем состоянии измерительной системы «ОИ – СИИ»;
- 10) становление и развитие метрологии, как науки о теоретических и практических аспектах прогнозирования, определения параметров и обеспечения метрологической надежности (МН) и сверхнадежности средств измерений разного класса точности [21, 22, 24-28];
- 11) создание новых законов и научных принципов конструирования и построения интеллектуальных СИИ, НИП, ИИС;
- 12) создание базовых структур интеллектуальных СИИ, НИП и ИИС;
- 13) становление и развитие сенсорики на основе новой общенаучной методологии системного подхода, идеологии избыточных измерений и современных законов и научных принципов конструирования и построения информативно-избыточных сенсоров и биосенсоров с управляемыми и неуправляемыми параметрами;
- 14) создание базовых структур информативно-избыточных сенсоров и биосенсоров;
- 15) разработка принципов построения мер, эталонов и стандартных образцов веществ и материалов для ИИ неэлектрических величин.
- 16) разработка общих подходов и принципов системного и прикладного программно-алгоритмического обеспечения (ПАО) СИИ и методов тестирования.

#### **4. Фундаментальность физической теории избыточных измерений**

Метрология является одной из наук физического цикла [29]. Само понятие “метрология” издревле связано с мерами ФВ и эталонами [30, 31].

##### *Утверждение 1*

ТИИ является физической теорией, поскольку является одной из ветвей метрологии, как науки об измерениях, представляет, изучает и развивает новую стратегию измерений независимых и зависимых свойств, приращений свойств, зависимостей свойств и характеристик [23], в том числе метрологических и надёжных.

##### *Утверждение 2 (о фундаментальности ТИИ)*

ТИИ является фундаментальной теорией, поскольку ей присущи те же общие признаки (выделенные в [32]), которые присущи и фундаментальным физическим теориям: общность структуры и составляющих ее структурных элементов, использование понятий (категорий) «физическая величина», «состояние физической системы» и «неопределенность измерений», неизменная оценка состояния системы посредством вероятностных характеристик.

##### *Признаки фундаментальности теории*

На современном этапе развития науки XXI-го века признаками фундаментальности ТИИ, по нашему мнению, следует считать следующие:

- 1) использование общенаучной методологии системного подхода при создании любой теории;
- 2) следование основным требованиям философии (науки всех наук) к теориям в части формулирования и использования основных (фундаментальных) структурных элементов теории, – законов, явлений, категорий, принципов, методов, методологий, научных положений, основных правил, руководящих идей, парадигм, точек зрения и т.д., отличающих данную теорию от других;

<sup>7</sup> метрологические функции – функции, записанные с указанием доверительных границ полосы неопределенности

- 3) глубокая проработка теории, использование структурных элементов общих со структурными элементами фундаментальных физических теорий;
- 4) наличие не одной, а совокупности стратегических целей (системы целей);
- 5) открытие новых законов, установление новых закономерностей и связей между процессами и явлениями, выражающими сущность данной теории;
- 6) получение системного эффекта и нового качества конечного продукта;
- 7) возможность структурирования знаний, получаемых в рамках данной теории;
- 8) преемственность получаемых знаний, их использование, обогащение и обновление;
- 9) получение достоверных результатов исследований состояний и метрологической надежности статических или динамических систем, характеризующихся качественной определенностью при некоторой количественной неопределенности;
- 10) наличие математического аппарата, отражающего основные закономерности явления или явлений и описывающего состояния физических или технических систем системой ММ.
- 11) наличие и развитие новых прикладных направлений исследований в рамках создаваемой теории;
- 12) новые принципы и подходы к созданию интеллектуальных технических средств, например, СИИ, НИП, ИИС, информативно-избыточных сенсоров и биосенсоров и т.д.

Перечисленным признакам отвечает ТИИ. Более основательному доказательству фундаментальности ТИИ будет посвящена отдельная статья.

### **5. Структура ТИИ и ее особенности**

Ниже, на рис. 2, приведена базовая структура ТИИ и ее составных частей. Как видно из приведенной классификации, составными частями структуры ТИИ являются: философские аспекты ТИИ; первоосновы и начала теории; основы и основные положения теории (мини-теории, методологии, учения и другие методы познания); системы математических моделей ИИ; методы избыточных измерений и преобразований свойств; методологии создания, принципы построения и базовые технические решения СИИ, НИП и информативно-избыточных сенсоров и биосенсоров; теория системной метрологической (супер)надежности; теория программно-алгоритмического обеспечения (ПАО) избыточных измерений и теория системной метрологической надежности ПАО СИИ, НИП и ИИС, в том числе и интеллектуальных. В рамках настоящей статьи структура ТИИ детально не рассматривается, поскольку многие обобщенные элементы структуры представлены на рис. 2 в их связях и соотношениях между собой.

#### **5.1. Философские аспекты ТИИ**

Философские основы ТИИ и аспекты, описывающие ее сущность, как системы философских понятий и утверждений, детально описаны в [16]. Показано, что созданная система знаний о ТИИ соответствует основному понятию философии о теории, как системы научных принципов познания явлений, опыта, закономерностей.

