

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

Т.И. Булдакова

Исследование сложных систем и процессов

Учебное пособие



Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ им. Н. Э. Баумана

2 0 1 7

УДК 303.732
ББК 32.817
Б96

Издание доступно в электронном виде на портале *ebooks.bmstu.ru*
по адресу: <http://ebooks.bmstu.ru/catalog/117/book1598.html>

Факультет «Информатика и системы управления»
Кафедра «Информационная безопасность»

*Рекомендовано Редакционно-издательским советом
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

Рецензент

профессор кафедры «Информационная безопасность
автоматизированных систем» СГТУ им. Гагарина Ю.А.,
д-р техн. наук, *А.А.Терентьев*

Булдакова, Т. И.

Б96 Исследование сложных систем и процессов : учебное по-
собие / Т. И. Булдакова. — Москва : Издательство МГТУ
им. Н. Э. Баумана, 2017. — 164, [2] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-4511-0

Пособие посвящено актуальным проблемам исследования сложных систем и подходам к их решению. Особое место занимают вопросы, связанные с моделированием систем, диагностированием системных проблем, выбором рационального подхода к их решению, в том числе при многокритериальном выборе.

Для студентов МГТУ им. Н.Э. Баумана, обучающихся по специальности «Информационная безопасность автоматизированных систем». Может быть полезно студентам других специальностей, магистрантам и аспирантам, интересующимся вопросами исследования сложных систем и процессов.

УДК 303.732
ББК 32.817

ISBN 978-5-7038-4511-0

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017
© Оформление. Издательство
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

Предисловие

Учебное пособие предназначено студентам, обучающимся по специальности «Информационная безопасность автоматизированных систем», и магистрантов, обучающихся по направлению «Информационная безопасность», в учебных планах которых предусмотрено изучение дисциплины «Теория систем и системный анализ».

Теория систем и системный анализ — это динамично развивающиеся направления исследований. Их становление обусловлено многими факторами, в том числе усложнением производственных и информационных процессов, развитием наукоемких технологий, потребностью в решении сложных комплексных задач, в том числе в условиях неполных данных.

Объектом исследования теории систем являются сложные системы. Она устанавливает общие принципы и законы функционирования систем, способы их классификации и роль в выборе методов моделирования конкретных объектов, а также свойства и общесистемные закономерности.

Теория систем изучает различные явления без учета конкретной природы и основывается лишь на формальных взаимосвязях между различными составляющими факторами и на характере их изменений под влиянием внешних условий. При этом результаты всех наблюдений объясняются лишь взаимодействием компонентов, например, характером организации и функционирования, а не с помощью непосредственного обращения к природе вовлеченных в явления механизмов (будь они физическими, биологическими, экологическими, социологическими или чисто концептуальными) [23].

На первый взгляд, каждая сложная система имеет свою, только ей присущую организацию, для которой характерны некоторые общие закономерности, позволяющие организации изучаться независимо от конкретного содержания и назначения сложной систе-

мы. Типичные абстрагированные свойства организации — это наличие между элементами отношений подчиненности, чередование и упорядоченность процедур, согласование событий и целей, своевременная передача информации и управления, влияние на направленность процессов, приемы учета неопределенностей и многое другое [38].

Одновременно со становлением теории систем потребности практики привели к возникновению направления, получившего название системные исследования. Возник и ряд родственных направлений: имитационное моделирование, ситуационное управление, структурно-лингвистическое моделирование, информационный подход и др. Их появление обусловлено тем, что исследование сложных систем, особенно в условиях неполных данных, основывается на наблюдении и изучении различных процессов, связанных, например, с функционированием систем, переходом из одного состояния в другое, преобразованием в системах входных потоков информации, ресурсов и энергии в выходные потоки, управлением системами с помощью внешних воздействий.

Сущность системного подхода к исследованию сложных объектов различной природы заключается в том, что все элементы системы и операции в ней должны рассматриваться как одно целое, только в совокупности, исключительно во взаимосвязи друг с другом. При этом основная трудность системных исследований связана с нахождением адекватных понятийных средств представления изучаемых объектов как систем. Результатом применения системного подхода являются системные описания исследуемых или проекты создаваемых объектов.

Наиболее конструктивным из направлений системных исследований считается системный анализ, занимающийся применением методов и моделей теории систем для ее практических приложений к задачам управления. Фактически системный анализ — это синтез идей и принципов теории систем, кибернетики и возможностей вычислительной техники.

