**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ФГБОУ ВО «КубГУ»)**

**Физико-технический факультет**

**Кафедра теоретической физики и компьютерных технологий**

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**ИНФОРМАЦИОННО – ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА МЕТАСИСТЕМЫ НА УРОВНЕ СТРУКТУРИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

**Работу выполнил \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Хрулев Артем Алексеевич**

**Курс 2**

**Направление 09.03.02 Информационные системы и технологии**

**Научный руководитель**

**доктор физ.-мат. наук, доцент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е. Н. Тумаев**

Нормоконтролер инженер **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Г. Д. Цой**

**Краснодар 2017**

СОДЕРЖАНИЕ

[Введение 3](#_Toc483480073)

[1 Наука о системах 4](#_Toc483480074)

[1.1 Решение системных задач 5](#_Toc483480075)

[1.2 Иерархия эпистемологических уровней систем 7](#_Toc483480076)

[2 Исходные системы и системы данных 9](#_Toc483480077)

[2.1 Объекты и системы объектов 9](#_Toc483480078)

[2.2 Переменные и параметры 10](#_Toc483480079)

[2.3 Исходная система 14](#_Toc483480080)

[2.4 Системы данных 16](#_Toc483480081)

[3 Порождающие системы 19](#_Toc483480082)

[3.1 Эмпирическое исследование 20](#_Toc483480083)

[3.2 Системы с поведением 22](#_Toc483480084)

[4 Структурированные системы 26](#_Toc483480085)

[4.1 Структурированные исходные системы и системы данных 26](#_Toc483480086)

[4.2 Задачи проектирования систем 28](#_Toc483480087)

[4.3 Задачи идентификации и реконструкции 28](#_Toc483480088)

[5 Метасистемы 31](#_Toc483480089)

[5.1 Первичные и вторичные характеристики системы 32](#_Toc483480090)

[5.2 Многоуровневые метасистемы 32](#_Toc483480091)

[6 Информационно – логическая схема 34](#_Toc483480092)

[Заключение 35](#_Toc483480093)

[Список использованных источников 36](#_Toc483480094)

# ВВЕДЕНИЕ

Данная работа посвящена исследованию в области системологии и касается проектирования модуля принятия надежного решения посредством метасистемы на уровне структурированных систем.

Актуальность темы заключается в том, что на данный момент существует проблема с принятием надёжных решений. Для принятия управленческих решений нельзя обойтись старыми методиками. Они ограничены и годятся только для узкого ряда проблем. Для одной проблемы одна методика, для другой другая, часто они оказываются противоречивыми по отношению друг к другу. А здесь создается модуль, который обеспечивает принятие непротиворечивого оптимального решения, обоснованного с научной точки зрения, с учётом тех связей, которые существуют между отдельными элементами системы. Далее эти связи выявляются, и на их основе принимается решение, которое строит компьютер.

Предполагается составление системы, которая способна выявлять внутренние связи между различными параметрами и переменными, и после произвести прогнозирование решений поставленных задач при различных условиях.

Целю данной работы является проектирование информационно – логической схемы метасистемы на уровне структурированных систем.

Для достижения данной цели служат следующие задачи:

– составить обзор эпистемологических уровней;

– выявить взаимосвязь между эпистемологическими уровнями систем;

– составить схему модуля принятия надежных решений.

# 1 Наука о системах

Человеческий разум ограничен, и не в состоянии полностью воспринять объем знаний, который существует на данный момент. Это привело к разделению науки на различные дисциплины и появлению такой области как наука о системах или системология, то есть научная деятельность, дополняющая теоретические знания экспериментальными исследованиями. Системология интересуется связями, которые устанавливаются между отдельными объектами.

Наука о системах, как любая наука, имеет следующие компоненты:

– область исследования – типы свойств отношений, определяющие способ раз-биения области исследований науки о системах на подобласти;

– знания об этой области, которые можно получить посредством математи-ческих вычислений или путем экспериментирования с моделями систем на компьютере;

– методология – методы изучения различных классов свойств систем и решения системных задач между отношениями в системах.

Можно сказать, что предметом любой научной дисциплины является определенный класс систем. Этот термин является одним из распространенных терминов, используемый при описании различных научных дисциплин. Однако термин по-разному объясняется при различных обстоятельствах.

То есть предполагается, что предметом исследования научных дисциплин являются различного рода системы, которые рассматриваются в определенной области. В общем, под системой понимается элементы и отношения между ними, объединенные в общее целое.

Стоит отметить, что системы в одном классе могут базироваться на совершенно разных типах элементов.

Таким образом, наука о системах изучает различные классы отношений. Она позволяет изучить свойства отношений в таких системах. С этой точки зрения подобные системы рассматриваются как общее целое, а не как собрание несвязных предметных подсистем и подзадач.

## 1.1 Решение системных задач

Общие системы разнообразны, но типы общих систем определены, они образуют пространство, на котором определены типы системных задач. Все это пространство называется пространством задач (рисунок 1).

Разнообразие общих систем может быть охвачено конечным числом типов общих систем, каждый из которых характеризуется определенным эпистемологическим уровнем и конечным набором соответствующих и существенных методологических отличий.

 

Рисунок – Пространство задач

Системные задачи это содержательные подзадачи общих задач, которые возникают в различных областях научной деятельности человека.

Конкретная системная задача может иметь множество предположений относительно ее решений.

Любой тип задач определяется начальными и конечными типами систем и набором типов требований совместимыми с этими типами систем. Эти требования могут быть целями или ограничениями.

Начальный тип систем задается конкретными требованиями для всех типов, и, исходя из типов требований, заданы конкретная исходная система определенного типа или системы обоих определенных типов. Получается, что в первом случае система представляет собой начальное состояние задачи, решение которой представляется в виде одной конкретной конечной системы требуемого типа. Начальное состояние задачи во втором случае представляется двумя конкретными системами, решением является некоторое отношение между ними.

Введём такое понятие как универсальный решатель системных задач (УРСЗ), под которым будем понимать концептуальную схему, в которой типы системных задач определены совместно с методами решения задач этих типов.

