

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ: ТЕОРИЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА УРАВНЕНИЙ ИЗБЫТОЧНЫХ И СВЕРХИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СООБЩЕНИЕ 1

В работе описана теория структурного анализа уравнений (сверх)избыточных измерений. Введены новые понятия, термины и определения, присущие новому научному направлению в фундаментальной метрологии. Показана возможность модификации структур уравнений (сверх)избыточных измерений для решения задач повышения точности вычислительной обработки данных и, в конечном счете, для повышения точности конечного результата избыточных измерений.

В Сообщении 1 описаны законы, научные принципы и категории, на которые опирается данная теория. Часть законов и принципов позаимствовано из общенаучной методологии системного анализа.

Работа представляет интерес для ученых-метрологов, специалистов, магистров и аспирантов, изучающих методы избыточных и (сверх)избыточных измерений физических величин, пути и методы повышения точности машинной обработки данных.

Ключевые слова: объединения данных, декомпозиция, структурный анализ уравнений (сверх)избыточных измерений.

V.T. KONDRATOV

V.M.Glushkov Institute of cybernetics of National academy of Science of Ukraine

FUNDAMENTAL METROLOGY: THE THEORY OF THE STRUCTURAL ANALYSIS OF THE EQUATIONS OF REDUNDANT AND SUPER-REDUNDANT MEASUREMENTS

The message 1

Abstract — In the paper the theory of the structural analysis of the equations of (super)redundant measurements is described. Concepts, terms and the definitions inherent in a new scientific direction in fundamental metrology are entered new.

Possibility of updating of structures of the equations of redundant measurements for the decision of problems of increase of accuracy of computing data processing and, finally, for increase of accuracy of an end result of redundant measurements is shown.

In the Message 1 laws, scientific principles and categories against which the given theory leans are described. A part of laws and principles it is borrowed from general scientific methodology of the system analysis.

Work is of interest for scientists-metrologists, experts, masters and the post-graduate students studying methods of redundant and (super)redundant measurements of physical quantities, ways and methods of increase of accuracy by data processing car.

Keywords: associations of data, decomposition, the structural analysis of the equations of superfluous measurements/

Введение

Структурный анализ является разновидностью общенаучной методологии системного анализа. Он проводится с целью исследования статических характеристик системы путем выделения в ней подсистем и элементов различного уровня и определения отношений и связей между ними [1, 2].

Структурным анализом называется метод исследования системы, который начинается с ее общего обзора, а затем детализируется, приобретая иерархическую структуру со все большим числом уровней [3].

Структурный анализ опирается на комплекс общенаучных, экспериментальных, естественнонаучных, статистических и математических методов. Он предусматривает разбиение исследуемой структуры или системы на части с ограниченным числом структурных элементов и связей (чаще от 2-х до 8-и). При системных исследованиях важным моментом является не только разложение целого на части — структурное разбиение, но и формирование объединений частей или элементов структуры с сохранением базовых связей и последующим представлением целого посредством новых элементов и показателей видоизмененной структуры, т.е. использование не только операции декомпозиции, но и операций объединения, модификации и конституирования¹.

Структурный анализ уравнений (сверх)избыточных измерений (УСИИ) — новое научное направление в фундаментальной метрологии, направленное на развитие теории и методов избыточных и сверхизбыточных измерений в части повышения качества (точности, оперативности, достоверности и т.д.) вычислительной обработки данных и, как следствие, обеспечение высокого качества (сверх)избыточных измерений.

Его сущность заключается в выделении наиболее существенных аспектов структуры УСИИ, в представлении и решении проблемы обработки данных в простом общем виде [4].

Объектом исследований является процесс изучения статических характеристик исходной и модифицированной структур УСИИ, направленный на получение системы знаний о конституированном уравнении (сверх)избыточных измерений, об оптимальном алгоритме обработки данных во времени и в пространстве, а также о результатах оценки метрологических характеристик полученной структуры УСИИ или уравнения числовых значений (УЧЗ).

Предметом исследований является философские основы или аспекты теории структурного анализа УСИИ: законы и закономерности, научные принципы и категории, структуры УСИИ, а также пути и методы их декомпозиции, объединения и модификации, направленные на всестороннюю оценку возможностей теории и методов структурного анализа УСИИ по повышению качества вычислительной обработки

¹ Конституирование — придание законной силы чему-либо, узаконивание, установление, формирование

результатов измерительного преобразования рядов физических величин.

Целью работы является создание основ теории структурного анализа уравнений избыточных и сверхизбыточных измерений.

Результаты исследований

В фундаментальной метрологии *структурный анализ* — научный метод познания, представляющий собой систематизированную совокупность шагов и действий по декомпозиции и установлению (с целью укрупнения) структурных связей между сформированными объединениями физических величин, констант и коэффициентов исследуемой структуры УСИИ, нацеленный на повышение качества (точности, достоверности, оперативности и т.д.) вычислительной обработки метрологических и приближенных чисел по существующим и предложенным правилам действий с ними. Последнее достигается путем распараллеливания процесса и обработки данных объединений, полученных в виде метрологических и/или приближенных чисел в определенной последовательности во времени и в пространстве.