Сердцевину ТИИ, как новой стратегической ветви теории измерений, составляют входящие в нее общие и частные законы, законы строения, функционирования и развития, каркасом служат категории, а фундаментом являются научные принципы, описанные, в частности, в [3, 16, 23].

Как видно из приведенной структуры, ТИИ построена на качественном фундаменте, который представляют десять научных принципов [3, 23]. Это классика. Без научных принципов невозможно создать какую-либо теорию.

В текстах, приведенных на рис. 2, используются следующие сокращения: ММ – математические модели, АЛ- – алгоритмический (ие), ФАЛ- – функционально-алгоритмический (ие), ИИС – информационно-измерительная система, СПАО – системное ПАО, катег. – категории, св-в – свойств, исп. – использование (м), искл. – исключение и др.

#### **5.2. Первоосновы и начала теории избыточных измерений**

ТИИ не отвергает достижения, полученные предыдущими поколениями ученых и исследователей. Поэтому над фундаментом возвышается так называемый „цокольный этаж” здания теории, – первоосновы и начала ТИИ.

Только благодаря изучению первооснов и начал теории измерений, формализации и классификации полученных знаний, стало возможным их структурирование и использование при создании первооснов ТИИ.

*Первоосновы ТИИ* составляют: основы теории измерений, основы теории погрешностей, основы теории функциональной и метрологической надежности, существующие пути и методы повышения точности измерений, методы несистемной линеаризации НФП ИК, методы повышения быстродействия, учение о преобразовании системы координат, базовые структуры сенсоров, биосенсоров, ИП и цифровых измерительных приборов (ЦИП), учение о физических величинах и т.д. (рис. 2).

*К началам ТИИ* можно отнести учение об информативной избыточности и методах ее получения, учение о физических системах, процессах и их свойствах, учение о типах связей между структурными элементами системы, учение о свойствах ММ физической системы «ОИ – СИИ» (или о свойствах НФП), учение о наилучшем приближении ФП, учение о преобразовании системы координат и т.д.



