

УДК 629.114.4: 004.89

С. А. Рынкевич, канд. техн. наук, доц.

МЕТОД НЕЙРОНЕЧЕТКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБИЛЕЙ

Рассмотрен метод определения технического состояния гидромеханической передачи автомобиля, использующий технологии искусственного интеллекта и основанный на применении нейронечетких сетей. Отмечено, что данный метод должен содержать четыре основных этапа. Показана структура системы диагностирования, реализующей данный метод. Приведен пример идентификации неисправностей в системе управления гидромеханической передачей грузового автомобиля.

Для определения технического состояния механизмов автотранспортных средств (АТС) целесообразно использовать новые информационные технологии и элементы искусственного интеллекта (ИИ) [1]. Это позволяет устранить многие недостатки, присущие традиционно используемым методам и способам диагностирования, и преодолеть ряд ограничений.

Основными недостатками обычных методов оценок технического состояния технических объектов по измеряемым параметрам являются следующие. Во-первых, возникают значительные ограничения при попытках одновременного учета множества информации, имеющей различную физическую природу, носящую как количественный, так и качественный характер. Во-вторых, при функционировании сложных технических объектов, к которым относятся автомобили, нужно оперативно контролировать и обрабатывать различные ситуации, в том числе нештатные и опасные, причем делать это необходимо в режиме реального времени. В-третьих, обработка большого объема информации значительно осложняет создание достоверных баз данных, необходимых для оценок и формирования технических диагнозов. В-четвертых, в процессе функционирования автомобиля имеют место различные неопределенности, информация зачастую бывает неточной, неполной, нечеткой, неоднозначной, и обработка такой информации традиционными математическими методами, основанными на булевой алгебре, просто

невозможна.

В Белорусско-Российском университете на кафедре «Автомобили» разработан метод интеллектуального диагностирования и создано соответствующее программное обеспечение, в совокупности позволяющие оценить техническое состояние подвижного объекта в реальном масштабе времени на основании анализа изменений параметров в переходных процессах и сформулировать выводы о причинах возникновения переходных режимов работы в виде, понятном непосредственно для персонала, обслуживающего данную техническую систему.

Для решения задачи определения технического состояния одновременно использованы средства нечеткой логики и нейронных сетей. Используя нелинейные принципы формирования выводов, моделируются рассуждения экспертов в рассматриваемой проблемной области, а гибридная технология адаптивных нейронечетких систем (ANFIS) позволяет автоматизировать процесс проектирования моделей, использующих интеллектуальные технологии [2, 3].

Разработанный метод нейронечеткой идентификации предполагает создание нейронечеткой модели, интерпретирующей регистрируемые численные значения контролируемых параметров, которые поступают от микропроцессора либо бортового компьютера.

Сущность метода в следующем.

Анализ причин возникновения переходных режимов работы механизмов автомобиля основан на оценке соотношений между изменениями параметров векторов входа \bar{X} и выхода \bar{Y} некоторой системы. При этом возможны два варианта работы модели.

В первом варианте создаваемая нейронечеткая сеть аппроксимирует выход моделируемого объекта при его исправном техническом состоянии. Настройка параметров сети осуществляется на выборках реальных переходных процессов исправного механизма, поступающих от микропроцессора. При создании нейронечеткой модели принимается утверждение о том, что начальный установившийся режим работы до возникновения переходного процесса является нормальным и соответствует исправному техническому состоянию. Практическая возможность реализации интеллектуальной модели в реальном масштабе времени обеспечивается современными средствами регистрации параметров, применяемыми в автомобильной электронике.

Во втором варианте нейронечеткая сеть идентифицирует конкретные неисправности объекта при условии, что она была предварительно обучена распознавать тот или иной отказ либо неисправность. Для обучения используются принципы обучения нейронных или нейронечетких сетей [2, 3].

В данной статье рассматривается второй вариант.

Предлагаемый метод диагностирования (нейронечеткой идентификации) включает несколько этапов. Каждый из этих этапов представляет собой отдельную научно-техническую задачу, успешное решение которой зависит от требований заказчика, его готовности оснащать механизмы и объекты современными системами диагностирования, от степени технической оснащенности предприятий, специализирующихся на изготовлении либо эксплуатации транспортных объектов, а также экономических и других факторов.

