

ПРОЦЕДУРА ИДЕНТИФИКАЦИОННО-СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА КРИТИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Жашкова Т.В.¹

¹ФГБОУ ВПО "Пензенский государственный технологический университет", г. Пенза, Россия (440039, Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11), e-mail: Zhashkovat@mail.ru

Современный уровень развития сложных систем, содержащих физические объекты, вызывает необходимость решения как теоретических, так и практических задач идентификации их критических состояний. Решение задач идентификации существенным образом определяется уровнем развития современных информационных технологий в области систем мониторинга и контроля, а также теоретических разработок в области описания состояний сложных систем. В работе предполагается разработка процедуры идентификационно-структурного синтеза моделей, предназначенная для анализа критических состояний сложных систем, который в дальнейшем позволит реализовать адаптивные алгоритмы нейросетевой идентификации их состояний. В статье приведена структура технически сложного объекта, топологическая структура. Для процедуры объектно-ориентированного моделирования использован язык UML, что позволило обеспечить комплексный подход к представлению идентификационно-структурного синтеза информационных моделей.

Ключевые слова: идентификационно-структурный синтез, информационная модель, сложная система, топологическая структура, технически сложный объект, функциональная структура, семантическая структура

IDENTIFICATION PROCEDURE-STRUCTURAL SYNTHESIS OF MODELS FOR THE ANALYSIS OF CRITICAL CONDITIONS OF COMPLEX SYSTEMS

Zhashkova T.V.¹

¹Penza State Technological University, Penza, (440039, Penza, 1a/11 Baydukov pr./ Gagarin St.), e-mail: Zhashkovat@mail.ru

The present level of development of complex systems that contain physical objects, is the need to address both theoretical and practical problems of identification of critical states. Meeting the challenges of identification is significantly determined by the level of development of modern information technology in the field of monitoring and control systems, as well as theoretical developments in the description of the complex systems. The work is expected to develop a procedure of identification and structural synthesis models designed for the analysis of the critical states of complex systems, which in the future will implement adaptive neural network algorithms for the identification of their states. The article describes the structure of technically complex objects, the topological structure. Procedures for object-oriented modeling language used UML, which allowed for a comprehensive approach to the presentation of the ID-structural synthesis of information models.

Keyworlds: identification and structural synthesis, information model, complex system, the topological structure, technically complex, object functional structure, semantic structure

Сложность решения задачи идентификации критических состояний сложных систем по результатам мониторинга параметров физических объектов их образующих определяется сложностью и нелинейностью моделей систем, статическими и динамическими погрешностями измерения параметров и большими объемами вычислений [1]. В статье предлагается применить нейросетевую идентификацию критических состояний сложных систем на базе искусственных нейронных сетей (ИНС), обладающих свойствами адаптивности, параллелизма вычислений, возможностями обучения, что позволит сделать вывод об их перспективности при решении задач идентификации критических состояний.

Предлагаемый далее обобщенный подход к идентификации критических состояний сложных систем основан на анализе и оптимизации технически сложных объектов. Предполагает согласование процедуры нейросетевой идентификации, структуры ИНС, а также требований к статическим и динамическим параметрам сложных систем с возможностями аппаратно-программных платформ, что обеспечивает использование современных методов объектно-ориентированного моделирования. Для процедуры объектно-ориентированного моделирования использован язык *UML*, что позволило обеспечить комплексный подход к представлению нейросетевой системы идентификации критических состояний сложных систем в виде совокупности взаимосвязанных диаграмм. В качестве программной платформы *UML*-моделирования использован пакет *Enterprise Architect 7.0*.

Сложная система имеет информационную модель технически сложного объекта (ТСО). Под технически сложным объектом будем понимать описание некоторой сущности (реального объекта, явления, процесса, события) в виде совокупности логически связанных реквизитов (информационных элементов). Такими сущностями могут служить физические объекты, образующие сложные системы. В состав технического объекта входят структурированные данные, процедуры и функции и работы и с ними, а также специализированные алгоритмы идентификации и принятия решений [3].