Структурный анализ УСИИ проводится с целью исследования статических характеристик до и после модификации его структуры, направленный на минимизацию погрешностей микропроцессорной обработки значений всех показателей модифицированной структуры УСИИ, количественной и качественной оценки степени уменьшения погрешности вычислительной и машинной обработки данных.

При этом основное внимание уделяется точности и оперативности вычислительной обработки числовых значений характеристик объединений преобразованных и нормированных по значению физических величин, констант и коэффициентов пропорциональности, входящих в состав модифицированного УСИИ или УЧЗ.

Поставленная цель достигается путем исследования статических характеристик структуры УСИИ, изучения, преобразования и представления структуры УСИИ через несколько объединений, минимизированных по числу элементов и по выполняемым математическим операциям, а также представление полученных структур в форме, удобной для дальнейшей машинной обработки числовых значений показателей модифицированной структуры УСИИ или соответствующего УЧЗ.

2. Философские аспекты теории структурного анализа уравнений (сверх)избыточных измерений

Термины и определения

Структурный анализ уравнения (сверх)избыточных измерений — совокупность методов исследований исходной и модифицированной структур УСИИ, направленных на решение задач минимизации погрешностей и повышения качества обработки данных полученных, в процессе (сверх)избыточных измерений, в виде метрологических и/или приближенных чисел.

В теории измерений *структурным анализом* называют совокупность методов исследования УСИИ с развитыми структурами, который начинается с общего структурирования элементов и связей, упорядочения и декомпозиции структуры, выделения объединений элементов и связей, модификации и конституирования новой, минимизированной по составу и значениям погрешностей структуры (видоизмененной, но не затрагивающей сущности уравнения избыточных измерений)¹ с использованием нормированных по значению физических величин, констант метода, переменных¹ констант метода, вариант² метода, размерных универсальных физических констант и коэффициентов пропорциональности с последующим представлением УСИИ в форме, удобной для дальнейшей машинной обработки с установленной точностью и оперативностью.

Структура УСИИ — система закономерно связанных между собой физических величин, фундаментальных физических констант и коэффициентов, обладающая определенными свойствами, функциональным предназначением и образующая целостностную систему закономерных связей между структурными элементами, внутренне устойчивую к малым изменениям числовых значений величин и коэффициентов.

Развитая модифицированная структура уравнения (сверх)избыточных измерений — структура, организованная из определенного числа функционально обособленных объединений ограниченного количества физических величин, констант, коэффициентов и закономерных связей между ними и с другими объединениями, характеризующаяся индивидуальными показателями, погрешностями вычисления и округления их значений.

Концептуально в *основе структурного анализа* уравнений (сверх)избыточных измерений лежит выявление и выделение одной или нескольких частей структуры, — объединений, как относительно устойчивой совокупности структурных элементов и связей (отношений), установление взаимосвязей между объединениями, определение числовых характеристик объединений — значений констант метода, переменных констант и вариант метода, признания их основными источниками погрешностей, и получение модифицированной структуры в виде, удобном для машинной обработки, с сохранением сущности и предназначения уравнения (сверх)избыточных измерений — определения (квази)истинного значения физической величины.

¹ Переменная константа метода — константа, полученная путем обработки числовых значений результатов измерительного преобразования нормированных по значению физических величин.

² «Варианта» — это антоним от «константы».

Объединения и их виды

Структуру УСИИ всегда можно рассматривать как состоящую из функционально независимых друг от друга, но закономерно связанных между собой объединений.

Объединение — часть структуры УСИИ, выполняющей локальную целевую функцию.

Объединение физических величин — функционально обособленная и ограниченная по количеству структурных элементов и связей совокупность одноименных преобразованных физических величин, нормированных по значению физических величин, фундаментальных физических констант и коэффициентов с первоначальными или видоизмененными типами связей между ними (математическими операциями), входящая в состав структуры УСИИ.

Соединение — вся структура модифицированного УСИИ или его часть, состоящая из нескольких одноименных или разноименных объединений или показателей объединений.

Модифицированная структура

Модифицированная структура — совокупность показателей модифицированных объединений, — констант метода, переменных констант метода, вариант метода и коэффициентов, закономерно связанных между собой и с абсолютным значением нормированной по значению физической величины, принятая за базовую.

Конституирование — это процесс установления состава, связей и конфигурации (придание законной силы) модифицированной структуры УСИИ, представленной совокупностью констант метода, переменных констант метода и вариант метода, уточненных по значениям погрешностей, по разрядности их числового представления и по выполняемым операциям их обработки во времени в пространстве.