Этап 1. Сбор экспертной информации по отказам и неисправностям и формирование базы знаний. На данном этапе на основе экспериментальных данных, заключений экспертов и посредством других достоверных источников информации формируется база знаний. Она представляет собой совокупность обучающих выборок, характеризующих признаки и проявления неисправностей; эти выборки в дальнейшем подаются на вход нейронечеткой сети.

Предположим, ставится задача определения технического состояния элементов гидромеханической передачи (ГМП) грузового автомобиля с гидротрансформатором (ГДТ), который эксплуатируется в условиях автомобильного хозяйства. При этом диагностирование автомобиля может быть оперативным (в процессе ежедневной его эксплуатации) либо нормативным, плановым (по истечении заданного времени эксплуатации или после определенного пробега).

Исходная информация о функционировании ГМП, поведении ее параметров, возможных неисправностях и причинах их возникновения формируется в виде экспертной базы знаний на основе достоверных данных, полученных от различных источников. В качестве дополнительных источников формирования базы знаний могут служить результаты экспериментальных исследований в стендовых условиях и в процессе ходовых испытаний, а также статистические данные по отказам, полученные из автохозяйств, где эксплуатируются данные машины. Фрагмент исходной базы знаний, записанный в вербальном виде, представлен в табл. 1.

Сформированная база знаний используется при обучении нейронечетких сетей для распознавания неисправностей. Количество продукционных правил подобной базы знаний составляет несколько десятков для описания технического состояния отдельного механизма или несколько сотен для машины в целом.

Табл. 1. Фрагмент базы знаний системы управления ГМП

Симптом или проявление неисправности (диагностический параметр)	Причина неисправности
<i>Состояние гидропривода</i>	
Резкое изменение (уменьшение) давления p в главной магистрали при включении передачи	Недостаточный уровень масла в передаче Изношены или повреждены уплотнения цилиндров фрикционных муфт, ведущего вала в ступице ГДТ или распределителей
Отсутствие давления p в главной магистрали	Неисправность насоса или его привода
Давление масла p в главной магистрали при нейтральном положении пульта управления (рычага переключения передач) на 0,2 МПа или более этого значения меньше требуемого при минимальной частоте вращения вала двигателя	Недостаточный уровень масла в передаче Заклинивание золотника или толкателя редукционного клапана Засорение фильтра электрического маслозаборника Заклинивание шестерен насоса или скручивание ведущего вала Скручивание соединительного вала привода насоса
<i>Состояние гидротрансформатора</i>	
Отсутствует давление масла в гидротрансформаторе $p_{ГТ}$ или оно меньше нормы	То же (в случае уменьшения или исчезновения давления в главной магистрали) Нарушено уплотнение (износ) ступицы насосного колеса Заклинивание золотника регулятора давления (клапана) в ГДТ
Резкое повышение температуры масла в гидротрансформаторе $t_{ГТ}$ при движении машины на горизонтальном участке	Повреждены детали ГДТ (наличие алюминиевой стружки в фильтрах или поддоне) Повреждены детали в редукторной части коробки передач Повышенный уровень масла в ГМП Засорение фильтрующих элементов
<i>Состояние системы управления переключением передач</i>	
Не включается ступень коробки передач N	Неисправность пульта управления Заклинивание золотника золотниковой коробки переключения передач Нарушение регулировки привода переключения передач Повреждение фрикционной муфты

Этап 2. Создание нейронечеткой модели. Простейшая нейронечеткая модель образуется на основе симбиоза нейронной сети и средств нечеткой логики. Она показана на рис. 1. Входами модели служат информационные переменные X (диагностические параметры), описанные функциями принадлежности \tilde{a}_{ij} , $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, M}$, при этом N – число ин-

формационных переменных, M – число лингвистических переменных по каждому параметру. В качестве выхода сети – вектора \tilde{Y}_i – могут выступать различные критерии, определяющие показатели эффективности, качества и безопасности функционирования механизмов гидромеханической передачи автомобиля (КПД, вибрации, пульсации

давления, утечки и т. д.).

Для преобразования четких сигналов в нечеткий вид диагностические параметры фаззифицируются. На рис. 2 показан пример описания диагностического параметра \tilde{a}_{ij} тремя термами лингвистической переменной.

