

ВВЕДЕНИЕ

В окружающей нас действительности каждый объект в той или иной степени является сложной системой. Многогранную реальность можно представить в виде множества сложных и взаимодействующих друг с другом систем. Среди них можно выделить технические, биологические, экологические, социальные и другие. Системы можно считать способом существования окружающего нас мира.

Каждая из систем функционирует с определенной целью, выполняет определенные функции. Также важнейшим атрибутом системы является такой показатель, как эффективность системы, т. е. свойство системы выполнять поставленную цель в заданных условиях использования и с определенным качеством [20]. Эффективность системы имеет способность меняться с течением времени под воздействием факторов внешней среды.

Введем понятие *состояния* системы, под которым будем понимать вектор значений параметров системы в каждый конкретный момент времени [14]. Аналогом состояния системы может выступать понятие «качества» системы. Так, например, состояние здоровья человека неким образом определяет его способность к существованию, состояние автомобиля – способность осуществлять транспортировку.

Задача выяснения (распознавания, идентификации) текущего состояния системы является важнейшей задачей системного анализа. Знание состояния системы необходимо, прежде всего, для управления и принятия управленческих решений.

Потребность нового рассмотрения указанной выше «стандартной» задачи возникла в контексте глобальной задачи проектирования системы автоматизации процессов выявления состояний деталей и узлов грузовых вагонов в условиях железнодорожного депо. Анализ целей и существующих «ручных» технологий распознавания состояния деталей и узлов грузовых вагонов позволил выявить важную особенность: понятие «состояние» вагона и его подсистем является нечетким. Оно аналогично таким понятиям как «группа здоровья». Последний термин широко применяется при освидетельствовании военных и граждан-

ских специалистов, занятых на ответственных видах работ. Подобно тому, как группа здоровья военного нечётким образом отражает его способность выполнить поставленную задачу в тех или иных боевых условиях, так и состояние колёсной пары грузового вагона нечётко свидетельствует о той или иной степени риска аварии в потенциально возможных состояниях железнодорожного пути.

Кроме того, имеется ещё одна общая особенность: и состояние здоровья человека, и состояние вагона определяется (идентифицируется) группой достаточно чётких показателей, которые могут быть получены или измерены непосредственно с малыми погрешностями и высокой достоверностью. Чёткость показателей состояния, их непосредственное наблюдение в сочетании с относительной простотой этих наблюдений при одновременной абсолютной нечёткости самого понятия «состояние» обусловили то, что для распознавания таких состояний используются практически всегда только «ручные» технологии, предусматривающие экспертное принятие финального решения о выявленном состоянии.

Каждому возможному состоянию системы присваивается определенная лингвистическая метка, интуитивно понятная человеку («хорошее», «отличное», «плохое»). Одной из причин нечёткости понятия «состояние» является человеческий фактор: каждый эксперт обладает своим индивидуальным опытом. Поэтому разные эксперты могут по-разному оценивать состояние одной и той же системы. Систематизация мнений разных экспертов о состоянии одной и той же системы может производиться по разным алгоритмам. Алгоритм может быть выбран в зависимости от условий работы и назначения системы: результирующим может стать наихудшее мнение, средневзвешенное и т. д.

Обратим внимание на тот факт, что предметами текущего рассмотрения являются принципиально разные системы: простейшее техническое устройство – колёсная пара вагона – и венец творения Создателя – человек. Видимо, поэтому указанная специфика свойственна многочисленным реальным системам как техническим, так и социальным, и производственно-экономическим.

Без учёта специфики условий постановка рассматриваемой задачи включает как частный случай задачу диагностики неисправностей в технических системах или заболеваний в живых организмах. Однако диагностика по самой своей сути сопряжена с косвенностью взаимосвязей между наблюдаемыми и идентифицирующими показателями состояния системы, и суть диагностики состоит в выявлении значений *скрытых* идентифицирующих показателей по *наблюдаемым* значениям идентифицирующих показателей.

Таким образом, любую систему на абстрактном уровне можно представить в виде «чёрного ящика».

Будем различать следующие показатели состояния системы – параметры и признаки. Параметры – это величины, которые могут иметь произвольные числовые (в том числе и непрерывные) или качественные (лингвистические) значения. Признаки – это булевские величины со значениями «Ложь» и «Истина». Эти значения интерпретируются как факты наличия или отсутствия соответствующих признаков в конкретном наблюдении. Как правило, признаки формируются путём отображения множеств значений, диапазонов или совокупностей диапазонов параметров состояний в некоторые самостоятельные семантические единицы, – называемые признаками.