Различают следующие виды элементарных объединений физических величин:

1) объединение нормированных по значению физических величин с априори известными характеристиками (значениями и погрешностями) и связями;

2) объединение преобразованных физических величин, нормированных по значению, с априори установленными видами связей;

3) объединение выходных (преобразованных) физических величин с априори установленными видами связей;

4) объединение нормированных по значению физических величин и физических констант с априори известными характеристиками (значениями и погрешностями);

5) объединение мультипликативно связанных физических величин (входных или преобразованных, неизвестных или нормированных по значениям) и коэффициентов (пропорциональности, масштабирования, трансформации, деления и др., в том числе коэффициентов, характеризующих численный масштаб величин посредством аликвотной (египетской) дроби ($1/n$, где n — натуральное число),

Характеристики объединений

Константа метода избыточных и сверхизбыточных измерений — характеристика объединения функционально обособленной¹ части нормированных по значениям физических величин, фундаментальных физических констант и коэффициентов, входящих в структуру УСИИ с априори установленными закономерными связями (математическими операциями).

Константа метода, как характеристика, выражается установленным числовым значением и погрешностью его вычисления при априори заданной разрядности вычислительного устройства (микропроцессора, микроконтроллера или микроконвертора). Значение константы метода представляет собой результат математической обработки числовых значений физических величин и коэффициентов, входящих в данное объединение.

Константа метода является носителем неисклюаемой систематической погрешности и ее составляющих. Уменьшение ее значения достигается путем высокоточной обработки нормированных по значению физических величин и констант, воспроизведенных с максимально высокой точностью, корректного округления полученного значения константы метода и его использование при создании модифицированной и конституированной структуры УСИИ или УЧЗ.

Если говорить лаконично, *то константа метода* — характеристика объединения нормированных по значению физических величин, физических констант и коэффициентов с априори установленными связями.

Переменная константа метода (сверх)избыточных измерений — характеристика объединения (или результат обработки) функционально обособленной части преобразованных физических величин, нормированных по значениям, входящих в структуру УСИИ с априори установленными закономерными связями (математическими операциями).

Переменная константа метода, как характеристика относительной изменчивости преобразованных физических величин, нормированных по значению, выражается текущим или средним значением и погрешностью его вычисления с учетом погрешностей измерительного преобразования нормированных по значению физических величин, их обработки и округления полученного результата при априори заданной разрядности вычислительного устройства (микропроцессора или микроконвертора) с учетом законов округления конечного результата.

Переменная константа метода является носителем одной из составляющих неисклюаемой систематической погрешности. Последняя уменьшается путем высокоточной обработки нормированных по

¹ Функционально обособленная часть структуры УСИИ, — это часть структуры, не подлежащая дальнейшей декомпозиции в рамках решаемой задачи анализа и синтеза модифицированной структуры.

значению физических величин и констант, воспроизведенных с максимально допустимой точностью, корректного округления полученных значений констант метода и их использование при окончательной вычислительной обработке данных согласно модифицированным по структуре УСИИ или УЧЗ.

Если говорить лаконично, *то переменная константа метода* — характеристика объединения преобразованных двух и более нормированных по значению физических величин с априори установленными связями, представленная текущим или средним значением ее показателя и значением погрешности, зависящей от неисключаемой систематической погрешности воспроизведения этих величин, от погрешностей преобразования и обработки данных.

Варианта метода — характеристика объединения преобразованных входных величин, которая выражается текущим или средним значением, значениями систематических и случайных составляющих погрешности измерительного преобразования входных физических величин, погрешностью вычисления, а также погрешностью округления полученного числового значения варианты метода. *Варианта метода*, как характеристика относительной изменчивости преобразованных физических величин, выражается текущим или средним значением, погрешностью ее вычисления и погрешностью округления полученного значения при заранее заданной разрядности арифметико-логического устройства микропроцессора, микроконтроллера или микроконвертора.

Варианта метода — безразмерный коэффициент, числовое значение и погрешность вычисления которого характеризуют объединение преобразованных величин в структуре уравнения (сверх)избыточных измерений. При вычислении варианты метода используются преобразованные величины, значения которых, в общем случае, получены с отличающимися друг от друга погрешностями (при неравноточных измерениях).

Если говорить лаконично, *то варианта метода* — характеристика относительной изменчивости показателя объединения преобразованных по значению физических величин с априори установленными связями.

Константы, переменные константы и варианты метода, заложенные в основу структуры УСИИ, во многом определяют сущность метода и его точностные характеристики, обусловленные, в том числе, и погрешностью округления. По отношению разностей выходных величин измерительного канала можно судить об уравнениях величин, входящих в состав математической модели метода (сверх)избыточных измерений. Вид уравнения величин определяется видом функции преобразования измерительного канала.

Основные, дополнительные и мультипликаторные показатели объединений

Различают основные, дополнительные и мультипликаторные показатели объединений физических величин и коэффициентов.

Основные константы метода формализовано обозначаются через постоянные коэффициенты деления k_0 математически связанных между собой одноименных физических величин (разностей, сумм, произведений, частных от деления и т.д.) установленного значения. Текущее или среднее значение и погрешность определения этого коэффициента количественно характеризуют объединение нормированных по значению физических величин в структуре УСИИ. Основная константа метода обозначается с индексом «о» — первая буква слова «образцовый» и является показателем объединения нормированных по значениям физических величин, входящих в структуру УСИИ с априори установленными закономерными связями.