Его следует рассматривать как методiku проведения исследования сложных процессов и систем с применением системного подхода, в ходе которого последовательно применяются формализованные и неформализованные методы. Первая группа включает в себя как общенаучные методы, так и специальные приемы изучения поведения конкретного класса систем. Вторая группа пред-

назначена для активизации интуиции и опыта специалистов. Она включает совокупность приемов организации работы исследователей и экспертов, которая позволяет составить описание изучаемой системы и подготовить материал для применения формализованных методов. Поэтому можно сказать, что системный анализ разрабатывает способы исследования разнообразных сложных систем или процессов при нечетко поставленных целях (критериях). Такие исследования необходимы для определения научно обоснованной программы действий с учетом не только объективной, но и субъективной информации.

В настоящее время сфера действия теории систем и системного анализа весьма разнообразна и постоянно расширяется: от постановки научных исследований и теоретических обобщений до проектирования технических объектов и управления предприятиями и организациями.

Развитие навыков системного мышления у будущих инженеров приобретает особую значимость. Здесь можно выделить два аспекта [35]. Во-первых, «Теория систем и системный анализ» как учебная дисциплина является основой для последующих специальных курсов, посвященных изучению систем различной природы: измерительных, промышленных, транспортных, экономических, социальных и т. д. Во-вторых, системный анализ как научное направление тесно связан с теориями информации, управления, принятия решений, проблемами искусственного интеллекта и т. п. В-третьих, системный подход — это жизненная философия, владение которой позволяет успешно решать повседневные задачи, находить нестандартные решения, придерживаясь золотой середины и избегая крайностей.

Дискуссионным остается вопрос о месте дисциплины «Теория систем и системный анализ» в структуре учебного процесса будущих специалистов. Неясно, что более эффективно: преподавать дисциплину на младших или на старших курсах.

Студенты младших курсов не знают особенностей изучаемых систем и предметной области в целом, что не позволяет приводить примеры из соответствующей предметной области, дисциплины которой преподаются на старших курсах. Студенты же старших курсов не владеют системным подходом, не могут выделить общесистемные закономерности при изучении предметной области. Вероятно, целесообразно выбрать золотую середину и преподавать

дисциплину на 2-м или 3-м курсах, приводя примеры из окружающей жизни или изучаемой предметной области на уровне, доступном студентам младших курсов.

Кроме того, учебное пособие может быть полезно для магистрантов и аспирантов, у которых системная аналитическая работа является важной составляющей будущей профессиональной деятельности.

В главе 1 представлены общие сведения о системах как объектах исследования, рассмотрены свойства и принципы классификации систем.

В главе 2 выделены общесистемные закономерности, сформулированы особенности сложных систем и поставлена проблема их исследования в условиях неполных данных.

В главе 3 обсуждаются методы структурного анализа и проектирования систем, подробно рассмотрена методология IDEF0.

В главе 4 представлены методы создания моделей сложных систем по неполным данным о внутренней динамике.

Глава 5 посвящена процессу принятия решений в сложных системах.

Приведенные в конце каждой главы контрольные вопросы и задания могут быть использованы для самопроверки полученных знаний.

В учебном пособии рассмотрены теоретические и практические вопросы исследования сложных систем, способствующие развитию навыков системного мышления у студентов, которые в дальнейшем планируют профессионально заниматься системной аналитической работой.

1. СИСТЕМЫ И ИХ СВОЙСТВА

1.1. Возникновение и развитие системных представлений

Формирование системных представлений происходило в процессе развития человеческого общества достаточно медленно. Здесь можно выделить разные периоды возникновения и развития системных идей и сгруппировать их в три важнейших этапа [40]:

I этап — начался в глубокой древности и завершился к началу XX в.;

II этап — продолжался с начала XX в. до его середины;

III этап — начался со второй половины 50-х годов XX в.

Первый этап — самый длительный, заключающийся в возникновении и развитии системных идей, которые накапливались в практической и познавательной деятельности людей, шлифовались философией, носили разрозненный характер. В это время возникали и оформлялись отдельные идеи и понятия.

На втором этапе происходили теоретизация системных идей, формирование первых системных теорий, широкое распространение системности во все отрасли знания. Системность превратилась в научное знание о системах, оформилась как инструмент познавательной деятельности.