На рисунке 2 показана роль УРСЗ как средства научного исследования в различных областях науки [1]. В работе УРСЗ можно выделить два уровня операций.



Рисунок 2 – Роль УРСЗ как методологического средства

Первый уровень (Внутренние прямоугольники). Исследователь формулирует интерпретацию своей задачи в виде системной задачи. Это происходит с помощью процедуры, имеющей вид простых вопросов, задаваемых пользователю. Отвечая на эти вопросы пользователь определяет системную задачу, подходящую к данной ситуации.

Второй уровень (Внешние прямоугольники). Многие системные исследования достаточно сложны, так что исследователь может содержательно использовать больший объем информации, чем это требуется для решения определенной системной задачи. В этом случае также можно разработать процедуры, производящие преобразования из интерпретированной системы в общую. Основываясь на информации, сопровождающей это преобразование, УРСЗ может перевести новую информацию относительно общей системы в термины интерпретированной системы. Таким образом, исследователь может получить о ней новые сведения.

В процессе решения системных задач возникает потребность в использовании ЭВМ. Это связано с тем, что приходится обрабатывать большой объем данных, а также экспериментально исследовать смоделированные системы. Обладая этим устройством, можно с лёгкостью обращаться к нему всякий раз при необходимости решения системных задач. Интерфейс позволяет пользователю (исследователю) следить и делать выводы решений системных задач, производимых компьютером.

## 1.2 Иерархия эпистемологических уровней систем

Нижним уровнем 0 в иерархии эпистемологических уровней систем является исходная или «примитивная» система, которая определяется через множество переменных, множество потенциальных состояний (значений), выделяемых для каждой переменной, и способ описания смысла этих состояний. Исходная система содержится на всех более высоких уровнях [1].

Поле того как исходная система задана, можно перейти к рассмотрению новой системы, определенной на эпистемологическом уровне 1. Система на таком уровне называется системой данных. Данные на этом уровне могут быть определены с помощью измерений или определены как желательные состояния.

Посредством инвариантных параметрам характеристиках отношений рассматриваемых переменных, то есть знаниях, которые содержатся на более высоких эпистемологических уровнях, можно генерировать данные при соответствующих начальных или граничных условиях. Генерируемые таким образом данные могут быть точными (четкими) или приблизительными (нечеткими) в определенном смысле. Под параметрически инвариантными характеристиками подразумевается явление неизменных свойств объекта.

На уровне 2 определяется порождающая система, у которой состояния основных переменных могут порождаться.

На эпистемологическом уровне 3 задается структурированная система, здесь порождающие системы являются подсистемами общих систем.

На уровне 4 системы состоят из систем, определенных на нижних уровнях и некоторого параметра метахарактеристики, описывающего изменения в системах нижних уровней. При этом системы нижних уровней имеют неизменную исходную систему. Системы, определенные таким образом, называются метасистемами.

На уровне 5 определяются системы с метахарактеристиками, которые могут изменять параметры характеристик более высоких эпистемологических уровней или мета-метахарактеристики. Такие системы называются мета-метасистемами или метасистемами второго порядка. Системы более высоких порядков определяются аналогичным образом.

Иерархия эпистемологических уровней представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Иерархия эпистемологических уровней

# 2 Исходные системы и системы данных

## 2.1 Объекты и системы объектов

Человек в повседневной жизни взаимодействует с различными объектами, которые часто ограничиваются несколькими свойствами. По мере того, как мы лучше узнаем объект, это взаимодействие становится разнообразнее. Работая в той или иной области, людей интересуют определенные типы объектов.

Свойства здесь рассматриваются как конкретные проявления, присущи определенному элементу. А под объектом будем понимать материальную или абстрактную часть мира, выделяемую как единое целое в течение ощутимого отрезка времени. Далее материальные и абстрактные объекты делятся на естественные и созданные человеком [3].

В большинстве случаев объекты могут иметь бесконечное число свойств, однако ограничиваются тем количеством, которое необходимо для рассмотрения в конкретном исследовании. То есть интересующий нас объект задается системой с набором соответствующих свойств объекта и назначением каждому из них определенной переменной. Таким образом, система всегда рассматривается не как реальная вещь, а как отображение некоторых свойств объекта.

С каждым свойством связано множество его проявлений. При единичном наблюдении свойство имеет одно конкретное проявление. Для определения возможных изменений его проявлений требуется множество наблюдений этого свойства. Для этого необходимо, чтобы отдельные наблюдения свойства, осуществляемые одной и той же процедурой наблюдения, отличались одно от другого. Существенное свойство, используемое для определения различий в наблюдении одного и того же свойства, будем называть базой.

Базой может быть время, то есть наблюдения одного свойства отличатся друг от друга тем, что они сделаны в различные моменты времени. Другой базой может быть положение в пространстве. Еще одной базой могут служить множественные наблюдения одного и того же свойства различаемые друг от друга по индивидам некой группы. Базы трех основных типов – время, пространство, группа – можно комбинировать.

Таким образом, система объекта представляет собой множество свойств, с каждым из которых связано множество его проявлений, и множество баз, с каждой из которых связано множество ее элементов [1].

Формально систему объекта можно описать следующим выражением

|  |  |
| --- | --- |
| O = ( { (ai, Ai) | i ϵ Nn }, { (bj, Bj) | j ϵ Nm } ), | (2.1) |
|  |  |

где O – система объекта;

через ai и Ai обозначены соответственно свойство и множество его проявлений;

Nn = {1, 2, …, n};

bj и Bj – база и множество ее элементов;

Nm = {1, 2, …, m}.

## 2.2 Переменные и параметры

Под переменными понимаются операционное представление свойства, то есть образ свойства, определяемый конкретной процедурой наблюдения или измерения. Переменная имеет уникальное имя, благодаря которому ее можно различить среди остальных переменных. Каждая переменная связывается с определенным множеством величин, через которые она себя проявляет. Эти величины называют значениями или состояниями, а ее множество – множеством состояний [2].