Дополнительные константы метода — постоянные безразмерные коэффициенты связи, числовые значения и погрешности определения которых характеризуют связи основных констант метода между собой и с постоянными коэффициентами. Обозначаются как коэффициент $k_{од}$.

Дополнительная константа метода является показателем объединения нормированных по значениям физических величин и коэффициентов или констант, входящих в структуру УСИИ с априори установленными закономерными связями.

Мультипликаторные константы метода — коэффициенты, полученные в результате умножения констант метода на какой-либо постоянный коэффициент. Обозначаются как коэффициент $k_{мо}$.

Основные переменные константы метода — постоянные коэффициенты деления (разностей, сумм, произведений и т.п.) взаимосвязанных между собой преобразованных одноименных физических величин, нормированных по значению. Основные переменные константы метода обозначаются через коэффициент k_v с индексом «v» — первая латинская буквы слова «variable — переменный». Числовые значения и погрешности определения значений данных коэффициентов характеризуют только объединения преобразованных нормированных по значению физических величин в структуре УСИИ.

Дополнительные переменные константы метода — постоянные безразмерные коэффициенты связи, числовые значения и погрешности определения которых характеризуют связи основных переменных констант метода с постоянными коэффициентами. Дополнительная константа метода обозначается как коэффициент k_{vd} с индексом «vd» — первые буквы слов «переменный, дополнительный». Она является показателем объединения преобразованных физических величин, нормированных по значениям, и коэффициентов или констант, входящих в структуру УСИИ.

Основные варианты метода — переменные коэффициенты деления взаимосвязанных между собой одноименных преобразованных величин (не нормированных по значению), числовые значения и погрешности определения которых характеризуют соответствующие объединения преобразованных физических величин в структуре УСИИ. Основные варианты метода обозначаются как коэффициент k_x с индексом «x», представляющим собой латинскую букву «x», которая в математике и в метрологии

характеризует неизвестную величину.

Дополнительные варианты метода — переменные безразмерные коэффициенты, числовые значения и погрешности определения которых характеризуют связи основных вариантов метода между собой и с постоянными коэффициентами и константами. Дополнительная варианта метода обозначается через латинскую букву k с индексом «хд» ($k_{хд}$). Она является показателем объединения преобразованных физических величин и коэффициентов или констант, входящих в структуру УСИИ.

Отметим, что следует различать коэффициенты связи между константам, переменными константами и вариантами метода. Они называются специальными коэффициентами связи и обозначаются через латинскую букву k с соответствующими индексами, например: $k_{оо} = k_{о1}k_{о2}$, $k_{vv} = k_{v1}k_{v2}$, $k_{vo} = k_vk_o$. Следует различать и коэффициенты связи дополнительных констант метода, дополнительных переменных констант метода и дополнительных вариантов метода между собой. Они называются коэффициентами объединений и обозначаются той же буквой k с нижним индексом «об» — первые две буквы слова «объединение» (т.е. $k_{об}$).

2. Сущность теории структурного анализа уравнений (сверх)избыточных измерений

Предметом исследований теории структурного анализа УСИИ является:

собственные (общие и частные) законы строения, функционирования и развития;
научные принципы, положенные в основу теории, и являющиеся ее фундаментом;
категории вычислительных и метрологических задач обработки данных;
свойств исходных и модифицированных структур УСИИ;
ансамбли УСИИ физических величин и параметров функции преобразования измерительного канала, их общие свойства и различия;
критерии подбора и формирование ансамблей УСИИ (или УЧЗ);
объединения физических величин, констант и коэффициентов исследуемой структуры УСИИ и их показатели;

процессы декомпозиции и модификации структур УСИИ, направленные на повышение качества обработки данных;

методы исследования модифицированных структур при постоянстве связей между объединениями;
процессы и методы распараллеливания операций обработки данных с целью повышения оперативности вычислений;

новая стратегия повышения точности вычислительной обработки данных;
особенности машинной (микропроцессорной) обработки метрологических и приближенных чисел;
особенности и проблемы метрологического и программного-алгоритмического обеспечения процессов машинной обработки метрологических и приближенных чисел;
проблемы получения высокого качества микропроцессорной обработки данных, — точности, достоверности, оперативности, сопоставимости и стабильности;
альтернативные технологии и методы обработки метрологических и приближенных чисел.

Конечной стратегической целью теории и методов структурного анализа является получение высокого качества микропроцессорной обработки данных. Не исключается разработка новых путей и методов обработки метрологических и приближенных чисел с использованием как существующих систем счисления и технологий, так и новых технологий машинной обработки вычислений.

Сердцевину теории структурного анализа УСИИ составляют законы, закономерности и правила, положенные в основу данной теории. Фундамент теории составляют научные принципы, как ее основные исходные положения. Научные категории образуют каркас теории.

Законы, закономерности и правила

Основания теории составляют законы диалектики: закон единства и борьбы противоположностей; закон перехода количественных изменений в качественные и обратно; закон отрицания отрицания.