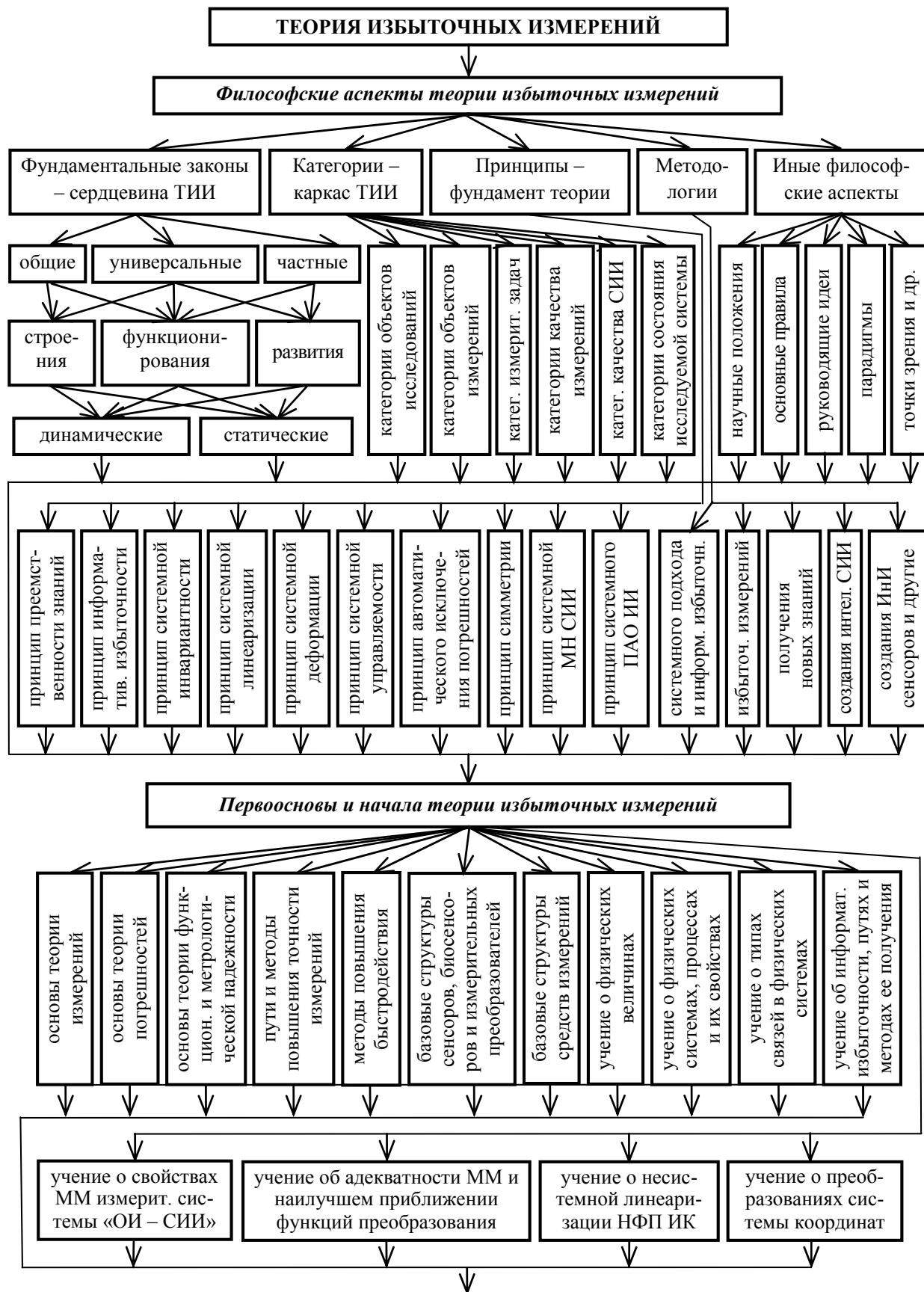