Переменные могут быть разделены на входные и выходные переменные. При таком рассмотрении входные переменные влияют на выходные переменные. Выходные переменные рассматриваются пользователем как переменные заданные внутри системы.

Системы с входными и выходными переменными называются направленными системами, а системы, которые не классифицируются, таким образом, нейтральными.

Под параметром понимаются операционное представление базы. Параметр, как и переменная, имеет определенное имя, и с ним связывается некоторое множество, которое будем называть параметрическим множеством, а его элементы значениями параметра.

На отдельных параметрических множествах или множествах состояний могут быть определены математические отношения. Они отражают фундаментальные характеристики свойств и баз в той степени, в какой они присущи соответствующим измерительным процедурам. Различия в подобных свойствах среди переменных или параметров, которые имеют существенное методологическое значение, будем называть методологическими отличиями.

Помимо конкретных переменных и параметров, представляющие соответственно определенный признак и базу, будем рассматривать обобщенные переменные и параметры, которые представляют собой абстрактные величины, то есть величины, не определенные через какие-либо свойства или базы.

Обобщенной переменной дается интерпретация, когда множество ее состояний отображается изоморфно (т. е. отображается один в один с сохранением всех существенных математических отношений, определенных на нем) в элементы множества состояний конкретной переменной; то же относится к обобщенным и конкретным параметрам и их параметрическим множествам. Любое изоморфное отображение такого рода, называется конкретизацией обобщенной переменной (или обобщенного параметра), а обратное отображение назовем абстрагированием конкретной переменной (или конкретного параметра).

Параметрическое множество представляет собой совокупность состояний всех параметрических переменных, при этом наблюдается изменение в состояниях отдельных основных переменных. В качестве параметров выступают время, пространство, и различные объекты одного типа.

Введем следующие обозначения, i, Vi, Vi означающие соответственно обобщенную переменную, ее множество состояний и множество математических свойств, определенных на i. Через $\dot{}\_{i}$, $\dot{V}\_{i}$, $\dot{V}\_{i}$ обозначим те же характеристики конкретной переменной, являющиеся конкретизацией переменной i. Через j, Wj, Wj обозначим соответственно обобщенный параметр, его множество состояний и множество математических свойств, определенных на параметре j, а через $\dot{}\_{j}$, $\dot{W}\_{j}$, $\dot{W}\_{j}$ те же характеристики конкретного параметра, полученные конкретизацией параметра j [1].

Любую операцию, вводящую некоторую переменную как образ свойства, назовем каналом наблюдения. Канал наблюдения, с помощью которого свойство ai представляется конкретной переменной $\dot{}\_{i}$, реализуется функцией

|  |  |
| --- | --- |
| oi : Ai → $\dot{V}\_{i}$. | (2.2) |
|  |  |

Эта функция гомоморфна относительно предполагаемых свойств множеств Ai и $\dot{V}\_{i}$. Соответственно функция

|  |  |
| --- | --- |
| j : Bj → $\dot{W}\_{j}$ | (2.3) |
|  |  |

задает представление базы bj параметром $\dot{}\_{j}$, она также должна быть гомоморфной относительно соответствующих свойств базы и свойств множества $\dot{W}\_{j}$.

УРСЗ работает только с обобщенными переменными и параметрами. Заданная обобщенная переменная i конкретизируется переменной $\dot{}\_{i}$ тогда и только тогда, когда функция

|  |  |
| --- | --- |
| *e*i : Vi → $\dot{V}\_{i}$ | (2.4) |
|  |  |

существует и изоморфна относительно математических свойств Vi. Обобщенный параметрj конкретизируется параметром$\dot{}\_{j}$ тогда и только тогда, когда функция

|  |  |
| --- | --- |
| j : Wj → $\dot{W}\_{j}$  | (2.5) |

существует и изоморфна относительно Wj. Каждый конкретный изоморфизм *e*i (или j) задает конкретизацию i с помощью $\dot{}\_{i}$ (или соответственно j с помощью$\dot{}\_{j}$). Функции, обратные *e*i и j, то есть

|  |  |
| --- | --- |
| ei-1 : $\dot{V}\_{i}$ → Vi  | (2.6) |
|  |  |
| j-1 : $\dot{W}\_{j}$ → Wj | (2.7) |
|  |  |

задают абстрагирование соответственно $\dot{}\_{i}$ и $\dot{}\_{j}$.

Функции oi и j индуцируют разбиения множеств Ai и Bj, разбиения Ai/oi и Bjj. Элементы любого блока в этом разбиении эквивалентны в том смысле, что они не различаются с точки зрения введенной процедуры наблюдения. В таком разбиении каждый блок целиком представляет одно состояние переменной $\dot{}\_{i}$ или одно значение параметра $\dot{}\_{j}$. Когда наблюдение свойства ai, проводится при некотором значении параметра, то наблюдаемое свойство получает определенное проявление (значение) из множества Ai. Это проявление является элементом одного и только одного блока разбиения Ai/oi. Функция oi присваивает его определенному состоянию переменной $\dot{}\_{i}$. Таким образом, предполагается, что любое наблюдение позволяет нам определить, к какому блоку из Ai/oi принадлежит данное проявление, даже если отдельное проявление и нельзя идентифицировать [1].

Функция oi определяет на множестве Ai разбиение Ai/oi. Затем определяется функция

|  |  |
| --- | --- |
| $\tilde{o}\_{i}$ : Ai × Ai/oi → [0, 1], | (2.8) |
|  |  |

где $\tilde{o}\_{i}$(x, y) задает степень достоверности того, что x принадлежит y.

Однако поскольку каждый блок Ai/oi однозначно представляется состоянием из множества $\dot{V}\_{i}$, функцию $\tilde{o}\_{i}$ можно задать в более удобном виде

|  |  |
| --- | --- |
| $\tilde{o}\_{i}$ : Ai × $\dot{V}\_{i}$ → [0, 1], | (2.9) |
|  |  |

где $\tilde{o}\_{i}$(x, y) задает степень достоверности того, что x принадлежит блоку из разбиения Ai/oi, представляемому состоянием y переменной $\dot{}\_{i}$.