Для нейронечеткого моделирования использовался пакет прикладных программ Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB 7.0. Аппроксимирующая модель включает в себя программу *.fis, основанную на представлении входных параметров базы нечетких правил нечеткими переменными, и программы формиро-

вания тестирующих и обучающих данных *.m на основании реальных процессов функционирования ГМП. При использовании модели в режиме реального времени исходные данные об изменении параметров ГМП поступают от микропроцессора или бортового компьютера.

Структура адаптивной нейронечеткой сети ANFIS, аппроксимирующей выход диагностической системы, показана на рис. 3. При этом число входов сети равно количеству используемых диагностических параметров.

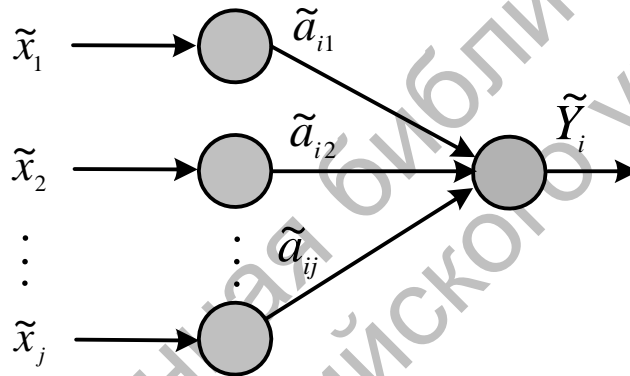


Рис. 1. Модель нейронечеткой сети

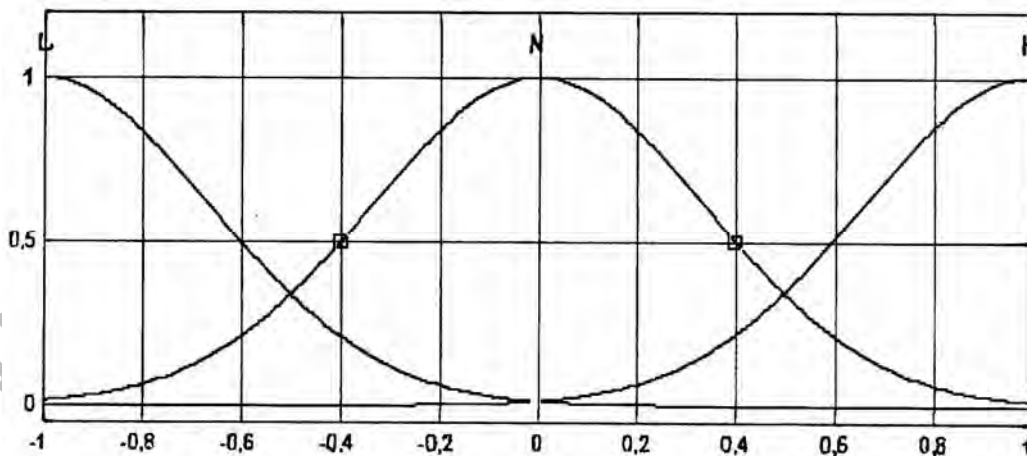


Рис. 2. Пример нечеткой переменной \tilde{a}_{ij} , представленной гауссовыми функциями принадлежности для термов L (low), N (normal) и H (high)