Закон единства и борьбы противоположностей раскрывается через категории: противоположность, противоречие, тождество, различие [5]. Он проявляется в получении результата структурного анализа на основе использования общенаучной методологии системного анализа, декомпозиции структуры УСИИ и представлении ее посредством объединений с разными показателями, отличающимися между собой как по абсолютному значению, так и по значениям установленной и не установленной неопределенности. Это приводит не только к модификации структуры, но и к разрешению внутренних противоречий путем уменьшения неопределенности конечного результата математической и машинной обработки данных через борьбу с погрешностями.

Сущность *закона перехода количественных изменений в качественные и обратно* проявляется в том, что количественные изменения в структуре УСИИ по достижению определенного момента времени ее декомпозиции и модификации приводят к качественным изменениям. Эти изменения приводят как к получению качественно новой конституированной структуры УСИИ, так и к количественным изменениям неопределенности конечного результата обработки данных.

Закон устанавливает и механизм развития предмета исследований. Накопление количественных изменений в предмете исследований неизбежно приводит к нарушению его меры (стабильного состояния) и скачкообразному превращению в качественно новый предмет [6], т.е. в качественно новую структуру УСИИ.

Закон отрицания отрицания показывает связь¹ исходной (старой) структуры УСИИ и полученной в процессе декомпозиции² и модификации новой конституированной структуры. Он состоит в том, что новая по качеству структура отбрасывает (отрицает) старую и вместе с тем включает в себя, в преобразованном виде, некоторые элементы и связи исходной структуры.

Данный закон носит противоречивый характер. Он показывает направленность развития неупорядоченной структуры УСИИ к новому конституированному виду при сохранении основополагающих связей.

Частные законы методов (сверх)избыточных измерений — законы науки метрологии

В широком смысле слова понятием «закон» обозначают особый род связей. Закон — существенная, устойчивая, необходимая связь между объектами [7]. В качестве последних могут рассматриваться: связи между функциональными блоками измерительного канала прибора (или измерительной системы) и связи между физическими величинами и коэффициентами, входящими в состав структуры УСИИ. Опираясь на данное утверждение, можно констатировать, что каждое УСИИ, характеризующееся устойчивыми и необходимыми связями между физическими величинами и коэффициентами, представляет собой частный закон метода (сверх)избыточных измерений. Частный закон метода измерений отображает закономерность получения конечного результата (сверх)избыточных измерений.

Если ученый силой своего разума проникает в суть протекающих физических процессов, если ему удастся открыть причины определенных событий, условия осуществления тех или иных связей, то эти знания формулируются как законы науки [7]. Поэтому *частные законы методов избыточных и сверхизбыточных измерений являются законами науки метрологии.*

Законы функционирования

Следуя [8], дадим определения законам функционирования.

Законы функционирования и развития структур УСИИ отражают устойчивые качественные и количественные причинно-следственные связи и отношения, которые свойственны определенным структурам и системам структур УСИИ в целом. Они указывают также на изменение этих связей и отношений во времени.

Законы функционирования измерительных систем, реализующих стратегию (сверх)избыточных измерений, посредством уравнений (сверх)избыточных измерений и уравнений числовых значений отражают устойчивые качественные и количественные причинно-следственные связи и отношения между преобразованными и нормированными по значению физическими величинами и коэффициентами, которые свойственны любым измерительным системам. Они указывают также на изменение этих связей и отношений во времени.

В фундаментальной метрологии и измерительной технике законы функционирования отображаются системами линейных или нелинейных уравнений величин, описывающими состояние измерительной системы в дискретные моменты времени, а также уравнениями (сверх)избыточных измерений и их структурами, характеризующими закономерную связь между преобразованными и нормированными по значению физическими величинами и разными коэффициентами.

Законы и закономерности развития систем и структур

Закон убывающей эффективности эволюционного совершенствования систем и структур [9]

Сущность данного закона выражается таким образом: всякое принципиально новое направление в метрологии и измерительной технике не беспредельно и не может дать больше того, что в нем заключено.

В XX веке в развитии теории и методов прямых измерений наступил предел их возможностей и эволюционного развития. Сложилась объективная необходимость в создании новой стратегии измерений и соответствующих средств измерений и измерительных систем на принципиально новом подходе — на основе общенаучной методологии системного подхода и информативной избыточности, т.е. на базе методологического перехода на следующую S-образную кривую (качественный скачок) развития теории и техники измерений.

Закон убывающей эффективности эволюционного совершенствования структуры УСИИ проявляется в том, что декомпозиция, модификация и конституирование структур УСИИ не беспредельны и не могут дать больше того, что заложено в данной структуре.

Закон перехода к малооперационным структурам (процессам)

Сущность данного закона состоит в отказе от исходной совокупности структурных элементов и математических операций в структуре УСИИ и переходе к объединениям структурных элементов и математических операций с более высоким уровнем интеграции с целью получения совершенно новой совокупности структурных элементов. Это достигается путем декомпозиции существующей структуры УСИИ в структуру УСИИ с меньшим числом структурных элементов и математических операций. Это новое решение приводит к созданию целостной малооперационной конституированной структуры УСИИ и алгоритма вычислительной обработки данных.