Определенная в уравнении (2.9) функция $\tilde{o}\_{i}$ характеризует наблюдения свойства ai в смысле их недостоверности. Ее также можно рассматривать как функцию степени принадлежности, определяющей нечеткое отношение на декартовом произведении Ai × $\dot{V}\_{i}$. В этом смысле $\tilde{o}\_{i}$ можно назвать нечетким каналом наблюдения. Функцию oi будем называть четким каналом наблюдения.

## 2.3 Исходная система

Исходная система представляет собой отношение между тремя примитивными системами: общей представляющей системой, конкретной представляющей системой и системой объектов. Компонентами этих трех систем являются базы, конкретные и общие параметры, а также свойства, конкретные и общие переменные [4].

Обозначим за $\dot{I}$ и I конкретную и общую представляющую системы соответственно. Тогда

|  |  |
| --- | --- |
| $\dot{I}$ = ( { ($\dot{}\_{i}$, $\dot{V}\_{i}$) | i ϵ Nn }, { ($\dot{}\_{j}$, $\dot{W}\_{j}$) | j ϵ Nm } ),  | (2.10) |
|  |  |
| I = ( { (i, Vi) | i ϵ Nn }, { (j, Wj) | j ϵ Nm } ).  | (2.11) |
|  |  |

Далее необходимо определить отношения между тремя примитивными системами O, $\dot{I}$, I.

Отношение между конкретной представляющей системой и системой объекта задается в виде полного канала наблюдения, состоящего из отдельных каналов наблюдения, по одному для каждого свойства или базы из системы объектов. Обозначим через Q четкий полный канал наблюдения:

|  |  |
| --- | --- |
| Q = ( { (Ai, $\dot{V}\_{i}$, oi) | i ϵ Nn }, { (Bj, $\dot{W}\_{j}$, j) | j ϵ Nm } ). | (2.12) |
|  |  |

Отношение между общей представляющей и конкретной системами задаются набором отображений конкретизации, который будем называть каналом конкретизации/абстрагирования **E** :

|  |  |
| --- | --- |
| **E** = ( { ($\dot{V}\_{i}$, Vi, *e*i) | i ϵ Nn }, { ($\dot{W}\_{j}$, Wj, j) | j ϵ Nm } ). | (2.13) |
|  |  |

Исходя из обозначений, можно определить исходную систему S как:

|  |  |
| --- | --- |
| S = (O, $\dot{I}$, I, Q,**E** ).  | (2.14) |
|  |  |

Исходная система, определяемая уравнением (2.14), также как и три ее примитивные системы (O, $\dot{I}$, I) являются нейтральными. Чтобы преобразовать их в направленные системы, нужно чтобы в их определении все переменные (и свойства) были объявлены как входные или выходные. Для I такое объявление можно сделать с помощью функции

|  |  |
| --- | --- |
| u : Nn → {0, 1}, | (2.14.1) |
|  |  |

такой, что если u(i) = 0 или u(i) = 1, то это значит, что переменная i является соответственно входной или выходной. Любую n-ку

|  |  |
| --- | --- |
| u = (u(1), u(2), … , u(n)), | (2.14.2) |

задающую определенный статус для всех переменных системы, назовем определителем входа-выхода.

Определение любой из трех примитивных систем O, $\dot{I}$, I можно легко превратить в определение ее направленного аналога, если добавить к нему конкретный определитель входа-выхода. Обозначим направленные аналоги нейтральных систем теми же символами, но с добавлением знака ^. Тогда

|  |  |
| --- | --- |
| $\hat{O}$ = ( { (ai, Ai) | i ϵ Nn } u { bj, Bj | j ϵ Nm } ), | (2.15) |
|  |  |
| $\hat{\dot{ I }}$ = ( { ($\dot{}\_{i}$, $\dot{V}\_{i}$) | i ϵ Nn } u { ($\dot{}\_{j}$, $\dot{W}\_{j}$) | j ϵ Nm } ), | (2.16) |
|  |  |
| $\hat{ I }$ = ( { (i, Vi) | i ϵ Nn } u { (j, Wj) | j ϵ Nm } ), | (2.17) |
|  |  |

где $\hat{O}$, $\hat{\dot{ I }}$, $\hat{ I }$ – направленные аналоги нейтральных систем O, $\dot{I}$, I. Направленная исходная система $\hat{S}$ определяется как:

|  |  |
| --- | --- |
| $\hat{S}$ = ($\hat{O}$, $\hat{\dot{ I }}$, $\hat{ I }$, Q,**E** ). | (2.18) |
|  |  |

Таким образом, задаётся исходная система, которая определённым образом задаёт объект.

## 2.4 Системы данных

Исходная система – это схема, по которой могут быть сделаны наблюдения отобранных признаков.

Всегда предполагается, что в УРСЗ, данные представляются обобщенными переменными и параметрами. Отсюда следует, что при формировании понятия данных мы можем ограничиться рассмотрением только обобщенной направленной системой I.

Четкие данные представляются функцией

|  |  |
| --- | --- |
| d : W → V, | (2.19) |

где

|  |  |
| --- | --- |
| W = W1 × W2 × … × Wm, | (2.19.1) |
| V = V1 × V2 × … × Vn. | (2.19.2) |

Любому значению полного параметра функция d ставит в соответствие одно полное состояние переменных [1].