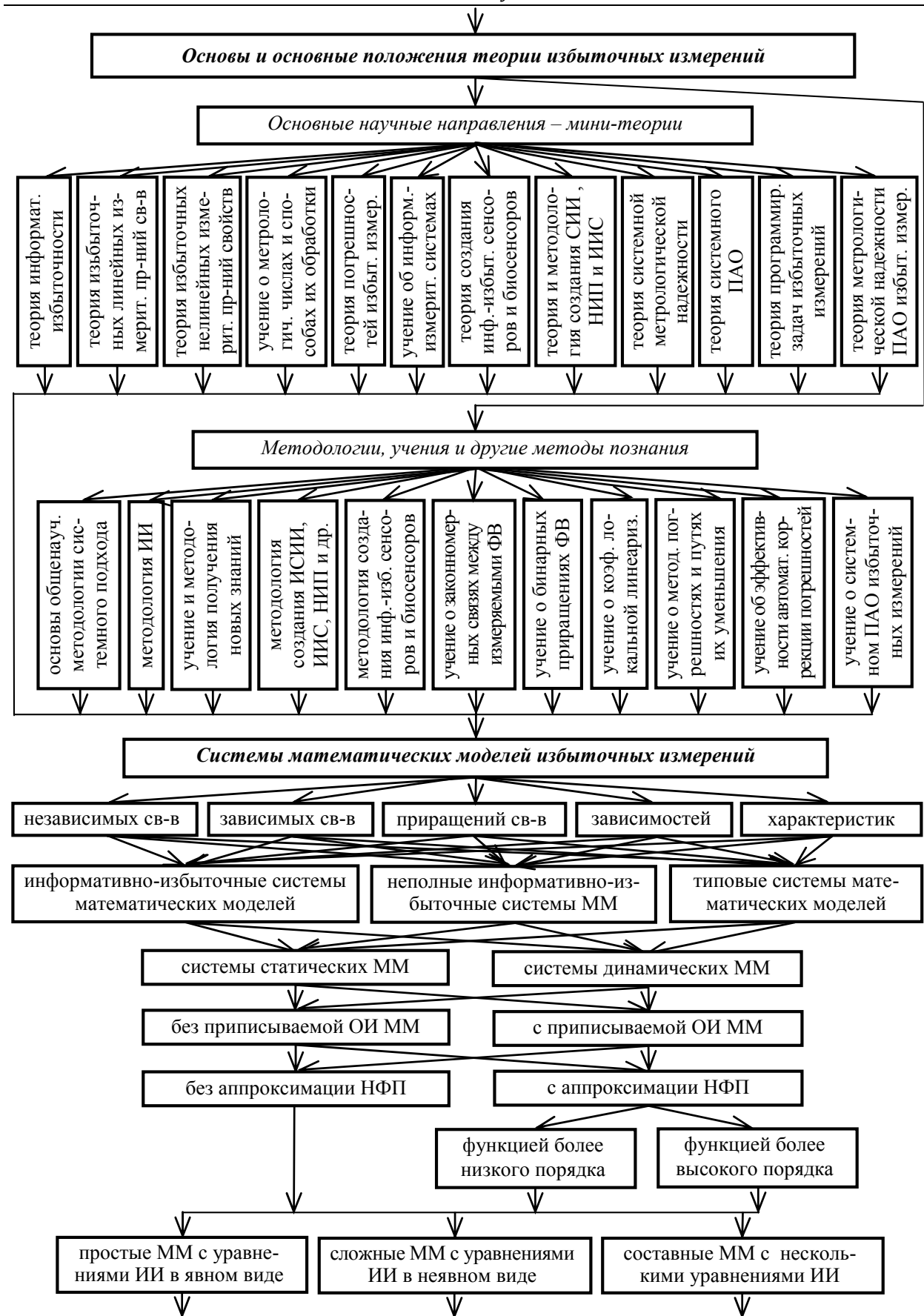
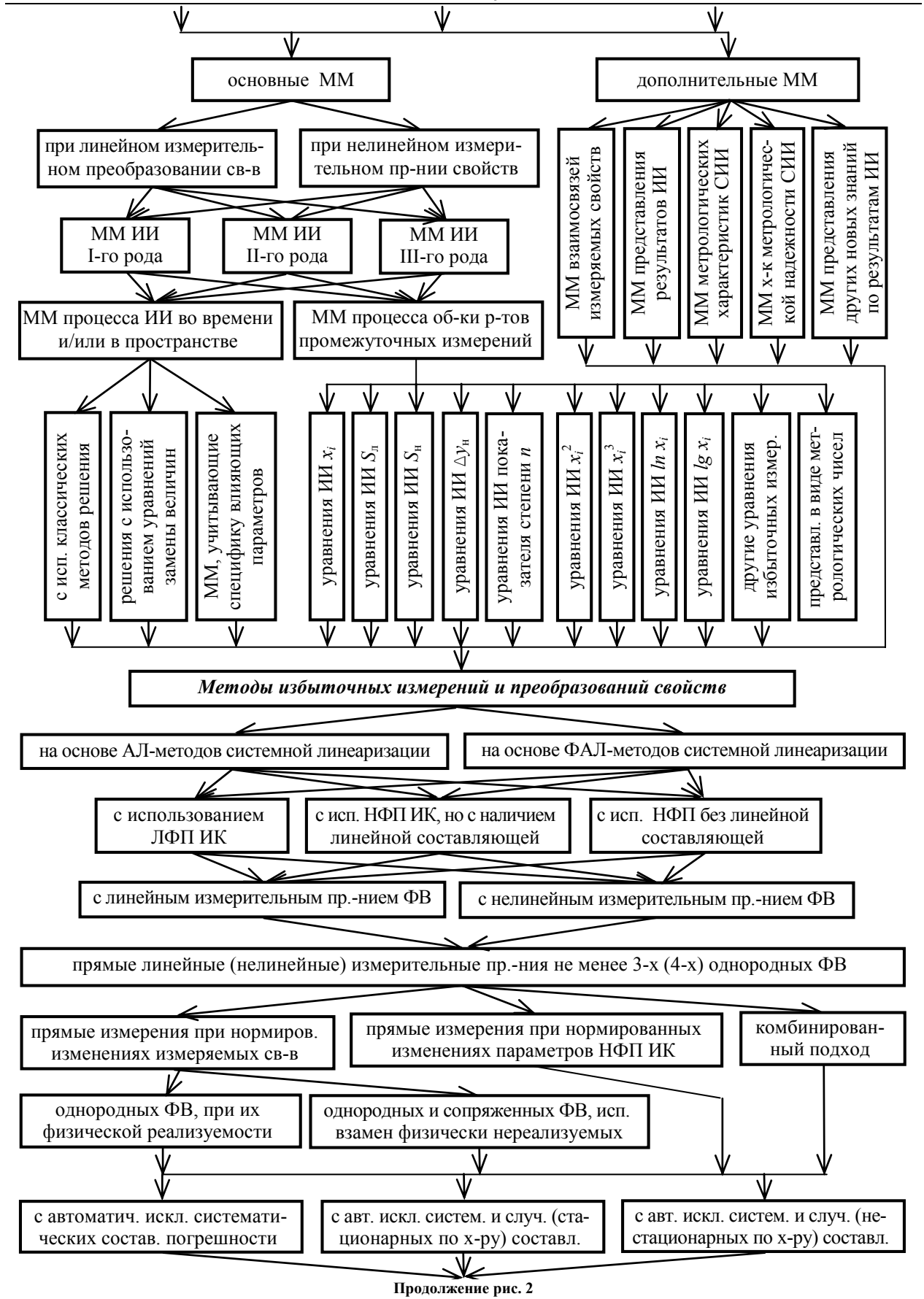