Третий этап характеризуется тем, что происходит превращение системности в метод научных исследований, аналитической деятельности. Он связан с началом научно-технической революции, которая максимально использовала системный метод для научных открытий, осуществления технологических разработок. На этом этапе системность становится всеобщим мировоззрением, которое используют специалисты всех отраслей.

Становление философских основ системного подхода представляет собой длительный процесс. Слово «анализ» греческого происхождения и состоит из двух слов: $\alpha\nu\alpha$ («ана») — вверх и



Рис. 1.7. Классификация систем по типу оператора

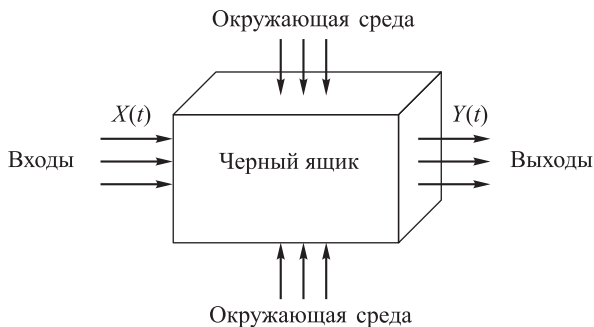


Рис. 1.8. Модель черного ящика

Непараметризованные и параметризованные системы иногда называют серым ящиком. В первом случае известны лишь некоторые априорные свойства закона функционирования системы, его параметры неизвестны. Во втором случае закон известен с точностью до параметров.

Контрольные вопросы и задания к главе 1

1. Каковы этапы развития системных представлений? Охарактеризуйте их.
2. Укажите представителей различных этапов развития системных представлений. Какова их роль в становлении системного подхода?
3. В чем заключается связь системного анализа с теорией систем?
4. Какие идеи использует методология системного анализа? Поясните их на примерах.
5. Поясните понятие «система» и укажите признаки систем.

6. В чем различие между внешними и внутренними связями системы?

7. Дайте определение таким свойствам системы как целостность, интегративность и иерархичность.

8. Что собой представляют такие свойства системы как адаптивность, стабильность, инерционность? Приведите примеры проявления этих свойств.

9. Что такое структура системы? Как она может быть описана?

10. Сформулируйте определение для структурной модели системы.

11. Приведите примеры систем с разной структурой.

12. Укажите признаки классификации систем и дайте определение каждого класса системы.

13. Какие фундаментальные особенности систем неживой природы, биологических и социальных систем позволяет выделить классификация К. Боулдинга?

14. Приведите примеры статических и динамических систем, активных и пассивных систем. Какие признаки классификации позволяют их идентифицировать?

15. К каким классам систем дополнительно могут принадлежать технические, человеко-машинные и организационные системы?

16. Что означают процессы целеполагания и целеосуществления?

17. Приведите примеры систем, предназначенных для выполнения определенной цели, но пригодных и для других задач.

18. Приведите примеры систем, спроектированных специально для реализации нескольких различных целей.

19. Перечислите классы систем по типу внутреннего оператора. Приведите примеры.

20. В каких случаях систему рассматривают как черный ящик? Какими свойствами обладает черный ящик?

2. ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ СИСТЕМ

Выделяют два класса системных задач — задачи исследования существующих систем и проектирования новых [19]. Задача исследования систем состоит в накоплении знаний о свойствах и отношениях существующих объектов в соответствии с конкретными целями. Задача проектирования систем заключается в создании новых объектов с заданными свойствами.

Основным методом исследования сложных систем (как существующих, так и создаваемых) является системный анализ. Особенность всех методик системного анализа состоит в том, что они опираются на понятие систем и используют общие закономерности строения, функционирования и развития систем [1, 3, 19, 23, 31]. Общие этапы для любой методики — это постановка задачи, формирование описания системы и выбор наилучших решений. Специфическими для конкретного исследования этапами могут быть синтез возможных структур изучаемой системы, прогнозирование поведения системы при заданных условиях, выявление способов достижения определенных состояний и др.

2.1. Общесистемные закономерности

При исследовании систем все большее внимание уделяется свойственным им закономерностям.