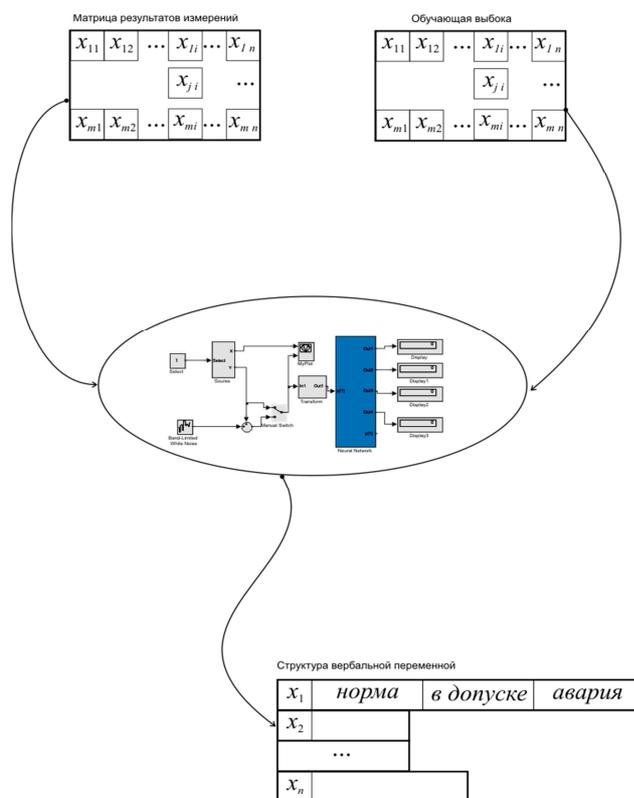


Рис.1. Модель сложной системы в виде совокупности ТСО

При построении сложной системы априорно производится анализ исследуемой системы, в процессе которого осуществляется ее декомпозиция на подсистемы, свойства которых

известны из ранее накопленного опыта, и производится их описание с использованием законов природы, нормативных документов, ранее накопленных экспериментальных данных. Сложная система отличается реализацией алгоритмов нейросетевой идентификации (рис. 1), которая облегчает структурирование информации.

Формальное математическое описание этих подсистем становится моделью всей системы [1, 2]. Обычно математическая модель хранится в форме информационной модели, структура которой обычно отражает топологию исследуемой системы.

Обобщенную структурную модель можно представить кортежем вида $S = \langle E, V, P, R \rangle$, в котором

$E = \langle E_S, E_I \rangle$ – носитель модели;

E_S – подмножество основных элементов носителя, задающих элементы (сущности) моделируемой системы на выбранном уровне глубины структурного описания;

$E_I \subset I$ – подмножество вспомогательных элементов носителя, идентифицирующих элементы подмножества E_S и их связи;

I – универсальное множество элементов;

$V = \langle V_E, V_S \rangle$ – сигнатура модели;

V_E – подмножество предикатов, задающих виды отношений на множестве $E_S \cup E_I$;

V_S – подмножество предикатов, задающих виды отношений на множестве E_S ;

P – синтаксические правила формирования обобщенной структурной модели;

R – семантические правила формирования обобщенной структурной модели.

Подмножество E_S представляет конечное (счетное) множество элементов любой природы. Поскольку элемент является первичным понятием структуры, он выбирается таким образом и на такой глубине детализации, чтобы обеспечить решение поставленной задачи исследования структуры. На элементы структурной модели E_S не накладывается никаких ограничений, так как их формирование осуществляется с помощью средств, не принадлежащих самой структурной модели [2].

Обобщенную структурную модель $S = \langle E, V, P \rangle$, построенную в виде множества синтаксически правильных структурных совокупностей с использованием исходной системы аксиом P и представленную кортежем $S_P = \langle E, v_\pi^P, v_n^P, v_{S_1}^P, \dots, v_{S_i}^P, \dots, v_{S_m}^P \rangle$, назовем обобщенной синтаксической структурной моделью.