Представляющая система I описывает только потенциальные состояния переменных, а функция d дает информацию об их действительных состояниях при неограниченном параметрическом множестве. Система I в соединении с функцией d можно рассматривать как систему более высокого эпистемологического уровня (уровня 1). Будем называть такую систему системой данных и обозначать D. Тогда

|  |  |
| --- | --- |
| D = (I, d). | (2.20) |
|  |  |

Для любого конкретного применения в этом определении должен быть отражен и смысл данных d. Это определяется, заменой представляющей системы I в уравнении (2.20) соответствующей исходной системой S.Такую систему назовем системой данных с семантикой и обозначим SD. Таким образом,

|  |  |
| --- | --- |
| SD = (S, d), | (2.21) |
|  |  |

В данном случае функция d связана с системой S следующим образом: если наблюдение, описываемое с помощью

|  |  |
| --- | --- |
| oi ○ e-1 (xi) = yi | (2.21.1) |

для всех i ϵ Nn (где xi – предполагаемое проявление свойства ai, а yi – соответствующее состояние переменной i), связывается со значением полного параметра wϵ W, то

|  |  |
| --- | --- |
| d(w) = v, | (2.21.2) |

где

|  |  |
| --- | --- |
| v = (y1, y2, …, yn) ϵ V. | (2.21.3) |

Системы данных D и SD нейтральные, так как они определены, соответственно через нейтральную представляющую систему I и нейтральную исходную систему S. Превращение этих систем в их направленные аналоги $\hat{ D}$ и $\hat{} $труда не представляет. Нужно только заменить I на $\hat{ I }$, a S на $\hat{S}$. Таким образом,

|  |  |
| --- | --- |
| $\hat{ D}$ = ($\hat{ I }$, d),  | (2.22) |
|  |  |
| $\hat{}$ = ($\hat{S}$, d)  | (2.23) |
|  |  |

– это направленные системы данных без семантики и с семантикой соответственно.

Если переменные определяются через нечеткие каналы наблюдения, то каждое наблюдение записывается как упорядоченная пара, состоящая из значения полного параметра, с которым связано наблюдение, и n-ки (h1, h2, …, hn) функций

|  |  |
| --- | --- |
| hi = Vi → [0, 1], i ϵ Nn, | (2.24) |
|  |  |

где hi(y) выражает степень уверенности в том, что y является наблюдаемым состоянием переменной i. Определим понятие нечетких данных.

Нечеткие данные представляются функцией

|  |  |
| --- | --- |
| $\tilde{d}$ : W → $\tilde{V}$, | (2.25) |
|  |  |

где

|  |  |
| --- | --- |
| $\tilde{V}$ = { V1 → [0, 1]} × { V2 → [0, 1]} × … × { Vn → [0, 1]}. | (2.25.1) |

Если данные являются нечеткими, то определения систем данных следует изменить, заменив в (2.20) – (2.23) функцию d функцией $\tilde{d}$.

# 3 Порождающие системы

Термин «порождающая система» используется в качестве общего наименования для всех систем уровня 2 в эпистемологической иерархии систем. В этих системах обобщенное параметрически независимое ограничение на рассматриваемые переменные описывается с разных сторон [3].

Системные задачи могут возникать в двух основных контекстах: при исследовании и при проектировании систем. Задачей исследования систем является накопление знаний о различных наборах переменных и параметров, определенных с конкретными целями на существующих объектах. Задачей проектирования систем является использование накопленных знаний для создания новых объектов, для которых на специфицированные переменные наложены определенные ограничения. Несмотря на то, что системные задачи, как при исследовании систем, так и при их проектировании существуют на любом эпистемологическом уровне иерархии систем, ограничимся общим рассмотрением задач, связанных с исходными системами, системами данных и порождающими системами.

Наиболее важной чертой проектирования систем является то, что параметрически инвариантное ограничение на некоторые конкретные переменные определяется пользователем. Иначе обстоит дело с исследованием систем, где это ограничение неизвестно, и задача состоит в том, чтобы адекватно охарактеризовать с учетом конкретной цели исследования.

При проектировании системы функция данных часто определяется неявно через описание их свойств, а не явно в виде матрицы или массива данных.

При сравнении исследования систем и их проектирования на уровне систем данных и порождающих систем, необходимо отличать два класса систем данных, встречающихся при исследовании систем. К первому классу относятся системы данных, в которых переменные не имеют смысла вне параметрического множества, на котором они определены. Второй класс систем составляют системы, в которых переменные не ограничены тем параметрическим множеством, для которого имеются данные.

## 3.1 Эмпирическое исследование

Для любого содержательного эмпирического исследования необходимы три составляющие. Во-первых, должен быть определен объект исследования; во-вторых, должна быть известна цель исследования этого объекта; в-третьих, должны быть определены ограничения, при которых проводится исследование.

Объект исследования представляет собой часть мира, различаемая как единое целое в течение достаточно длительного периода времени и подходящая для какого-либо конкретного исследования.

Цель исследования можно представить как набор вопросов об объекте, на которые исследователь хочет получить ответы.

Ограничения в эмпирическом исследовании представляют ограниченные возможности выбора инструментов, ограниченные финансовые возможности и время, людские ресурсы и мощность вычислительной техники, правовые, моральные и другие нормы, которых должен придерживаться исследователь.

Первым этапом любого эмпирического исследования является определение исходной системы на соответствующем объекте.

После определения исходной системы становится возможным сбор данных. Этот процесс сводится к наблюдению или измерению отобранных свойств при определенных значениях баз и записи этих наблюдений. Затем исследователь предлагает некие эксперименты, в которых согласно осуществимой экспериментально стратегии, связанной с целью исследования, задаются входные свойства. При этом наблюдаются выходные свойства. В результате получается система данных.

После определения системы данных начинается следующий этап эмпирического исследования – обработка данных. Его целью является определение неких параметрически инвариантных свойств переменных, позволяющих экономно представлять данные и, если нужно, порождать их.

Существует ряд параметрически инвариантных свойств, но все они имеют нечто общее. Каждое такое свойство описывает ограничение, наложенное на переменные исходной системы, не меняющиеся в пределах параметрического множества. Разные параметрические инвариантные свойства могут служить характеристиками типов ограничений, связываемых с различными эпистемологическими уровнями, или, наоборот, могут отличаться только способом, каким представляется один и тот же тип ограничений, связанный с определенным эпистемологическим уровнем.

Основные этапы эмпирического исследования изображены на рисунке 4 [1].