Закономерностью называют часто наблюдаемое, типичное свойство (связь или зависимость), присущее многим объектам, процессам и явлениям, устанавливаемое опытом. Универсальные или общесистемные закономерности характеризуют потенциальные особенности построения, функционирования и развития сложных систем. Эти закономерности присущи системам различной природы (техническим, экономическим, биологическим, социальным и т. д.). Вот почему выявление таких закономерностей позволяет значительно облегчить перенос знаний об основных

Перспективным направлением создания информационных моделей сложных систем является реконструкция модельных уравнений систем по регистрируемым сигналам (временным рядам) [10, 18]. Применение реконструированных моделей, созданных на основе наблюдаемых значений векторов X и Y , позволяет имитировать поведенческие особенности системы в условиях неполных данных.

Контрольные вопросы и задания к главе 2

1. Почему при исследовании систем необходимо учитывать общесистемные закономерности?
2. Что такое закон необходимого разнообразия, сформулированный У.Р. Эшби?
3. Приведите примеры закономерностей развития систем. Почему развитие системы осуществляется через кризис?
4. Какова роль моделей при исследовании систем?
5. В каких случаях модель доступнее, информативнее и удобнее для исследователя, чем реальный объект?
6. Какие задачи решают с использованием моделей?
7. Почему для одного и того же объекта могут быть построены разные модели?
8. Назовите и поясните признаки классификации моделей.
9. Дайте определение геометрическим моделям. Приведите примеры.
10. В чем проявляется универсальность математических моделей? Приведите примеры.
11. Приведите примеры детализации математического описания объектов для выбранной предметной области.
12. Какими свойствами обладают модели? Как их можно учитывать при исследовании систем?
13. В чем состоит проблема оценки точности моделей? Каковы пути ее решения?
14. Что означает область адекватности модели? Каковы ее отличия от точности модели?
15. Как на практике используют сведения об областях адекватности моделей? Назовите и поясните различные виды областей адекватности моделей.

16. В каком из приведенных вариантов упоминается математическая модель: формула Герона, глобус Земли, молекула водорода, масса тела?

17. В каком из приведенных вариантов упоминается физическая модель: формула Герона, глобус Земли, молекула водорода, масса тела?

18. В чем состоят особенности исследования сложных систем? Поясните ответ на примере конкретных систем.

19. Почему использование традиционных подходов при исследовании сложных систем малоэффективно?

20. Какие подходы используют при исследовании сложных систем? Поясните понятие информационной модели.

3. МЕТОДОЛОГИИ СТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ

При создании новых систем важным этапом жизненного цикла является анализ требований, поскольку он оказывает существенное влияние на все последующие стадии. Обычно на этом этапе разработчик сталкивается с рядом взаимосвязанных проблем [8, 50, 51]:

- разработчику сложно получить исчерпывающую информацию для оценки требований к системе с точки зрения заказчика;
- заказчик, в свою очередь, не имеет достаточной информации о проблемах создания систем и не может судить о реализуемости предъявляемых требований;
- разработчик сталкивается с чрезмерным количеством подробных (неструктурированных) сведений о предметной области;
- спецификация системы может быть непонятна для заказчика из-за объема и технических требований или может быть неточна для программистов в случае ее упрощения.

Эти проблемы могут быть существенно облегчены за счет применения современных структурных методов, среди которых центральное место занимают методологии структурного анализа [8, 17, 26, 44, 46].

3.1. Принципы структурного анализа

Структурным анализом называется метод исследования системы, которое начинается с общего обзора и затем детализируется, приобретая иерархическую структуру с все большим числом уровней. Обычно число элементов на каждом уровне варьирует в диапазоне 3...6–7.

Все методологии структурного анализа базируются на ряде общих принципов, часть из которых регламентирует организацию

Стандарт IDEF0 является одним из самых распространенных и поддерживается большинством ПО, связанных с моделированием бизнес-процессов: BPWin, Design/IDEF, Visio и др. Кроме того, если в процессе моделирования необходимо осветить специфические стороны системы, то BPWin позволяет переключиться на любой ветви модели на нотацию IDEF3 или DFD и создать смешанную модель. Методология IDEF3 включает элемент «перекресток», что позволяет описать логику взаимодействия компонентов системы. Нотация DFD включает такие понятия, как внешняя ссылка и хранилище данных, что делает ее более удобной (по сравнению с IDEF0) для моделирования документооборота.