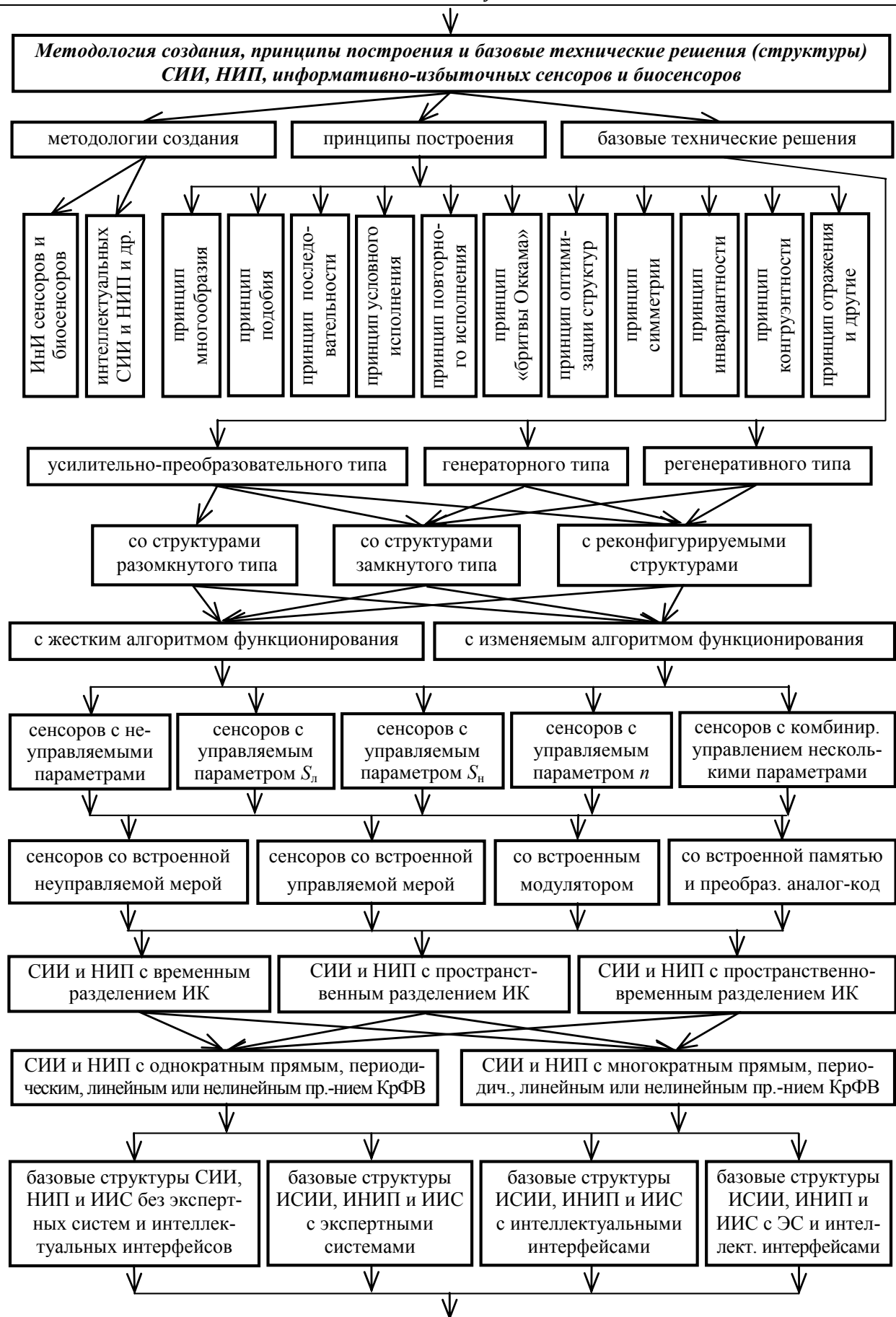