Закон возрастания необходимого разнообразия и сложности структур уравнений (сверх)избыточных измерений

В последнее время все большее распространение получает понимание прогресса как усложнение структуры мироздания [9]. Эволюция материи и общества совершается в направлении все более

¹ или проявляется в связи

² процесс декомпозиции — это тоже процесс развития

упорядоченной, устойчивой и сложной структуры, повышающей разнообразие состояний. При этом возникает проблема совмещения таких, казалось бы, несовместимых характеристик системы, как упорядоченность, сложность, разнообразие и эффективность.

Закон возрастания необходимого разнообразия и сложности структур УСИИ отображает факт зависимости качества измерений и принимаемых решений по улучшению его характеристик от объема знаний об объекте исследований, о состоянии средства измерений и о факторах окружающей среды. За счет повышения количества разнообразных состояний средства измерений, и, как следствие, получения новой дополнительной (избыточной) информации или знаний о них, осуществляются дополнительные меры по усложнению систем математических моделей средств измерений, по получению более сложных структур УСИИ той или иной физической величины, причем не одного, а системы УСИИ.

Теория структурного анализа УСИИ опирается также и на законы сложения и вычитания чисел, законы деления и умножения и другие. Перечислим эти законы.

Частные законы сложения и умножения чисел [10]

1. Переместительный (коммутативный) закон сложения;
2. Переместительный (коммутативный) закон умножения;
3. Сочетательный (ассоциативный) закон сложения;
4. Сочетательный (ассоциативный) закон умножения;
5. Распределительный (дистрибутивный) закон умножения относительно сложения;
6. Распределительный закон умножения относительно вычитания.

Законы деления [11]:

1. Законы деления на единицу и ноль;
2. Закон деления нуля;
3. Закон деления суммы (разности) на число;
4. Закон деления произведения на число;

Законы вычитания [11]:

1. Закон определения разности;
2. Закон замены вычитания сложением;
3. Закон вычитания из суммы числа;
4. Закон вычитания из числа суммы;
5. Закон вычитания из числа числа;
6. Закон вычитания из числа нуля;
7. Закон вычитания из суммы суммы.

4. Фундамент теории структурного анализа уравнений (сверх)избыточных измерений

Теория структурного анализа уравнений избыточных измерений построена на фундаменте, состоящем из следующих основополагающих научных принципов [15 – 17]: преемственности знаний о методологии структурного анализа, декомпозиции; информативной избыточности, системной инвариантности результатов преобразования, симметрии, системной управляемости ходом процесса вычислительной обработки величин и коэффициентов, системного программно-алгоритмического обеспечения метрологических задач обработки данных и др.

Из всей совокупности используемых принципов выделим и дадим определение принципам разбиения (выделения), иерархического упорядочивания, абстрагирования, формализаций, декомпозиции, концептуальной общности, непротиворечивости, структурирования данных, распараллеливания и др.

Принцип разбиения

Исследовать сложную структуру уравнения (сверх)избыточных измерений возможно, если разложить ее на относительно простые составные элементы (объединения) и соответствующие связи.

Принцип иерархического упорядочивания

Структура уравнения (сверх)избыточных измерений является иерархически упорядоченной, если существующие связи и элементы структуры до и после декомпозиции обеспечивают выполнение ее главной целевой функции, — определение результата (сверх)избыточных измерений физической величины.

Принцип абстрагирования

Абстрагирование анализируемой структуры возможно только в случае выделения из нее наиболее существенных аспектов структуры — взаимосвязанных объединений физических величин и коэффициентов.

Обработка данных в простом общем виде возможна тогда и только тогда, когда абстрагирование структуры УСИИ осуществляется путем выделения наиболее существенных аспектов этой структуры в виде объединений величин и коэффициентов с априори установленными постоянными связями.

Принцип формализации решения задач декомпозиции структуры

Формализация решения всех задач декомпозиции структуры УСИИ невозможна без применения строгого методического подхода.

Другими словами, основа формализации — это применения строгого методического подхода для решения всех задач декомпозиции структуры УСИИ.

В разрабатываемой теории в качестве единого методического подхода используется представление, в конечном счете, структуры УСИИ только через физическую величину, нормированную по значению, и через безразмерные коэффициенты. В результате все структуры сводятся к простой структуре уравнения связи искомой физической величины с величиной, нормированной по значению.

*Принцип декомпозиции**Определение*

Каждая исследуемая структура уравнения (сверх)избыточных измерений может быть представлена посредством функционально независимых, но закономерно связанных между собой показателей объединений и обособленных элементов исходной структуры.

Принцип декомпозиции предусматривает разбиение структуры УСИИ на ряд закономерно связанных между собой подструктур без нарушения ее основного предназначения. Подструктуры представляют собой объединения неизвестных и нормированных по значению физических величин, фундаментальных физических констант и коэффициентов, а также обособленные элементы исходной структуры.