Стоит отметить, что признаки в большинстве случаев так же является нечёткими логическим величинами и следовательно нечётко отражают наличие или отсутствие того или иного признака. Нечёткий признак характеризуется степенью наблюдаемости. Эта величина лежит в пределах от 0 до 1 и принимает значение, равное 1 при наличии признака, и равное 0 – при его отсутствии. Определение степени наблюдаемости признака, основываясь на чётких параметрах, вызывает некоторые трудности из-за отсутствия единой методики.

Понятие «распознавание состояния» системы тесно связано с понятием «диагностика». Эти процедуры основаны на регистрации параметров и признаков. Однако их различие состоит в том, что распознавание направлено на выяснение состояния системы, а диагностика – на определение неисправностей системы.

Изучению проблемы определения состояний технических систем посвящены труды Владова Ю.Р., Яценко Н.Ю., Будкиной Е.М., Матасова А. С., Солдатовой А.С., Байкова С.С., Демидовой Л.А. Однако в работах многих авторов распознавание состояния технических систем носит прикладной узкоспециализированный характер. Не разработано общих алгоритмов и концепции распознавания состояний. Нечёткость состояний и признаков систем обуславливает необходимость создания нового способа распознавания состояний системы, поскольку многие методы системного анализа неприменимы в данных условиях.

Целью книги является разработка методов, алгоритмов и процедур распознавания нечётко определяемых состояний систем, разработка формализованной методологической базы для автоматизации процедур распознавания состояния.

Задачи исследования. Для достижения поставленных целей необходимо решение следующих задач.

1. Разработка классификации систем с нечётко определяемыми состояниями по фактору нечёткости признаков.
2. Разработка методики распознавания состояния систем с нечётко определяемыми признаками.
3. Разработка математических методов нечёткого вывода для распознавания состояний систем с нечётко определяемыми признаками.
4. Разработка концепции построения интеллектуальных автоматизированных систем распознавания состояний объектов.
5. Разработка программных процедур распознавания состояния технических систем.

При выполнении исследований использовались системный анализ, теории нечётких множеств, нечёткой логики, принятия решений, искусственного интеллекта.

Первая глава посвящена обоснованию необходимости настоящих исследований. В главе рассмотрены методы распознавания состояний и диагностики систем, применяемые в данный момент на практике, определяются основные цели исследования. Здесь же предлагается классификация систем по степени чёткости признаков и производится обоснование использования выбранного математического аппарата.

Поскольку в процессе распознавания состояния или диагностики систем приходится работать с нечёткой информацией, в качестве математического аппарата был выбран нечёткий вывод. В отличие от классических моделей Мамдани и Сугено, выбранная модель позволяет уменьшить влияние неопределённых и неуверенных оценок на формирование результирующего вектора. При этом выбранная модель является более простой и удобной в использовании, чем искусственные нейронные сети.

Материал *второй главы* посвящен вопросам распознавания состояния систем нечётко определяемыми состояниями и чётко определёнными признаками (CF–системы). Здесь показаны способы представления и хранения идентификационной информации в виде идентификационной таблицы и логических выражений, описан способ сокращения размеров идентификационной таблицы за счет использования «джокерных» элементов и исключение невозможных сочетаний входных признаков.

В *третьей главе* рассмотрены особенности распознавания состояния и диагностики систем с нечёткими признаками и нечётко определяемыми состояниями (FF–системы). В этой главе рассмотрены математические модели определения степени наблюдаемости признаков на основе чётких параметров, которые могут быть измерены с определенной погрешностью, описан общий алгоритм распознавания состояния FF–систем, предложена модель нечёткого вывода, используемого в процессе распознавания и рассмотрены её особенности. Рассматривается задача распознавания символов как частный случай задачи распознавания состояния. При этом в качестве системы, состояние которой необходимо идентифицировать, выступает двумерный числовой массив, содержащий изображение распознаваемого символа. Для распознавания символа определяется множество состояний, соответствующее множеству возможных символов, и строится идентификационная таблица. После этого происходит распознавание символа с использованием разработанной модели нечёткого вывода. Алгоритм распознавания поясняется на примере определения номера вагона по фотоизображению.

Четвертая глава посвящена практическому использованию результатов исследований. Рассматривается задача определения технического состояния тележек грузовых вагонов после

прохождения ремонта в рамках системы контроля соблюдения технологического процесса «АСУ ТП». Излагается концепция построения подсистемы определения технического состояния отремонтированных тележек. Приводится архитектура разработанной подсистемы с подробным описанием модулей системы и их функциональным назначением. Описывается общая структура системы «АСУ ТП», приводятся технические и программные требования, предлагается интерфейс пользователя.

В **заключении** приводится обобщение основных результатов исследования.