Рис. 2. Структура фундаментальной теории избыточных измерений

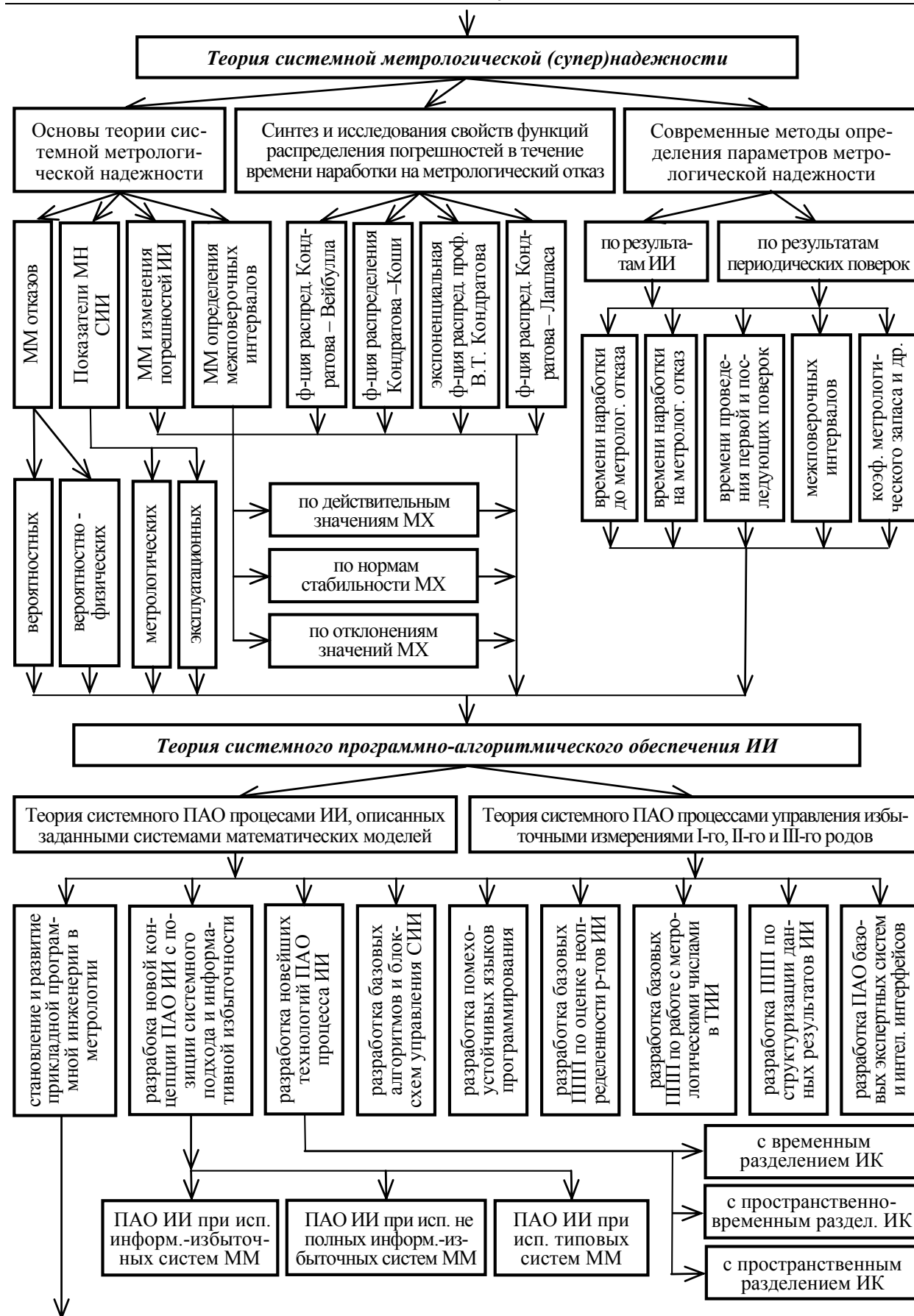


Продолжение рис. 2

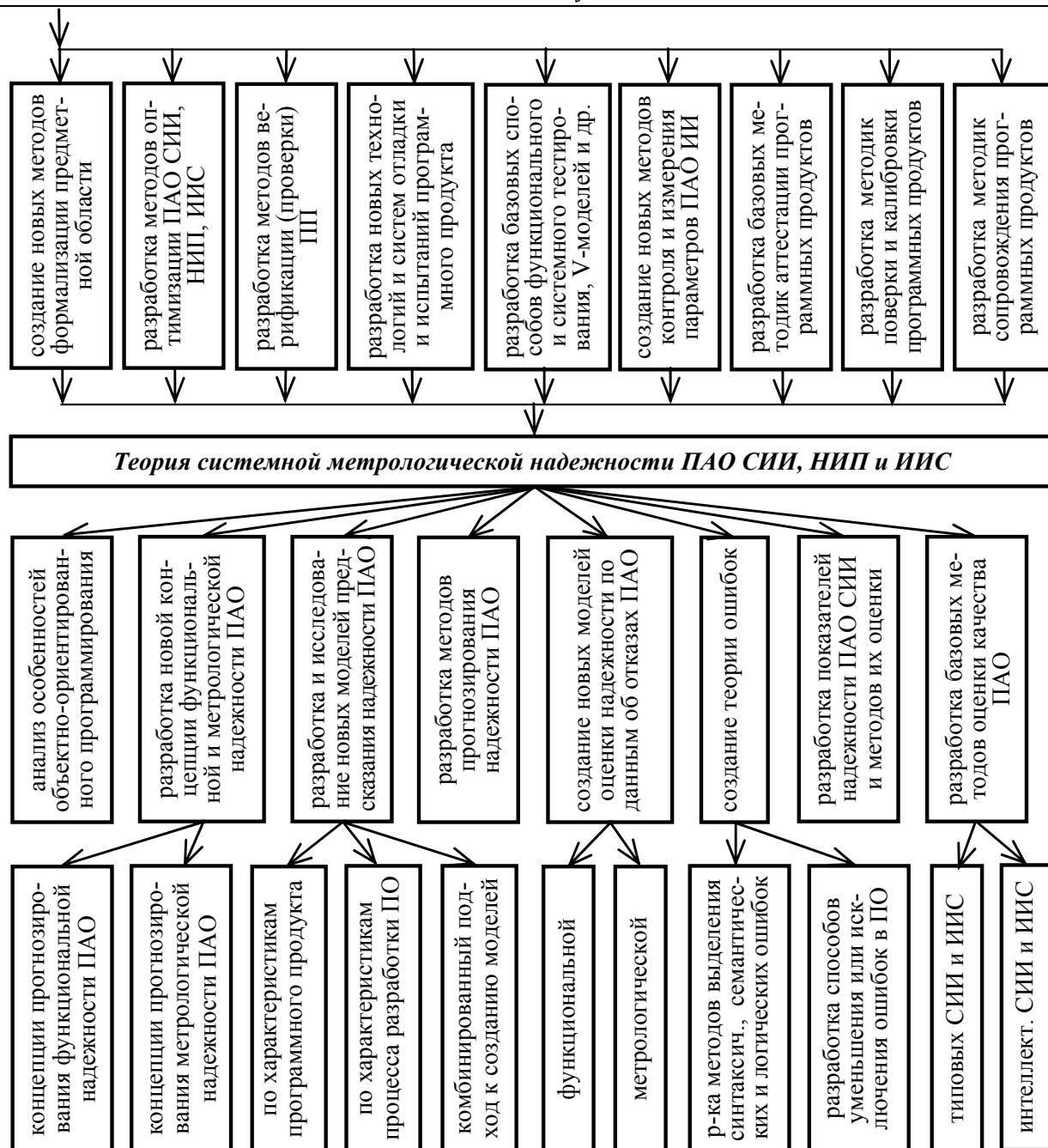




Продолжение рис. 2



Продолжение рис. 2



Окончание рис. 2

### 5.3. Основы и основные положения теории избыточных измерений

Основы и основные положения ТИИ (см. рис. 2) – это также результаты теоретических исследований автора. Наряду с информативной избыточностью была осмыслена общенаучная методология системного подхода и показана возможность ее приложении к решению измерительных задач к созданию информативно-избыточных сенсоров и биосенсоров, новых методов и средств ИИ.