Контрольные вопросы и задания к главе 3

1. Почему анализ требований является наиболее важным этапом жизненного цикла системы?
2. Назовите основные проблемы, возникающие на этапе разработки концептуальной модели.
3. В чем заключается суть структурного анализа? Перечислите его принципы.
4. Почему соблюдение принципов структурного анализа необходимо на начальных этапах жизненного цикла системы?
5. Перечислите методы структурного анализа и проектирования.
6. Что представляют собой модели «как есть» и «как должно быть»?
7. Поясните понятия «методология», «метод», «нотация», «инструментальные средства».
8. Что такое функциональная модель? Какие преимущества дает иерархическая структура построения диаграмм в функциональной модели?
9. Перечислите методологии семейства IDEF. Почему они позволяют эффективно отображать и анализировать модели деятельности широкого спектра сложных систем?
10. Какие методики семейства IDEF относятся к информационному моделированию?
11. С какой целью создаются диаграммы потоков данных? Перечислите требования, предъявляемые к процессу построения диаграмм потоков данных.
12. Какими критериями следует пользоваться при принятии решения о прекращении дальнейшей детализации процесса?

13. В чем заключается проверка модели системы на полноту и согласованность?

14. Что является сущностями, их атрибутами и связями при описании учебного процесса в вузе? Постройте ER-модель.

15. Какими характеристиками обладают связи в ER-модели?

16. Зачем создаются диаграммы переходов состояний?

17. В каких случаях используются таблицы и матрицы переходов состояний? Что они собой представляют?

18. Охарактеризуйте методологию IDEF0. Что представляет собой модель системы? В чем заключается процесс моделирования?

19. Поясните назначение и смысл построения функциональных моделей.

20. В чем сходство и различие между методологиями DFD и IDEF0?

4. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ПО НЕПОЛНЫМ ДАННЫМ О ВНУТРЕННЕЙ ДИНАМИКЕ

Существуют разные способы построения моделей динамических систем (ДС). Большинство из них оперируют либо с информацией о физических процессах, протекающих в системах, либо с данными о выходных реакциях систем на заданные входные воздействия.

Наиболее сложным является случай так называемого черного ящика, когда доступна для наблюдения только зависимость от времени одной из характеристик, описывающих состояние системы. Такая зависимость $a(t)$, измеренная в течение конечного времени t_0 , называется наблюдаемой (или реализацией) системы, а при дискретизации с шагом Δt ($a(i\Delta t) = a_i$, $i = 1, \dots, N$; $N = [t_0/\Delta t]$) она носит название временного ряда.

В случае когда детальные сведения о сложной системе отсутствуют или их явно недостаточно для создания модели, возникает проблема ее разработки (реконструкции) на основе неполной информации о внутренней динамике. Зачастую единственная информация о сложной системе содержится лишь в регистрируемых сигналах. Такими сигналами могут быть медицинские и биологические сигналы, показатели финансового рынка, информационные потоки в сетях связи, колебательные и волновые процессы в радиофизических устройствах и т. д.

В зависимости от целей исследования разработка моделей систем по динамическим рядам характеристик может осуществляться на базе методов анализа временных рядов, многомерного статистического анализа, методов анализа детерминированного хаоса, искусственных нейронных сетей.

Особенности двух методов

Классическая реконструкция	Нейросетевая реконструкция
1. Фазовое пространство реконструированной системы имеет один аттрактор	1. Количество аттракторов в фазовом пространстве сети равно количеству распознаваемых образов
2. Зашумление сигнала снижает эффективность реконструкции	2. Нейронная сеть способна распознавать зашумленные образы
3. Реконструкция проводится многократно, т. е. для каждой реализации сигнала одной и той же системы	3. Обучение проводится один раз, сразу для всех характерных типов сигналов, в том числе и разных систем (но одного класса)
4. Проводится без учета постановки задачи. Применяется для анализа состояния системы, прогноза ее развития	4. Постановка задачи учитывается при обучении сети. Применяется для распознавания образов

Таким образом, в отличие от модели, реконструированной универсальными методами, нейронная сеть является более гибким средством моделирования, способным адаптироваться к исходным условиям задачи. Дальнейшие исследования направлены на совершенствование методики определения матрицы связи и структуры сети, которые гарантированно приводят к предельным циклам.

Контрольные вопросы и задания к главе 4

1. Что такое «временной ряд»? Приведите примеры временных рядов. Какие системы их генерируют?
2. Что понимается под реконструкцией математической модели системы по временному ряду? Какова цель реконструкции?
3. Приведите примеры практических приложений задачи реконструкции систем.
4. В чем состоит неоднозначность задачи реконструкции систем?
5. Что такое «переменная состояния» системы? Приведите примеры.
6. Поясните суть теоремы Такенса.
7. Как восстанавливаются неизвестные переменные состояния в соответствии с теоремой Такенса?