Принцип концептуальной общности

Концепция (от лат. conceptio — понимание, система) — определённый способ понимания, трактовки каких-либо явлений, основная точка зрения, система взглядов на что-нибудь; основная мысль; замысел; теоретическое построение; то или иное понимание чего-нибудь [18].

В основу анализа структур УСИИ положена концепция повышения качества обработки данных путем применения единого подхода к получению модифицированной структуры УСИИ или алгоритма обработки данных в предельно простом виде — через пропорциональную зависимость искомой физической величины от нормированной по значению.

При этом коэффициентом пропорциональности является обобщенный (результатирующий) коэффициент, значение которого получают в результате обработки значений показателей объединений модифицированной структуры.

Определение принципа концептуальной общности

Единая система взглядов к решению проблемы повышения качества вычислительной и машинной обработки данных — основа успеха структурного анализа уравнений (сверх)избыточных измерений.

Принцип непротиворечивости

Структуры уравнений (сверх)избыточных измерений до и после декомпозиции не противоречат одна другой, если результат обработки данных не изменяется.

Принцип распараллеливания

Искусство управления заключается в отборе взаимосвязанных факторов, в расчленении решаемой задачи на ряд последовательных звеньев.

Следуя [19], запишем два общих и два частных определений принципа параллельности:

Определение 1 (общее)

Оперативность получения конечного результата обработки данных достигается тогда и только тогда, когда осуществляется одновременное (совмещение во времени) и параллельное выполнение набора различных операций или процессов.

Определение 2 (общее)

Только одновременное (параллельное) выполнение набора взаимодействующих (различных) вычислительных процессов и совмещение их во времени обеспечивает оперативность обработки данных и получение конечного результата.

Определение 3 (частное)

Одновременное и параллельное выполнение отдельных операций — основное условие оперативности обработки данных и получения конечного результата.

Определение 4 (лаконичное)

Распараллеливание — основное условие оперативной обработки данных.

Согласно принципа параллельности, различные стадии выполнения набора вычислительных процессов осуществляются одновременно в течение одного и того же промежутка времени с помощью разных арифметико-логических устройств (например, многоядерных микроконтроллеров или микропроцессоров), сокращая, тем самым, общую продолжительность процесса обработки данных.

Для реального уменьшения времени получения конечного результата обработки данных требуется применение специальных параллельных вычислительных алгоритмов, учитывающих архитектурные особенности многопроцессорных систем [20].

Принцип параллельности является одним из наиболее важных при разработке алгоритмов машинной обработки данных. Основным условием практического осуществления принципа параллельности является наличие необходимого и достаточного количества показателей объединений модифицированной структуры уравнения (сверх)избыточных измерений и действий над ними. Другой особенностью является обеспечение, по возможности, одинаковых и минимальных затрат времени на выполнение каждой независимой совокупности операций [19].

Принцип параллельности предполагает одновременное выполнение разных математических операций, относящихся: а) к разным стадиям (частям) процесса обработки данных (одновременное протекание разных стадий), что означает непрерывное осуществление процесса обработки данных во всех его частях или непрерывное его повторение при циклических процессах многократных измерительных преобразований физических величин); б) к частным процессам обработки значений показателей объединений; в) к основным и вспомогательным процессам обработки значений показателей объединений.

Таким образом, изложенные философские аспекты теории структурного анализа УСИИ позволили отобразить весь спектр законов, принципов, категорий, понятий и определений, используемых в данной теории, углубить и сконцентрировать общенаучные знания о предмете исследований, создать систему новых

Выводы

D0%BE%D0%BD%D1%8B_%D1%84%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%BE%D1%84%D0%B8%D0%B8.

7. Понятия и принципы диалектики. Режим доступа: <http://www.grandars.ru/college/filosofiya/dialektika.html>].
8. Законы-функционирование. Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id28744p1.html>].
9. Законы развития и функционирования систем. Режим доступа: <http://studall.org/all-25881.html>].
10. Законы сложения и умножения. Режим доступа: <http://www.bymath.net/studyguide/ari/ari4.html>].
11. Свойства действий над числами. Режим доступа: <http://www.nado5.ru/e-book/svoistva-deistvii-nad-chislami>.
12. Введение в вычислительную математику. Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1012/168/lecture/4590>.
13. Компьютерная катастрофа приближается. Режим доступа: file:///C:/Documents%20and%20Settings/Vlad/D0%9C%D0%BE%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/1%20%D0%9C%D0%BE%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/DOCL_2008%D0%A2%D1%80%D0%B5%D1%82%D1%8C%D1%8F%20%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%20%D0%A0%D0%95%D0%92%D0%9E%D0%9B%D0%AE%D0%A6%D0%98%D0%AF.%20%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80%20%D0%AE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%86%D0%BA%D0%B8%D0%B9.htm.
14. Порядок действий. Скобки. Режим доступа: <http://www.bymath.net/studyguide/ari/ari3.html>].
15. Кондратов В.Т. Философские аспекты теории избыточных измерений / В.Т.Кондратов // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2008. – № 2. – С. 7-23.
16. Кондратов В.Т. Философские аспекты теории избыточных измерений / В.Т.Кондратов // Законодательная и прикладная метрология. – 2009. – №2. – С. 8-20.
17. Сущность структурного подхода. Режим доступа: http://do.bti.secna.ru/lib/book_it/podhod_2.html].
18. Концепция. Режим доступа: <https://ru.wiktionary.org/wiki/%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%86%D0%B8%D1%8F>.
19. Принцип — параллельность. Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id319192p1.html>.
20. Ефимов С.С. Обзор методов распараллеливания алгоритмов решения некоторых задач вычислительной дискретной математики. Режим доступа: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7t2wPPCeL-4J:cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-rasparallelivaniya-algoritmov-resheniya-nekotoryh-zadachvychislitelnoy-diskretnoy-matematiki.pdf+&cd=3&hl=ru&ct=clnk&gl=ua>.