Нами создано ряд мини-теорий и учений о системной линеаризации и деформации общей функции пре-образования (ОФП), о бинарных приращениях и коэффициентах локальной линеаризации, о методических погрешностях и эффективности автоматического исключения погрешностей, о системной метрологической надежности СИИ и НИП и т.д. и т.п.

В ТИИ выделены и развиваются следующие основные ее направления или „мини-теории”, которые более широко изложены в [23]:

- 1) теория информативной избыточности;
- 2) теория избыточных линейных измерительных преобразований независимых и зависимых свойств, зависимостей свойств, приращений свойств и характеристик;
- 3) теория избыточных нелинейных измерительных преобразований ФВ;
- 4) учение о метрологических функциях, о числах, полученных по результатам достоверных промежуточных измерений и способах их обработки с целью получения высокоточных результатов ИИ;
- 5) теория погрешностей СИИ и нелинейных измерительных преобразователей (НИП);

- 6) учение о статических и динамических измерительных системах и их свойствах;
- 7) теория создания и проектирования информативно-избыточных сенсоров и биосенсоров с неуправляемыми и управляемыми параметрами (– новая ветвь науки сенсорики);
- 8) теория и методология создания и проектирования микропроцессорных, в том числе и интеллектуальных, СИИ, НИП и ИИС;
- 9) теория системной метрологической надежности цифровых СИИ, НИП и ИИС (– новая ветвь метроники);
- 10) теория системного программно-алгоритмического обеспечения (ПАО) процессов управления и обработки результатов ИИ ФВ и параметров;
- 11) теория программирования задач ИИ;
- 12) теория метрологической надежности ПАО ИИ.

К основам ТИИ относятся также методологии, учения и другие методы познания (рис. 2): основы методологии системного подхода, методология ИИ, учение и методология получения новых знаний, методология создания интеллектуальных СИИ, НИП, ИИС, методология создания информативно-избыточных сенсоров и биосенсоров, учение о закономерных связях между измеряемыми ФВ (искомой и дополнительными), учение о бинарных приращениях, учение о коэффициенте локальной линеаризации, учение о метрологических погрешностях и путях их уменьшения, учение об эффективности автоматического исключения погрешностей, учение о системном ПАО ИИ и т.д.

Дальнейшее описание особенностей и обобщенной структуры фундаментальной теории избыточных измерений структуры будет представлено в Сообщении 2.

### Выводы

Значимость разработанной ТИИ состоит в следующем.

В Украине впервые в мире создана фундаментальная ТИИ ФВ при нелинейной и нестабильной ФП сенсора или ИК в целом и доказана возможность получения системного эффекта повышения точности измерений. Разработанная теория является весьма актуальной и для развития сенсорики и метроники, – в части создания нового поколения информативно-избыточных сенсоров, виртуальных и реальных прецизионных и/или интеллектуальных ЦИП, НИП и ИИС, обладающие супернадельностью<sup>8\*</sup>.

Теория и методы ИИ содействует дальнейшему подъему и развитию научно-технической базы производства высокочувствительных сенсоров и биосенсоров, особенно с управляемыми параметрами; уменьшению затрат на их производство и разбраковку, т.е. на увеличение прибыли; обеспечивает уменьшение затрат на создание, градуировку и настройку СИИ, НИП и ИИС; обеспечивает существенное уменьшение брака при производстве сенсоров и СИ с заданными характеристиками и т.д. и т.п.

Создание и внедрение в оборонную промышленность информативно-избыточных сенсоров, СИИ, НИП и ИИС и измерительных комплексов, реализующих МИИ, обеспечит повышение их тактико-технических, метрологичес-ких и надежностных характеристик, получение высокоточных оценок параметров и характеристик метрологической надежности комплексов и систем специального назначения и т.д.

ТИИ – это новый мощный толчок к дальнейшему развитию наукоемкой отрасли народного хозяйства – научного и технологического приборостроения, датчиковой (сенсорной) аппаратуры, функциональных прямых и обратных ИП, к созданию стандартных образцов свойств и состава веществ и материалов, эталонов и мер величин разной физической природы и т.д.

Разработанная ТИИ имеет мировое и стратегическое значение в развитии метрологии и измерительной техники всех стран мира в XXI веке.