Обобщенную синтаксическую структурную модель вида

$S = \langle E, v_{\pi}^P, v_n^P, v_{s_1}^P, \dots, v_{s_i}^P, \dots, v_{s_m}^P \rangle$ предлагается использовать в качестве обобщенной структурной модели для формализации модификаций сложных структур различных порядков сложности и инвариантных методов решения задач.

Весь класс синтаксических структур в зависимости от структурной сложности разделим на четыре подкласса:

- вырожденные синтаксические структуры (C_{-1});
- синтаксические структуры нулевого порядка сложности (C_0);
- синтаксические структуры первого порядка сложности (базовые синтаксические структуры (C_1));
- синтаксические структуры произвольного k -го порядка сложности (C_k).

Синтаксические структуры, в отличие от семантических, описывают нечто общее, присущее системам (совокупность элементов и их связность), имеющим различные качественные описания атрибутов элементов и видов связей.

Таким образом, показана целесообразность построения информационной модели сложных систем в виде совокупности семантически взаимосвязанных ТСО. Предложено также в функциональную структуру ТСО включать не только данные и стандартные процедуры их обработки, но и алгоритмы выделения информативных составляющих на фоне неинформативных, а также специализированные процедуры идентификации. При этом сам ТСО получается распределенным, поскольку семантически объединяет топологически распределенные данные (рис. 2).

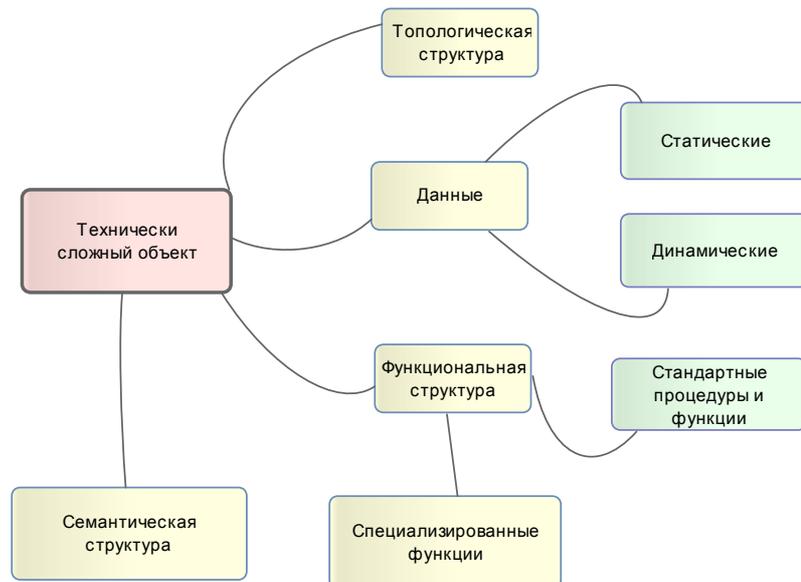


Рис. 2. Mind mapping diagram структура технически сложного объекта

Оптимизация технически сложного объекта предполагает оптимизацию его семантической и топологической структуры. Семантическая структура ТСО, входящих в состав информационной модели сложной системы, оптимизируется по критерию максимальной вероятности идентификации нештатных и критических ситуаций. При оптимизации топологической структуры необходимо максимально эффективно использовать возможности аппаратно-программного обеспечения систем мониторинга и контроля сложных систем, включающего интеллектуальные датчики, микропроцессорные системы цифровой обработки данных, каналы связи и специализированные процессоры.

В соответствии с предложенным обобщенным подходом к идентификации критических состояний ТСО, основанном на анализе и оптимизации семантической и топологической структуры распределенных информационных объектов, функциональная структура которых включает в себя специализированные алгоритмы выделения информативных составляющих на фоне неинформативных и процедуры нейросетевой идентификации, разрабатывается процедура идентификационно-структурного синтеза информационных моделей для анализа критических состояний сложных систем (рис. 3).