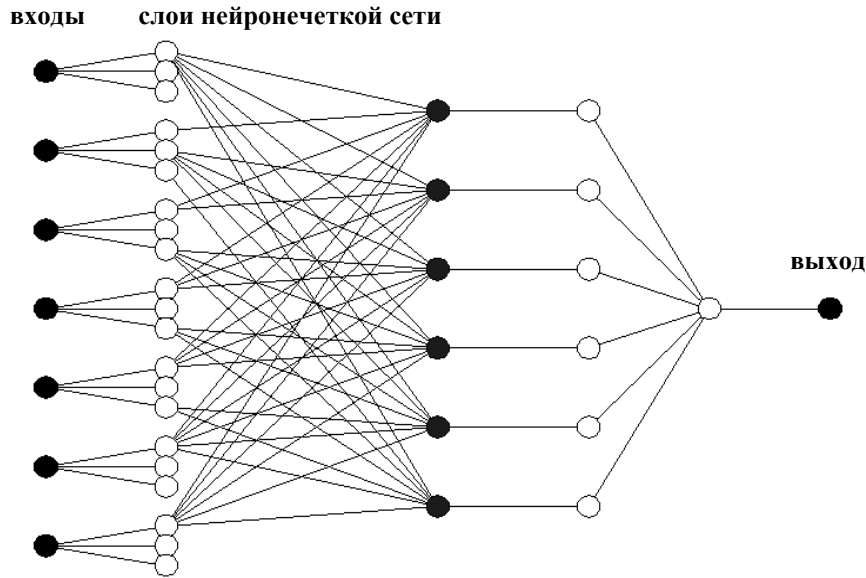


Рис. 3. Сгенерированная адаптивная нейронечеткая сеть ANFIS

Этап 3. Обучение нейронечеткой модели. При обучении модели на ее вход подают совокупность пар обучающих выборок (численных данных), характеризующих сочетание диагностических параметров для различных видов технического состояния механизмов ГМП. Значение, получаемое на выходе сети, соответствующим образом интерпретируется.

Время обучения модели, приведенной на рис. 3, с использованием компью-

тера РИП–450 МГц с операционной системой Windows XP Professional и установленной вычислительной системой MATLAB 7.0 составляет 20 с. Результат обучения представлен на рис. 4. На нем кружочками показана совокупность обучающих данных, а звездочками – результаты, которые генерируются обученной нейронечеткой сетью. Из рисунка видно, что результат обучения сети был достигнут в течение 10 эпох.

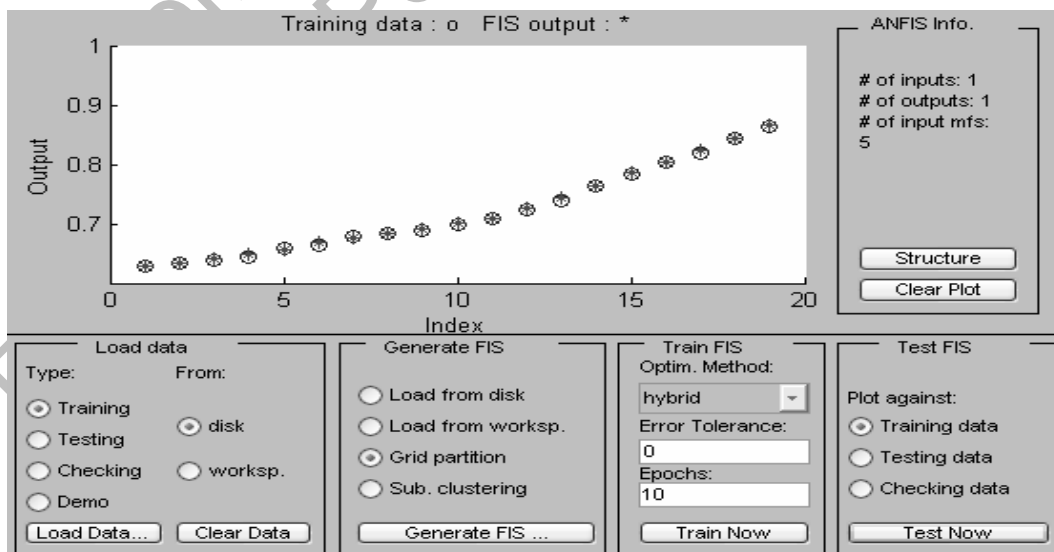


Рис. 4. Результат обучения нейронечеткой сети ANFIS

Рис. 4 иллюстрирует высокую схожимость значений обучающей и синтезированной моделей.

Этап 4. Нейронечеткая идентификация и вывод заключения. Этот этап является заключительным в процессе определения технического состояния элементов ГМП.

Здесь используют обученную нейронечеткую сеть для получения технического диагноза. При этом на вход сети подается информация о параметрах, ха-

рактеризующих реальные процессы в ГМП. Для удобства пользователя диагностической системы числовая информация, получаемая на выходе сети, подвергается дополнительной интерпретации и выдается, к примеру, в вербальном виде (лингвистической форме).

На рис. 5 показана структура системы диагностирования, использующей при выводе технического диагноза рассмотренный метод нейронечеткой идентификации.