8. Приведите различные способы задания вектора состояния при реконструкции.

9. Перечислите и поясните основные этапы реконструкции математической модели системы.

10. Составьте выражение для нелинейной функции при следующих параметрах реконструкции: $n = 3$, $v = 2$.

11. Как можно оценить адекватность реконструированной модели?

12. Как параметры реконструкции влияют на адекватность модельной системы? Почему шум измерения влияет на качество реконструкции?

13. Почему вычисление производных является узким местом в алгоритме реконструкции ММС?

14. Укажите и поясните типичные случаи результатов реконструкции.

15. Почему успех реконструкции в значительной степени определяется постановкой задачи?

16. Что понимают под нейросетевой реконструкцией систем?

17. Какие типы сетей целесообразно использовать для реконструкции систем?

18. В чем заключается сходство и различие основных этапов процедуры реконструкции в нелинейной динамике и обработки данных на нейронных сетях?

19. Что понимается под аттрактором в фазовом пространстве сети?

20. Почему нейронная сеть является более гибким средством моделирования в отличие от модели, реконструированной универсальными методами?

5. ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ

Проблема принятия решений занимает важное место в процедурах системного анализа. Принятие решений часто требуется при разработке или усовершенствовании какой-либо системы. В качестве особенности задач, встающих перед системными аналитиками, необходимо отметить требование оптимальности принимаемых решений. Так, в ходе проектирования может возникнуть необходимость обеспечить наилучшие показатели по ряду характеристик новых систем, например, добиться максимального быстрого действия, минимальных габаритов, стоимости и т. п. при сохранении всех остальных требований в заданных пределах. Не менее важно принятие решений и при функционировании уже созданной и отлаженной системы (как, например, в автоматизированных системах). В этом случае решения направлены на обеспечение требований по максимизации эффективности функционирования, надежности работы оборудования, оптимизации обслуживания системы, распределения ресурсов и т. п.

5.1. Характеристика процесса принятия решений

Процесс принятия решений неразрывно связан с основными этапами исследования систем, к которым относятся:

- 1) общая постановка задачи исследования, формулировка проблемы;
- 2) выбор показателя эффективности (целевой функции);
- 3) математическая постановка задачи;
- 4) разработка модели функционирования системы;
- 5) моделирование функционирования системы — сравнение альтернативных вариантов функционирования системы по выбранной целевой функции (показателю эффективности);
- 6) принятие решения.

Контрольные вопросы и задания к главе 5

1. Что понимают под процессом принятия решений?
2. Как можно количественно оценить эффективность принятого решения?
3. Какие концепции используются при выборе подходящего решения из множества альтернативных решений?
4. В каких случаях задачи многокритериального выбора могут быть сведены к однокритериальным?
5. Объясните, как формируются частные и обобщенные целевые функции на примере выбранного технического объекта.
6. Проведите анализ систем поддержки принятия решений и систем поддержки принятия стратегических решений. Что у них общего и чем они различаются?
7. Поясните общую структуру экспертной системы. Приведите примеры экспертных систем.
8. Сформулируйте задачи построения систем поддержки принятия решений.
9. На какие классы делятся задачи анализа в зависимости от степени интеллектуальности обработки данных?
10. Перечислите способы построения подсистем анализа СППР.
11. Поясните смысл понятия «нечеткость» знаний. Дайте характеристику компонентам нечеткости.
12. Перечислите основные особенности нечеткой логики.
13. Что понимают под нечетким множеством и нечетким отношением?
14. Приведите примеры нечетких правил для реализации в системе с нечетким выводом.
15. Перечислите основные этапы обработки нечетких правил вывода в экспертной системе.

Литература

Основная

1. Волкова В.Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство «Юрайт», 2015. 461 с.
2. Качала В.В. Основы теории систем и системного анализа. М.: Горячая линия-Телеком, 2012. 210 с.
3. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Интеллектуальные информационные системы. М.: Финансы и статистика, 2004. 424 с.