В общем случае при разработке информационных моделей сложных систем необходимо решить две основные задачи:

- определение структуры исследуемой сложной системы;
- определение параметров элементов заданной или принятой структуры.

Соответственно процедура идентификационно-структурного синтеза моделей сложных систем включает в себя два этапа.

На первом этапе по результатам системного анализа сложной системы строится система мониторинга и контроля ее состояний. При построении моделей учитываются экспертные знания, т.е. знания экспертов в предметной области, аккумулирующие накопленный опыт. Этот тип знаний плохо структурированный, частично противоречивый.

Кроме того, при построении моделей анализируются экспериментальные данные. Как правило, большинство сложных систем исследуются длительное время. При этом результаты наблюдений не носят систематический характер, но проводятся с разными целями. Однако эти данные, полученные в течение длительного интервала времени, зачастую являются единственными данными о процессах, протекающих в сложной системе. Целью анализа априорных данных должно стать их структурирование, разработка планов эксперимента и определения, какие именно данные в процессе эксперимента отсутствуют и не могут быть использованы.

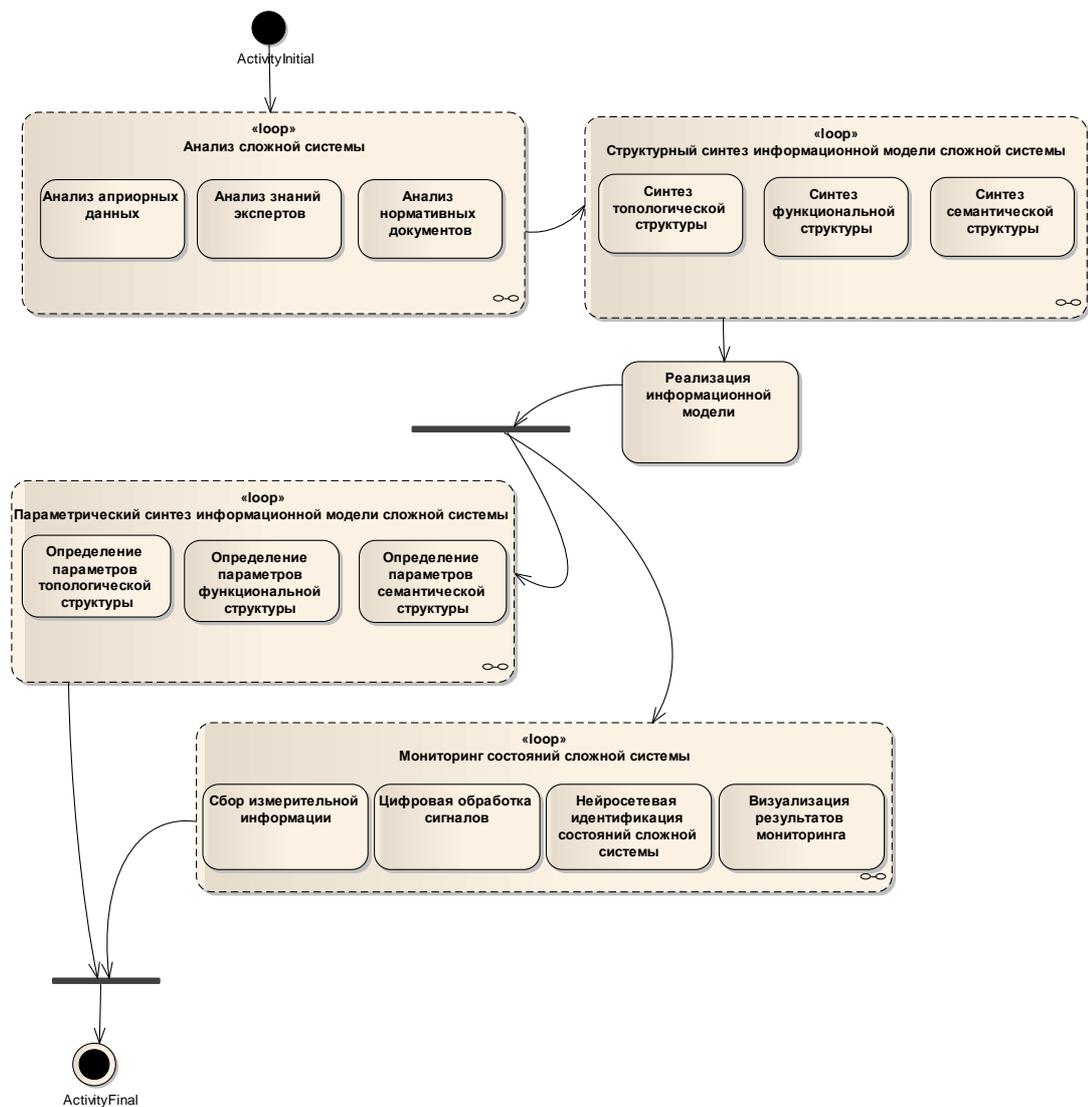


Рис. 3. Процедура идентификационно-структурного синтеза моделей сложных систем