Рисунок 4 – Основные этапы эмпирических исследований систем

После того как данные обработаны и определены соответствующие параметрически инвариантные свойства, им необходимо дать интерпретацию с учетом цели исследования, т. е. нужно посмотреть, насколько они полезны для поиска ответов на поставленные в исследовании вопросы. Если на вопросы можно ответить адекватно, то исследование успешно завершено и исследователь может подвести итоги и готовить заключительный отчет. В противном случае он может попытаться обработать данные другим способом. Этот процесс может повторяться несколько раз, причем можно искать параметрически инвариантные свойства как того же уровня, так и других эпистемологических уровней. В конечном счете исследователь получает набор порождающих систем или систем более высокого уровня, каждая из которых с определенной точки зрения правильно представляет данные. Подобный набор взаимодополняющих систем, каждая из которых отражает определенные свойства данных, часто дает исследователю лучшее понимание проблемы, чем какая-либо одна система.

После обработки данных и интерпретации полученных свойств исследователь может также захотеть собрать дополнительные данные для того, чтобы повысить свою уверенность в правильности полученных свойств, или пересмотреть их на основе новых данных. Подобный повторный сбор данных изменяет систему данных, но оставляет без изменений исходную систему. Однако исследователь может переопределить исходную систему. В этом случае он должен повторить весь процесс для новой исходной системы.

Вся процедура эмпирического исследования систем, может быть описана следующим образом:

– дан объект, цель и ограничения эмпирического исследования; на объекте определяется исходная система;

– для данной исходной системы собираются данные и представляются в удобном виде, обычно в виде массива данных;

– данные обрабатываются с целью определения неких представляющих их параметрически инвариантных свойств;

– полученные параметрически инвариантные свойства интерпретируются в соответствии с целью исследования и делаются окончательные выводы или исследование начинается снова с этапа 3, 2 или 1.

## 3.2 Системы с поведением

Порождающими системами называются, системы, содержащие параметрически инвариантные ограничения, которые могут быть использованы для порождения состояний переменных при данном параметрическом множестве, на рассматриваемые переменные.

Термин поведение представляет форму получения характеристики общего параметрически инвариантного ограничения на переменные обобщенной представляющей системы и на некоторые дополнительные абстрактные переменные.

Дополнительные переменные определяются на параметрическом множестве с помощью правил сдвига. Такое правило может быть применено или к переменной из заданной представляющей системы, или к введенной гипотетической переменной, обычно называемой внутренней.

Правило сдвига rj, – это функция

|  |  |
| --- | --- |
| rj : W → W,  | (3.1) |

которая каждому элементу W ставит в соответствие другой элемент W. Если, параметрическое множество полностью упорядочено и представляет собой множество последовательных целых положительных чисел, то любое правило сдвига может быть задано уравнением

|  |  |
| --- | --- |
| rj(w) = w + ρ, | (3.2) |
|  |  |

где ρ – целая константа.

При ρ = 0 rj, называется тождественным правилом сдвига.

Пусть задана обобщенная представляющая система I, определяемая уравнением (2.11). Обозначим через V множество переменных из I, а через R набор правил сдвига, рассматриваемых для этих переменных. Тогда множество переменных S = {s1, s2,...},

называемых выборочными переменными, может быть введено с помощью уравнений

|  |  |
| --- | --- |
| $s\_{k, ω}$ = $\_{i,r\_{j},(w)}$ | (3.3) |
|  |  |

для некоторых переменных $\dot{}\_{i}$ ϵ V и правил сдвига rj ϵ R; $s\_{k, ω}$ обозначено состояние выборочной переменной sk при значении параметра w, a v. (w) – состояние переменной о, при значении параметра rj(w), т. е. при значении, полученном для заданного w, при применении правила сдвига rj. Для полностью упорядоченного параметрического множества, правила сдвига которого имеют вид (3.2), уравнение (3.3) может быть переписано в более определенном виде

|  |  |
| --- | --- |
| $s\_{k, w}$ = $\_{i, w + ρ}$ | (3.4) |
|  |  |

Так как любое правило сдвига из набора R может быть применено к любой переменной из множества V, то множество всех возможных выборочных переменных представляется декартовым произведением V×R. В действительности рассматриваются выборочные переменные, характеризуемые отношением

|  |  |
| --- | --- |
| M $⊆$ V × R  | (3.5) |
|  |  |

так, что всякой паре (i, rj) соответствует одно уравнение из (3.3). Отношение М представляет схему соседства на параметрическом множестве, в терминах которого определены выборочные переменные. Эта схема обычно называется маской. Для введения идентификаторов выборочных переменных k должна быть введена некая однозначная функция (кодирование).

|  |  |
| --- | --- |
| λ : M → N**|**M**|** | (3.6) |
|  |  |

где | М | – это мощность множества М.

Если выборочная переменная sk определена через переменную i и некоторое правило сдвига согласно уравнению (3.3), то множество состояний sk то же самое, что и множество состояний i, т. е. Vi. Однако для удобства обозначений будем множество состояний выборочной переменной обозначать Sk; смысл любого Sk (k ϵ N|M|) однозначно определяется маской в терминах одного из множеств Vi (i ϵ Nn).

Обозначим полностью упорядоченные параметрические множества T, а их элементы t (t ϵ T). При этом уравнение (3.4) немного изменится:

|  |  |
| --- | --- |
| $s\_{k, t}$ = $\_{i, t + ρ}$ | (3.7) |
|  |  |

Для полностью упорядоченных параметрических множеств маска может быть изображена в виде вырезки из матрицы, представляющей декартово произведение V × R.

Часто бывает удобно разбить маску М на подмаски Мi„ каждая из которых связана с одной переменной i из подобной системы. Формально

|  |  |
| --- | --- |
| Mi = {(α, β) | (α, β) ϵ M, α = i}  | (3.8) |
|  |  |

В визуальном (матричном) представлении М подмаски Mi представляют собой строки.

В любой маске один столбец соответствует тождественному правилу сдвига (ρ = 0). Этот столбец имеет особое значение, поскольку связанные с ним выборочные переменные идентичны базовым переменным заданной представляющей системы. Будем этот столбец в масках называть справочником.