Дополнительная

4. Анищенко В.С., Вадивасова Т.Е., Астахов В.В. Нелинейная динамика хаотических и стохастических систем. Фундаментальные основы и избранные проблемы / Под ред. В.С. Анищенко. Саратов: Издательство Саратовского университета, 1999. 368 с.
5. Афанасьева О.В., Голик Е.С., Первухин Д.А. Теория и практика моделирования сложных систем. СПб.: СЗГУ, 2005. 131 с.
6. Большаков А.А., Каримов Р.Н. Методы обработки многомерных данных и временных рядов. 2-е изд., стереотип. М.: Горячая линия-Телеком, 2014. 522 с.
7. Булдакова Т.И. Методы реконструкции систем. Саратов: ПАГС им. П.А. Столыпина, 2004. 124 с.
8. Булдакова Т.И. Проектирование информационных систем управления. Саратов: ПАГС им. П.А. Столыпина, 2007. 160 с.
9. Булдакова Т.И. Численные методы оптимизации. Саратов: Изд-во СГТУ, 1997. 66 с.
10. Булдакова Т.И., Суятинов С.И. Идентификация и исследование сложных систем. Саратов: Изд-во СГТУ, 2009. 108 с.
11. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине: пер с англ. 2-е изд. М.: Наука, 1983. 344 с.
12. Дрогобыцкий И.Н. Системный анализ в экономике. М.: Финансы и статистика, 2009. 512 с.

13. Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами / под ред. А.А. Большакова. М.: Горячая линия-Телеком, 2006. 160 с.

14. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления сложными организационно-техническими системами / Г.Я. Ратушняк, Р.В. Катюха, И.Л. Гнездилов. М.: Спутник+, 2010. 198 с.

15. *Калман Р., Фалб П., Арбиб М.* Очерки по математической теории систем. 2-е изд., стереотип. М.: Едиториал УРСС, 2004. 400 с.

16. *Калужский М.Л.* Общая теория систем. Курс лекций. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. 144 с.

17. *Калянов Г.Н.* Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов. М.: Финансы и статистика, 2007. 240 с.

18. *Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 288 с.

19. *Клир Дж.* Системология. Автоматизация решения системных задач. М.: Радио и связь, 1990. 534 с.

20. *Лодон Дж., Лодон К.* Управление информационными системами. 7-е изд. СПб.: Питер, 2005. 912 с.

21. *Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б.* Современные проблемы нелинейной динамики. М.: Эдиториал УРСС, 2000. 336 с.

22. *Матвеев Ю.Н.* Основы теории систем и системного анализа: учеб. пособие. Тверь: ТГТУ, 2007. 100 с.

23. *Месарович М.* Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, Я. Такахара. М.: Мир, 1973. 344 с.

24. *Месарович М., Такахара Я.* Общая теория систем: математические основы. М.: Мир, 1978. 312 с.

25. Методы и модели информационного менеджмента / Д.В. Александров, А.В. Костров, Р.И. Макаров, Е.Р. Хорошева. М.: Финансы и статистика, 2007. 336 с.

26. *Норенков И.П.* Автоматизированные информационные системы. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 342 с.

27. Основы теории системного анализа: качество и выбор / Б.И. Герасимов, Г.Л. Попова, Н.В. Злобина. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. 80 с.

28. *Осовский С.* Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польск. И.Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2002. 344 с.

29. *Павлов С.Н.* Теория систем и системный анализ. Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2003. 134 с.
30. *Портер У.* Современные основания общей теории систем. М.: Наука, 1971. 556 с.
31. *Прангшивили И.В.* Системный подход и общесистемные закономерности. М.: СИНТЕГ, 2000. 528 с.
32. *Прангшивили И.В.* Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами. М.: Наука, 2003. 428 с.
33. *Пригожин И.* От существующего к возникающему. М.: Наука, 1985. 327с.
34. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса: новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
35. *Романов В.Н.* Системный анализ для инженеров. СПб.: СЗГЗТУ, 2006. 186 с.
36. *Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / пер. с польск. И.Д. Рудинского. М.: Горячая линия-Телеком, 2004. 452 с.
37. Системный анализ в информационных технологиях: учеб. пособие / Ю.Ю. Громов, Н.А. Земской, А.В. Лагутин, О.Г. Иванова, В.М. Тютюнник. 2-е изд., стереотип. Тамбов: Изд-во Тамбовского гос. техн. ун-та, 2007. 176 с.
38. Системный анализ и принятие решений: словарь-справочник: учеб. пособие для вузов / под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004. 616 с.
39. *Спицнадель В.Н.* Основы системного анализа: учеб. пособие. СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000. 326 с.
40. *Сурмин Ю.П.* Теория систем и системный анализ: учеб. пособие. Киев: МАУП, 2003. 368 с.
41. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие / В.Н. Чернышов, А.В. Чернышов. Тамбов: Изд-во Тамбовского гос. техн. ун-та, 2008. 96 с.
42. *Трофимова Л.А., Трофимов В.В.* Методы принятия управленческих решений: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2012. 101 с.