По результатам анализа сложной системы происходит определение структурного синтеза информационной модели сложной системы, который подразделяется на определение топологической, функциональной и семантической структуры.

Структурная адаптация оптимизирует топологическую структуру ТСО, то есть определяет, где и какие данные хранятся с точки зрения оптимизации хранимых данных и мест выполнения операций. Топологическая структура отражает, с одной стороны, топологию исследуемых физических объектов как элементов сложных систем, а с другой стороны, иерархическую структуру обработки данных, включающую интеллектуальные датчики, интеллектуальные контроллеры и серверы разных уровней.

На рис. 4 представлена топологическая структура данных, хранимых в рамках сложной системы, обеспечивающая мониторинг посредством многопараметровых интеллектуальных датчиков, имеющих сенсоры давления и сенсоры температуры.

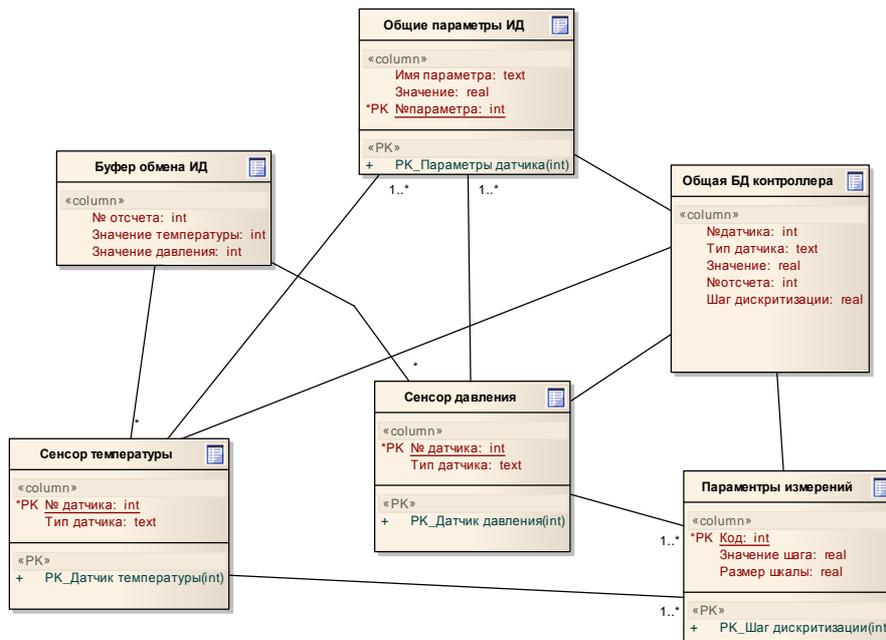


Рис. 4 Диаграмма классов – топологическая структура данных

В соответствии с предложенным подходом в функциональную структуру ТСО были включены не только данные и стандартные процедуры их обработки, но и алгоритмы выделения информативных составляющих на фоне неинформативных, а также специализированные процедуры нейросетевой идентификации критических состояний сложной системы. При этом сам информационный объект получается распределенным, поскольку семантически объединяет топологически распределенные данные.