Любая маска представляет определенную точку зрения, в соответствии с которой представляются ограничения на базовые переменные. Чтобы задать определенную маску нужно перечислить все полные состояния соответствующих выборочных переменных. В общем виде подобный перечень является подмножеством декартова произведения С, т. е. многомерным отношением, определенным на С. Это отношение определяется функцией

|  |  |
| --- | --- |
| fB : C→{0, 1} | (3.9) |
|  |  |

такой, что fB(с) = 1, если состояние с входит в перечень, и fB(с) = 0 в противном случае. Таким образом, функция fB – это типичная функция выбора. Она выбирает состояния выборочных переменных из множества всех потенциальных состояний.

Некоторая система, система FB, характеризующая параметрически инвариантное ограничение на множество переменных через функции поведения, определяется тройкой

|  |  |
| --- | --- |
| FB = ( I, M , fB), | (3.10) |
|  |  |

где I – обобщенная представляющая система;

М – маски, определенные на I;

fB – функция поведения, определенная через М и I.

Будем такую систему FB называть порождающей системой с поведением [1].

# 4 Структурированные системы

Определение порождающей системы это теоретически первый этап исследования систем.

Структурированная система представляет собой набор исходных систем, систем данных или порождающих систем, имеющих общее параметрическое множество. Системы, образующие структурированную систему, обычно называются ее элементами. Некоторые переменные у них могут быть общими. Общие переменные обычно называются связывающими переменными. Они представляют взаимодействия между элементами. Эти три типа систем называют структурированными исходными системами, структурированными системами данных и структурированными порождающими системами [5].

Для заданной структурированной системы одного из этих типов существует связанная с ней система, определяемая всеми переменными, входящими в ее элементы. Эта система рассматривается как некая полная система, т. е. система, представляющая в виде некоторого целого все входящие переменные. Элементы любой структурированной системы интерпретируются как подсистемы соответствующей полной системы, а полная система – как суперсистема этих элементов. При этом структурированные системы становятся, по существу, представлениями полных систем в виде различных подсистем.

## 4.1 Структурированные исходные системы и системы данных

Как уже указывалось выше, структурированные системы – это множества исходных систем, систем данных или порождающих систем. Они нужны для объединения нескольких систем в большие. Для того чтобы такое объединение было осмысленным, необходимо, чтобы отдельные системы – элементы структурированной системы, были совместимы, т. е. были одного типа и определены на одном и том же параметрическом множестве.

Кроме условия совместимости нужно еще потребовать, чтобы никакой элемент не был подсистемой другого элемента той же структурированной системы. Выполнение этого требования позволяет избежать перемешивания уровней отдельных структурированных систем для того, чтобы они были иерархически упорядочены. Назовем это требование требованием неизбыточности.

Для формального определения структурированных систем предположим, что нейтральная структурированная система состоит из q элементов, удовлетворяющих требованиям совместимости и неизбыточности. Элементы идентифицируются индексом х, где x ϵ Nq. Пусть,

|  |  |
| --- | --- |
| V = {i | i ϵ Nn } | (4.1) |
|  |  |

является множеством всех переменных, входящих в элементы системы, и пусть xV – множество переменных элементов х (x ϵ Nq). Тогда

|  |  |
| --- | --- |
| V = $\bigcup\_{x ϵ Nq}^{}$ | (4.2) |
|  |  |

Будем для удобства обозначений переменные из множеств xV идентифицировать с помощью того же индекса i, что и переменные из полного множества V. Тогда любой элемент однозначно идентифицируется множеством своих переменных xV.

Элементами структурированных систем простейшего типа являются нейтральные исходные системы. Системы этого типа определяются как множество

|  |  |
| --- | --- |
| SS = { (xV, xS) | x ϵ Nq } | (4.3) |
|  |  |

где SS – структурированная система;

через xV обозначено множество переменных, входящих в xS;

xS для каждого x ϵ Nq – нейтральная исходная система.

Исходные системы xS должны удовлетворять требованиям совместимости и неизбыточности.

## 4.2 Задачи проектирования систем

Структурированные системы используются при решении наиболее важных системных задач, возникающих как при исследовании, так и при проектировании систем. В общем случае эти задачи представляют собой системные формулировки различных вопросов, связанных с отношением между частями и целым. Проблемы типа часть-целое, возникающие при исследовании систем, существенно отличаются от тех же проблем, возникающих при их проектировании.

Первым этапом проектирования является определение порождающей системы, представляющей задание, которое должна выполнить данная система. В общем случае это задание представляет собой преобразование состояний соответствующих входных переменных в состояния выходных переменных. Таким образом, полученная порождающая система всегда является направленной.

Следующим после определения конкретной системы с поведением этапом проектирования является определение структурированной системы, удовлетворяющей таким требованиям:

– она реализует функцию поведения выбранной порождающей системы;

– все её элементы представляют собой порождающие системы с определен-ными (подходящими) функциями поведения;

– она удовлетворяет некоторым целевым критериям, определяемым как необ-ходимые;

– она принадлежит к определенному классу структурированных систем (т. е. удовлетворяет некоторым структурным ограничениям).

## 4.3 Задачи идентификации и реконструкции

В исследованиях систем важное место занимают две взаимодополняющие задачи, связанные с взаимоотношением обобщенной системы с поведением и разных множеств ее подсистем. Одна из них основывается на предположении, что система с поведением, рассматриваемая как обобщенная, уже задана. Задача состоит в определении того, какие структурированные системы, состоящие из множеств подсистем заданных обобщенных систем, подходят для реконструкции данной системы с поведением с приемлемым уровнем точности. Во втором случае структурированная система с поведением задана, и задача состоит в том, чтобы вывести свойства неизвестной обобщенной системы [5].

Эти задачи называют соответственно задачей реконструкции и задачей идентификации.

Задача идентификации распадается на две подзадачи. Одна состоит в определении множества всех обобщенных систем с поведением, представленных данной структурированной системой в том смысле, что функции поведения их элементов являются проекциями функции поведения любой из этих обобщенных систем. Это множество обобщенных систем называется реконструктивным семейством рассматриваемой структурированной системы. Вторая подзадача заключается в выборе из реконструктивного семейства такой обобщенной системы, которая задает в определенном смысле лучшую гипотезу относительно реальной обобщенной системы.