43. *Хакен Г.* Синергетика. М.: Мир, 1980. 293 с.
44. *Черемных С.В.* Моделирование и анализ систем: IDEF-технологии. Практикум. М.: Финансы и статистика, 2005. 192 с.
45. *Черноруцкий И.Г.* Методы принятия решений. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 416 с.
46. *Шумский А.А., Шелупанов А.А.* Системный анализ в защите информации. М.: Гелиос АРВ, 2005. 234 с.
47. *Haken H.* Information and self-organization: a macroscopic approach to complex systems. Berlin: Heidelberg; New York: Springer, 2006. 257 p.
48. *Kalman R.E.* Probability in the Real World as a System Attribute // *CWI Quarterly*. 1996. Vol. 9(3). Pp. 181–204.
49. *Rapoport A.* General System Theory: Essential Concepts & Applications. Kent: Abacus Press, 1986. 250 p.
50. *Satzinger J., Jackson R., Burd S.* Introduction to Systems Analysis and Design. 6th ed. Boston: Course Technology, 2011. 512 p.
51. *Wasson C.* System Analysis, Design and Development: Concepts, Principles and Practices. Hoboken: Wiley, 2006. 832 p.

Оглавление

Предисловие	3
1. Системы и их свойства	7
1.1. Возникновение и развитие системных представлений	7
1.2. Система как объект исследования	19
1.3. Общая структура системы	26
1.4. Классификация систем	30
Контрольные вопросы и задания к главе 1	38
2. Основные подходы к исследованию систем	40
2.1. Общесистемные закономерности	40
2.2. Модели и их роль при исследовании систем	53
Цели моделирования систем	53
Классификация и свойства моделей	56
2.3. Основные подходы к исследованию сложных систем в условиях неопределенности	65
Контрольные вопросы и задания к главе 2	69
3. Методологии структурного анализа и проектирования систем ..	71
3.1. Принципы структурного анализа	71
3.2. Средства структурного анализа и проектирования	74
Общая характеристика инструментальных средств	75
DFD-диаграммы потоков данных	78
ERD-диаграммы сущность — связь	82
STD-диаграммы переходов состояний	86
3.3. Методология IDEF0	88
Контрольные вопросы и задания к главе 3	97
4. Разработка моделей сложных систем по неполным данным о внутренней динамике	99
4.1. Задача реконструкции системы по наблюдаемому временному ряду как обратная задача нелинейной динамики	100
Реконструкция аттрактора	102

Определение размерности вложения	105
Построение модели исследуемой системы	106
4.2. Нейросетевая реконструкция систем	112
Задача реконструкции систем на нейронных сетях	113
Анализ реконструкции систем на нейронных сетях	116
Контрольные вопросы и задания к главе 4	122
5. Принятие решений в сложных системах	124
5.1. Характеристика процесса принятия решений	124
5.2. Классификация задач принятия решений	129
5.3. Формирование критерия выбора в многокритериальных задачах принятия решений	135
5.4. Информационная поддержка процессов принятия решений	139
Типы информационных систем для поддержки процессов принятия решений	140
Стратегические информационные системы	143
Системы поддержки принятия решений	146
Особенности построения систем поддержки принятия решений	147
Экспертные системы принятия решений	149
5.5. Применение нечеткой логики в системах поддержки принятия решений	150
Контрольные вопросы и задания к главе 5	157
Литература	158

Учебное издание

Булдакова Татьяна Ивановна

Исследование сложных систем и процессов

Редактор В.В. Коростелина

Художник Я.М. Ильина

Корректор Р.В. Царева

Компьютерная графика О.В. Леваишовой

Компьютерная верстка Н.Ф. Бердавцевой

Оригинал-макет подготовлен
в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты
Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 18.10.2016. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 10,25. Изд. № 026-2016.

Тираж 100 экз. Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
press@bmstu.ru
www.baumanpress.ru

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.
baumanprint@gmail.com