### Литература

1. Кондратов В.Т. Стратегічна теорія XXI століття // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. – № 2. – С. 11-16.
2. Сергеев А.Г. Метрология и метрологическое обеспечение: учебник. – М.: Высшее образование, 2008. – 575 с. – (Основы наук).
3. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2005. – № 1. – С. 7-24.
4. Кондратов В.Т. Основы теории автоматической коррекции систематических погрешностей измерения физических величин при нестабильной и нелинейной функции преобразования датчика”: Дис.... д.т.н. – К., 2001. Т. 1. – 501 с.
5. Кондратов В.Т. Основы теории автоматической коррекции систематических погрешностей измерения физических величин при нестабильной и нелинейной функции преобразования датчика”: Дис.... д.т.н. – К., 2001. Т. 2. – 791 с.
6. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений // Сб. докладов межд. науч. – техн. конф. „Метрологическое обеспечение измерительных систем”. – Пенза, 2005. – С. 191-210.
7. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений // Комп’ютерні засоби, мережі та системи. Зб.

<sup>8</sup> с м. работы [21-28] и следите за статьями

- наук. праць / НАН України. Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова, Наук. рада НАН України з проб. „Кібернетика, Редкол.: Романов В.О. (відп. ред.) та ін. – К., 2006. – С. 23-33.
8. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений – стратегическая теория XXI века // Вісник Черкаського державного технологічного університету. 2007. – Спецвипуск. Науково-технічний журнал. Черкаси: ЧДТУ, 2007. – С. 120-122.
9. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений – теория мирового значения // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – № 1. – С. 20-29.
10. Кондратов В.Т. Теория избыточных измерений и ее структура / Научные труды X-й Юбилейной Международной научно-технической конференции „Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики” // Приборостроение. – М.: МГУ ПИ, 2007. – С. 143-150.
11. Блауберг И.В., Юдин Б.Г. Системный подход как современное общенаучное направление // Диалектика и системный анализ. – М.: Наука, 1986. – С. 136-144.
12. Кондратов В.Т. Избыточность: основные понятия и классификация // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – № 1, 1997. – С. 18-22.
13. Кондратов В.Т. Погрешности результатов измерений: источники, термины и определения // Метрологическое обеспечение измерительных систем // Сборник докладов IV-й международной научно-технической конференции. Под ред. А.А.Данилова. – Пенза, 2007. – С. 13-29.
14. Кондратов В.Т. Современные представления о погрешностях прямых измерений их источниках // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2007. – № 1. – С. 12-21.
15. Словари и энциклопедии на Академике: гистерезисные явления // <http://dic.academic.ru/dic.nsf/tuwiki/97759>.
16. Кондратов В.Т. Философские аспекты теории избыточных измерений // Фундаментальные и прикладные вопросы метрологии. – 2009. – № 2. – С. 21-44.
17. Спиркин А.Г. Основы философии: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Политиздат, 1988. – 592 с.
18. Словари: Явление // <http://qiclass.ru/slovari.html>.
19. Реферат: Законы и категории материалистической диалектики // <http://www.bestreferat.ru/referat-7392.html>.
20. Осичнюк Е.В. Философия: Проблема общей структуры и состояния, в котором находится мир // <http://liber.org.ua/book/111/3077.html>.
21. Кондратов В.Т. Функции распределения погрешностей в течение времени наработки на метрологический отказ и их свойства // Сборник докладов V-й международной научно-технической конференции. Под ред. А.А.Данилова. – Пенза, 2008. – С. 10-22.
22. Кондратов В.Т. Теория метрологической надежности: функция распределения Кондратова – Вейбулла и ее основные разновидности // Научные труды XI-й Международной научно-технической конференции „Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики” // Приборостроение. – М.: МГУ ПИ, 2008. – С. 124-131.
23. Кондратов В.Т. Новая стратегия измерений // Законодательная и прикладная метрология. – 2008. – № 2. – С. 35-41.
24. Кондратов В.Т. Теория метрологической надежности: функция распределения Кондратова–Вейбулла // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2008. – № 3. – С. 101-113.
25. Кондратов В.Т. Функция распределения Кондратова–Коши и ее свойства // Научные труды XI-й Международной научно-технической конференции „Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики” // Приборостроение. – М.: МГУ ПИ, 2008. – С. 145-154.
26. Кондратов В.Т. Расширение функциональные возможностей функции распределения Кондратова–Коши // Научные труды XI-й Международной научно-технической конференции „Фундаментальные и прикладные проблемы приборостроения, информатики и экономики” // Приборостроение. – М.: МГУ ПИ, 2008. – С. 154-160.
27. Кондратов В.Т. Теория метрологической надежности: экспоненциальная функция распределения В.Т. Кондратова и функция распределения Кондратова – Лапласа // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2008. – № 6. – С. 43-55.
28. Кондратов В.Т. Свойства и функциональные возможности экспоненциальных функций распределения нормируемых погрешностей в течение времени наработки на метрологический отказ // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – № 1. – С. 57-65.
29. Рудзит Я.А., Плуталов В.Н. Основы метрологии, точность и надежность в приборостроении. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с.
30. Маликов В.Ф. Основы метрологии. – М.: Коммерприбор, 1949. – 479 с.
31. ГОСТ 16263-70 ГСИ. Метрология. Термины и определения. – М.: Изд-во Стандартов, 1989. – 54 с.
32. Мякишев Г.Я. Общая структура фундаментальных физических теорий и понятие состояния // Физическая теория. – М.: Наука, 1980. – С. 420-436.

Надійшла 3.2.2009 р.