К параметрической адаптации информационной модели сложной системы относят информацию в виде числовых величин, которые характеризуются результатами количественных исследований явлений и объектов. Она включает в себя определение параметров топологической структуры, функциональной структуры и семантической структуры.

На втором этапе в процессе работы системы мониторинга и контроля осуществляется накопление экспериментальных данных, выполняется их идентификация и уточнение исходной модели сложной системы в виде совокупности ТСО, ее функциональной, топологической и семантической структуры. Задача идентификации критических состояний сложной системы формулируется как задача структурно-параметрической оптимизации информационной модели по результатам мониторинга. При этом необходимо учитывать, что исследуемая система может находиться под воздействием как известных управляющих воздействий, так и систематических и случайных воздействий внешней среды.

Таким образом, исходя из всего вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

1. Для оптимизации работы алгоритма нейросетевой идентификации необходимо синтезировать обучающую выборку с учетом априорных данных, полученных в результате наблюдений, знаний экспертов, нормативных документов и других источников информации, аккумуля-

лирующие накопленный опыт. Предварительный анализ данных должен отсеять заведомо семантически неопределенные данные. Такие семантические взаимосвязи должны опираться на экспертные знания и физические законы.

2. В статье показана целесообразность построения информационных моделей сложных систем в виде совокупности семантически взаимосвязанных ТСО. Предложено также в функциональную структуру информационного объекта включать не только данные и стандартные процедуры их обработки, но и алгоритмы выделения информативных составляющих на фоне неинформативных. При этом сам технически сложный объект получается распределенным, поскольку семантически объединяет топологически распределенные данные.

3. Разработанная процедура идентификационно-структурного синтеза моделей для анализа критических состояний сложных систем позволит разработать адаптивные алгоритмы нейросетевой идентификации критических состояний сложных систем.

Список литературы

1. Жашкова Т.В. Обобщенные структурные модели информационных объектов/ Т.В. Жашкова, А.Б. Щербань, К.Е. Братцев// Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки №8, 2009г. – Пенза, ПГУ. – С. 12-22.
2. Жашкова Т.В. Семантическая структурная модель k-го порядка / Т.В. Жашкова, А.Б. Щербань // Обзорение прикладной и промышленной математики: Шестой всероссийский симпозиум. – Вып.4. Т.15. – М.: Редакция журнала «ОПиПМ», 2008. – С.471-472.
3. Жашкова Т.В. Синтез обобщенной информационной модели нейросетевой идентификации распределенных информационных объектов/ Т.В. Жашкова, М.Ю. Михеев // Современные информационные технологии: тр. междунар. научн.-технич. конф. Вып. 9. – Пенза: ПГТА, 2009. – С. 26-30.
4. Калянов Г.Н. CASE: Структурный системный анализ (автоматизация и применение). – М.: Лори, 1996. – 242 с.
5. Browne, Jimmie. Production management systems: an integrated perspective // Jimmie Browne, John Harhen, James Shivnan. 2 ed., Addison-Wesley Publishing Company, 1996.
6. Patterson D.A. Computer Architecture. A Quantitative Approach. – San Francisco California, 1996. – 760 p.

Рецензенты:

Михеев М.Ю., д.т.н., профессор, кафедры «Информационные системы и технологии», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза.

Истомина Т.В., д.т.н., профессор, кафедры «Информационные технологии и менеджмент в медицинских и биотехнических системах», ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет», г. Пенза.