Задача реконструкции может быть сформулирована следующим образом: дана система с поведением, рассматриваемая как обобщенная система; требуется определить, а каждый такой набор рассматривается как гипотетическая реконструкция, какие наборы ее подсистем подходят для реконструкции заданной системы с заданной точностью, причем реконструкция должна производиться только по той информации, что содержится в этих подсистемах.

Согласно такой формулировке задачи понятие «реконструкция» становится более конкретным: при реконструкции используется вся информация, полученная из подсистем.

В задаче идентификации несмещенная реконструкция представляет собой хорошо обоснованную гипотезу (оценку) относительно неизвестной обобщенной системы, причем гипотеза эта строится по заданной структурированной системе. Поскольку истинная обобщенная система неизвестна, то невозможно определить, насколько близка к ней эта гипотетическая система. В задаче реконструкции несмещенная реконструкция описывает реконструктивные возможности рассматриваемой гипотезы относительно заданной обобщенной системы. Чем ближе несмещенная реконструкция к истинной (заданной) системе, тем лучше гипотеза.

Любая реконструктивная гипотеза полностью описывается: семейством подмножеств входящих в нее переменных; функциями поведения, соответствующими отдельным подмножествам переменных.

# 5 Метасистемы

Один из способов интегрирования систем состоит в определении соответствующей процедуры. Интегрированные таким образом системы будем называть метасистемами.

Метасистемы вводятся в основном для описания изменений при заданном параметрическом множестве тех системных характеристик, которые определяются как параметрически инвариантные. Такими характеристиками являются множества переменных и соответствующие множества состояний и каналов, функций поведения и соединения структурированных систем. Метасистемы могут быть определены через системы любого из трех определенных ранее типов. Включенные в метасистему системы будем называть элементами. Они должны быть сопоставимы в том смысле, что должны иметь один тип базы (время, пространство, группа) [1].

Для обозначения метасистем будем использовать обозначение оператор М следующим образом: помещенный перед обозначением системы определенного типа, он означает метасистему, элементами которой являются системы данного типа.

Для формального определения метасистем рассмотрим метасистемы, элементами которых являются нейтральные системы с поведением. Всякая метасистема этого типа определяется как тройка:

|  |  |
| --- | --- |
| MFB = (W, FB, r), | (5.1) |
|  |  |

где W – параметрическое множество;

FB – множество нейтральных систем с поведением, чьи параметрические множества являются подмножествами W;

r – процедура замены, реализующая определенную функцию вида

|  |  |
| --- | --- |
| r : W → FB. | (5.2) |
|  |  |

Назовем функцию (5.2) функцией замены.

Можно определить метасистему и для множества систем разных типов. Обозначим MX подобный общий тип метасистем. Тогда

|  |  |
| --- | --- |
| MX=(W, ᴂ, r), | (5.3) |
|  |  |

где ᴂ – произвольное множество систем, чьи параметрические множества являются подмножествами W;

r – снова процедура замены, которая должна реализовывать определенную функцию замены

|  |  |
| --- | --- |
| r: W→ ᴂ. | (5.4) |

## 5.1 Первичные и вторичные характеристики системы

Характеристики, совокупность которых идентифицирует систему, будем называть первичными характеристиками. Любые другие характеристики системы, не участвующие в ее идентификации, назовем ее вторичными характеристиками.

Множество всех характеристик системы образует ее определение. Общим свойством эпистемологической иерархии систем является то, что множество первичных характеристик определенного уровня является подмножеством множества первичных характеристик всех более высоких уровней.

Необходимым условием оперирования с системой при решении задачи является сохранение первичных характеристик, то есть они должны оставаться неизменными.

## 5.2 Многоуровневые метасистемы

Многоуровневые метасистемы: это метасистемы, элементами которых являются метасистемы, элементами которых... и т. д. Такая рекурсия заканчивается на элементах, которые не являются метасистемами.

Будем обозначать многоуровневые метасистемы обобщенным оператором, где Мk – число уровней метасистемы. Двухуровневые метасистемы можно для удобства называть мета-метасистемами [1].

Формально k – уровневая метасистема определяется как тройка

|  |  |
| --- | --- |
| MkX==(Wk, Mk-1ᴂ, rk), | (5.5) |
|  |  |

где Wk – ее параметрическое множество;

Mk-1ᴂ – множество ее элементов (метасистем уровня к-1) чьими конечными элементами являются системы из множества ᴂ, не являющиеся метасистемами;

rk – процедура замены.

# ****6 Информационно – логическая схема****

Модуль принятия надежного решения посредством метасистемы на уровне структурированных систем представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Информационно – логическая схема метасистемы на уровне структурированных систем

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты курсового проекта состоят в следующем:

1 В ходе работы был произведен обзор существующих методов принятия решений научно исследовательской деятельности на основе системологии.

2 Спроектирован модуль принятия надежного решения посредством метасистемы на уровне структурированных систем.

Работа подлежит продолжению, на следующем этапе будут написаны конкретные функции, апробирована работа системы и оттестирована.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Клир Дж. Системология: Автоматизация решения системных задач / Дж. Клир. – М.: Радио и связь, 1990, – 540 c.

2 Флейшман Б. С. Основы системологии – М.: Радио и связь, 1982, – 368 с.

3 Мельников Г. П. Системология и языковые аспекты кибернетики/ Ю. Г. Косарев – М.: Советское радио, 1978, – 368 с.

4 Швецова Н. А., Синельникова Т. И. Методы системологии в системе поддержки принятия решений / Н. А. Швецова, Т. И. Синельникова // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 11 – С. 136 – 137.

5 Гусев А. А. Реализация некоторых методов системологии в компьютерной поддержке принятия управленческих решений / А. А. Гусев // Научный журнал КубГАУ, – 2014, – №103(09) – С. 350 – 368.