References

1. Razdel 6. Kontstptualnye osnovy metodologii strukturnogo analiza i proektirovaniya SADT. Rezhim dostupa: http://mmc2.nsu.ru/default.aspx?db=book_vasyuchkova&int=VIEW&el=9&templ=I206
2. Strukturnyj analiz i jego osobennosti. Rezhim dostupa: <http://management-rus.ru/issys/4.php>.
3. Teoriya upravleniya. Printsipy sistemnogo analiza. Rezhim dostupa: <http://www.refbzd.ru/viewreferat-2577-6.html>.
4. 03 Ponjatie strukturnogo analiza. Rezhim dostupa: http://asoi.ucoz.net/index/03_ponjatie_strukturnogo_analiza/0-83.
5. Zakony dialektiki. Rezhim dostupa: <http://studfilosed.ru/voprosy-s-otvetami-po-ekzameni-filosofiya/94-zakony-dialektiki.html>.
6. Zakony filosofii. Rezhim dostupa: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%8B_%D1%84%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%BE%D1%84%D0%B8%D0%B8.
7. Ponjatija i printsipy dialektiki. Rezhim dostupa: <http://www.grandars.ru/college/filosofiya/dialektika.html>.
8. Zakony-funktsionirovanie. Rezhim dostupa: <http://www.ngpedia.ru/id28744p1.html>.
9. Zakony razvitiya i funktsionirovaniya sistem. Rezhim dostupa: <http://studall.org/all-25881.html>].
10. Zakony slozheniya i umnozheniya. Rezhim dostupa: <http://www.bymath.net/studyguide/ari/ari4.html>].
11. Svoystva dejstvii nad chislami. Rezhim dostupa: <http://www.nado5.ru/e-book/svoistva-deistvii-nad-chislami>.
12. Vvedeniye v vychislitelnyu matematiku. Rezhim dostupa: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1012/168/lecture/4590>.
13. Kompyuternaja katastrofa priblizhaetsja. Rezhim dostupa: file:///C:/Documents%20and%20Settings/Vlad/D0%9C%D0%BE%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/1%20%D0%9C%D0%BE%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/DOCL_2008%D0%A2%D1%80%D0%B5%D1%82%D1%8C%D1%8F%20%D0%B2%D1%8B%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%B8%D1%82%20%D0%A0%D0%95%D0%92%D0%9E%D0%9B%D0%AE%D0%A6%D0%98%D0%AF.%20%D0%92%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%80%20%D0%AE%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%86%D0%BA%D0%B8%D0%B9.htm.
14. Porjadok dejstvii. Skobki. Rezhim dostupa: <http://www.bymath.net/studyguide/ari/ari3.html>].
15. Kondratov V.T. Filosofskie aspekty teorii izbytochnykh izmerenij / V.T.Kondratov // Vymiryuvalna ta obchislyuvalna tekhnika v tehnologicheskikh protsessakh. – 2008. – № 2. – С. 7-23.
16. Kondratov V.T. Filisofskie aspekty teorii izbytochnykh izmerenij / V.T.Kondratov // Zakonodatel'naja i prikladnaja metrologija. – 2009. – №2. – С. 8-20.
17. Suschnost strukturnogo podkhoda. Rezhim dostupa: http://do.bti.secna.ru/lib/book_it/podhod_2.html].
18. Kontseptsija. Rezhim dostupa: <https://ru.wiktionary.org/wiki/%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%86%D0%B8%D1%8F>.
19. Printsip — parallelnost. Rezhim dostupa: <http://www.ngpedia.ru/id319192p1.html>.
20. Jefimov S.S. Obzor metodov rasparallelivaniya algoritmov resheniya nekotorykh zadach vychislitelnoj diskretnoj matematiki. Rezhim dostupa: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:7t2wPPCeL-4J:cyberleninka.ru/article/n/obzor-metodov-rasparallelivaniya-algoritmov-resheniya-nekotoryh-zadachvychislitelnoy-diskretnoy-matematiki.pdf+&cd=3&hl=ru&ct=clnk&gl=ua>.

Рецензія/Peer review : 11.1.2016 p.

Надрукована/Printed :24.3.2016 p.