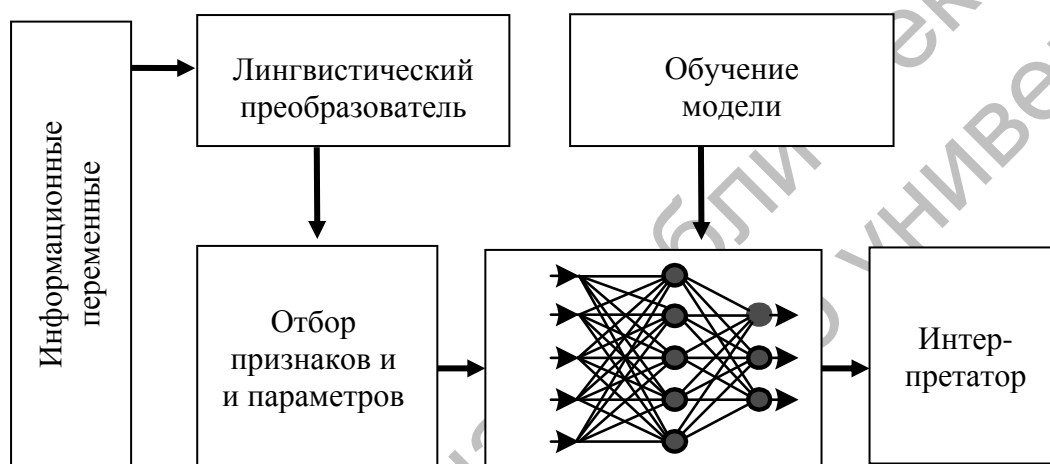


Рис. 5. Структура интеллектуальной системы диагностирования

На рис. 6 показано окно интерпретатора, в котором информация экспертной системы о техническом состоянии механизмов ГМП для одного из режимов функционирования выведена в вербальном виде. В окне просмотра экспертной системы (см. рис. 6) имеется возможность просматривать графическую информацию о поведении параметров для различных режимов функционирования механизмов (на режиме управления или режиме диагностирования). В специальных строках-окнах выводятся разные сообщения: виды и наименования диагностических и контролируемых параметров, их текущие значения, предупреждения о возникновении нештатных ситуаций либо достижения параметров критических значений.

При определенной доработке окна

интерпретатора либо элементы интерфейса экспертной системы могут быть достаточно легко изменены в соответствии с пожеланиями пользователя. Экспертная система для диагностирования ГМП, реализующая созданный метод, сопровождается программным обеспечением, разработанным на современных языках программирования с привлечением средств визуальной разработки приложений.

Преимущества предложенного метода заключаются в следующем.

1. Возможность получения и использования расширенной достоверной базы знаний.
2. Быстрота обработки информации.
3. Точность получаемого техни-

ческого диагноза.

4. Возможность оперативного диагностирования в режиме реального времени.

5. Возможность нормативного диагностирования на специализированных постах, станциях техобслуживания, в условиях автохозяйств.

Вывод

Разработанный метод диагностирования объектов автотранспортной техни-

ки основан на применении новых информационных технологий и методах теории искусственного интеллекта. Он обеспечивает получение и реализацию расширенной достоверной базы знаний, быстроту обработки информации, точность получаемого технического диагноза, а также возможность оперативного определения технического состояния механизмов АТС в режиме реального времени.



Рис. 6. Окно экспертной системы для диагностирования ГМП

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасик, В. П. Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Минск : Технопринт, 2004. – 512 с. : ил.
2. Круглов, В. В. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка

систем нечеткой логики и нечеткого вывода / В. В. Круглов, М. И. Дли. – М. : Изд-во физ.-мат. лит-ры, 2002. – 256 с. : ил.

3. Круглов, В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с. : ил.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 27.03.2007

S. A. Rynkevich
**The method of the neural-fuzzy determination
of the technical state of the hydro-mechanical
transmissions of the automobiles**
Belarusian-Russian University

The method of determination of the technical state of the automobile are reviewed. This method are used a technology of an intelligent system and based on a neural-fuzzy network. Marked, that method of determination of the technical state of the truck must to include four main of the stages. Show a structure of the diagnostic system, realizing this method. An example of determination of the defect in the control system of a hydro-mechanical transmission of the truck are given.