

УДК 62-503.56

А. К. Канаев, М. А. Камынина, А. К. Тоцев

Петербургский государственный университет путей сообщения

СОЗДАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ СЕТЬЮ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В связи с растущими требованиями к системе управления сетью передачи данных (СПД) и ее постоянным совершенствованием необходима интеллектуальная система поддержки принятия решений (ИСППР) по управлению СПД, которая будет выполнять функции планирования, оперативного управления, контроля и учета данных. На сегодняшний день существует проблема эффективного управления сетью передачи данных (СПД). В связи с этим предлагается создание системы поддержки принятия решений (СППР), основанной на применении интеллектуального анализа данных (ИАД).

система поддержки принятия решений, система управления сетью, интеллектуальный анализ данных, нейронные сети, качество услуг.

Введение

СППР решает следующие задачи: ввод, хранение и анализ данных, формирование набора альтернативных решений.

Интеллектуальный анализ данных позволяет устанавливать их функциональные и логические закономерности, строить модели и разрабатывать правила, с помощью которых можно объяснить найденные закономерности и прогнозировать развитие некоторых процессов [1, 2].

Одной из разновидностей ИАД является кластерный анализ, который позволяет анализировать большие объемы информации.

Общий подход к решению задачи кластеризации стал возможен после развития теории нечетких множеств Л. Заде [2]. Однако учет нечеткости исследуемых данных является сложной проблемой, решение которой возможно с использованием нейронных сетей (НС), предназначенных для решения различных задач анализа данных [2]. НС могут обеспечить своевременное и обоснованное принятие решений по выявлению и локализации неисправности в СПД.

1 Основные элементы СПД как объекта управления

Создание интеллектуальной СППР (ИСППР) необходимо для эффективного управления СПД, планирования, оперативного управления, контроля и учета данных. ИСППР должна быть направлена на выполнение задачи восстановления СПД за минимальное время, т. е. сокращение ресурсов, затрачиваемых в процессе диагностирования.

В [10] дано следующее определение: СПД – это совокупность конечных устройств связи, объединенных каналами связи и коммутируемыми устройствами (узлами сети) и обеспечивающих обмен сообщениями между всеми конечными устройствами.

Для того чтобы оценить эффективность функционирования СПД, необходимо оперировать совокупностью параметров и характеристик сети [9]. Параметры СПД описывают структурно-функциональную организацию сети, ее взаимодействие с внешней средой и создаваемую в сети нагрузку (рис. 1). Характеристики являются вторичными данными о состоянии СПД по отношению

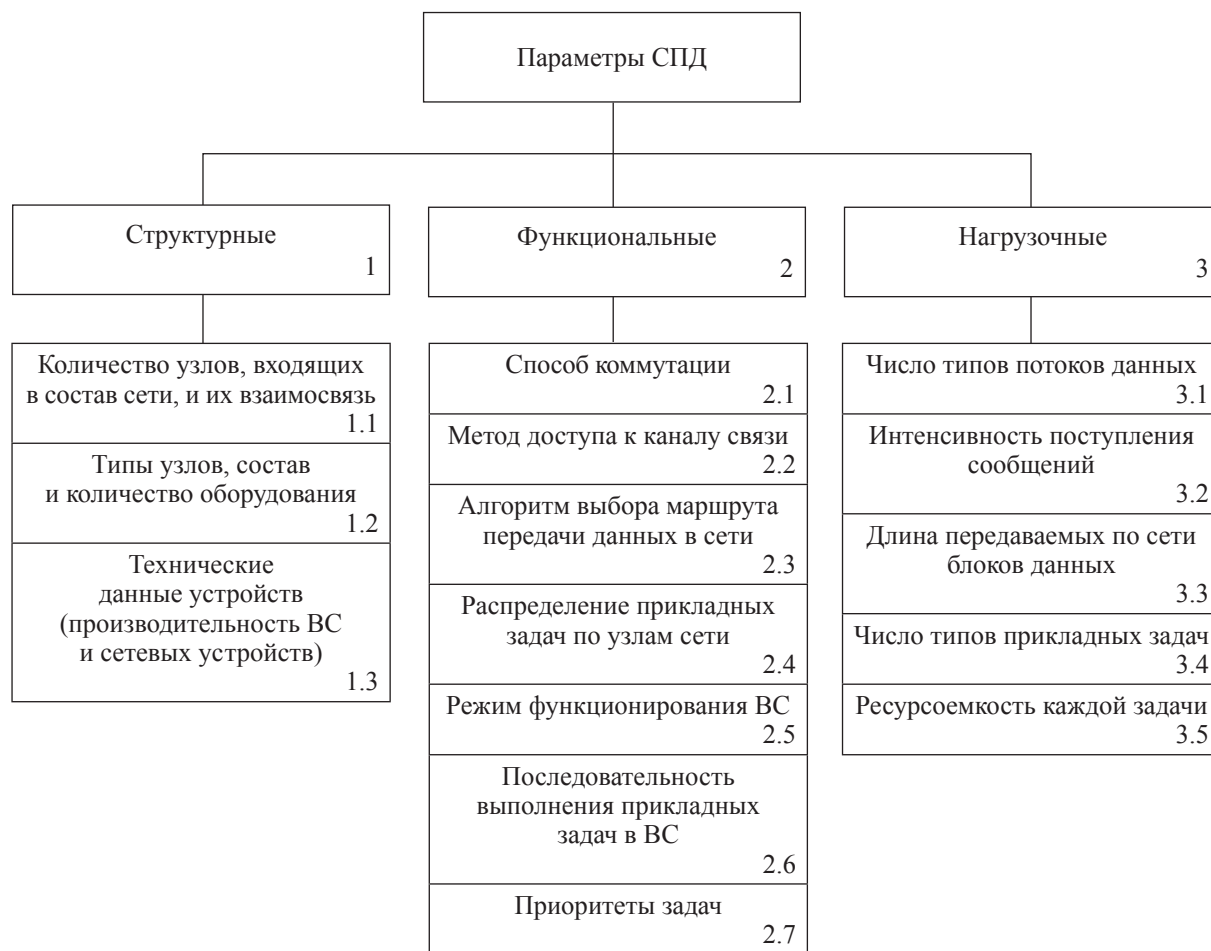


Рис. 1. Параметры СПД

к параметрам, но позволяют шире оценить ее возможности.

Характеристики сетей делятся на две основные группы: качественные и количественные.

К качественным характеристикам относятся масштабируемость, управляемость, гибкость и операционные возможности сети [9].

Количественные характеристики сетей можно, в свою очередь, разделить на две группы: локальные и глобальные (рис. 2). Глобальные характеристики определяют наиболее важные свойства сети как целостного объекта, локальные – свойства отдельных устройств или частей сети и позволяют получить более детальное представление об эффективности сети.

Достаточными сведениями о состоянии сети можно считать характеристики произ-

водительности СПД, однако стоит учитывать параметры и характеристики ее элементов. При создании базы данных рассматриваются характеристики коммутатора как элемента СПД, а также показатели качества предоставления услуг.

Производительность СПД – мера мощности сети, определяющая количество работы, выполняемой сетью в единицу времени [9]. Для определения производительности СПД необходимо учитывать совокупность следующих показателей: пропускную способность, задержки передачи и время реакции.

Пропускная способность отражает объем данных, переданных сетью или ее частью в единицу времени, характеризует качество выполнения основной функции сети – транспортировки сообщений. Различают среднюю и максимальную пропускную способность.

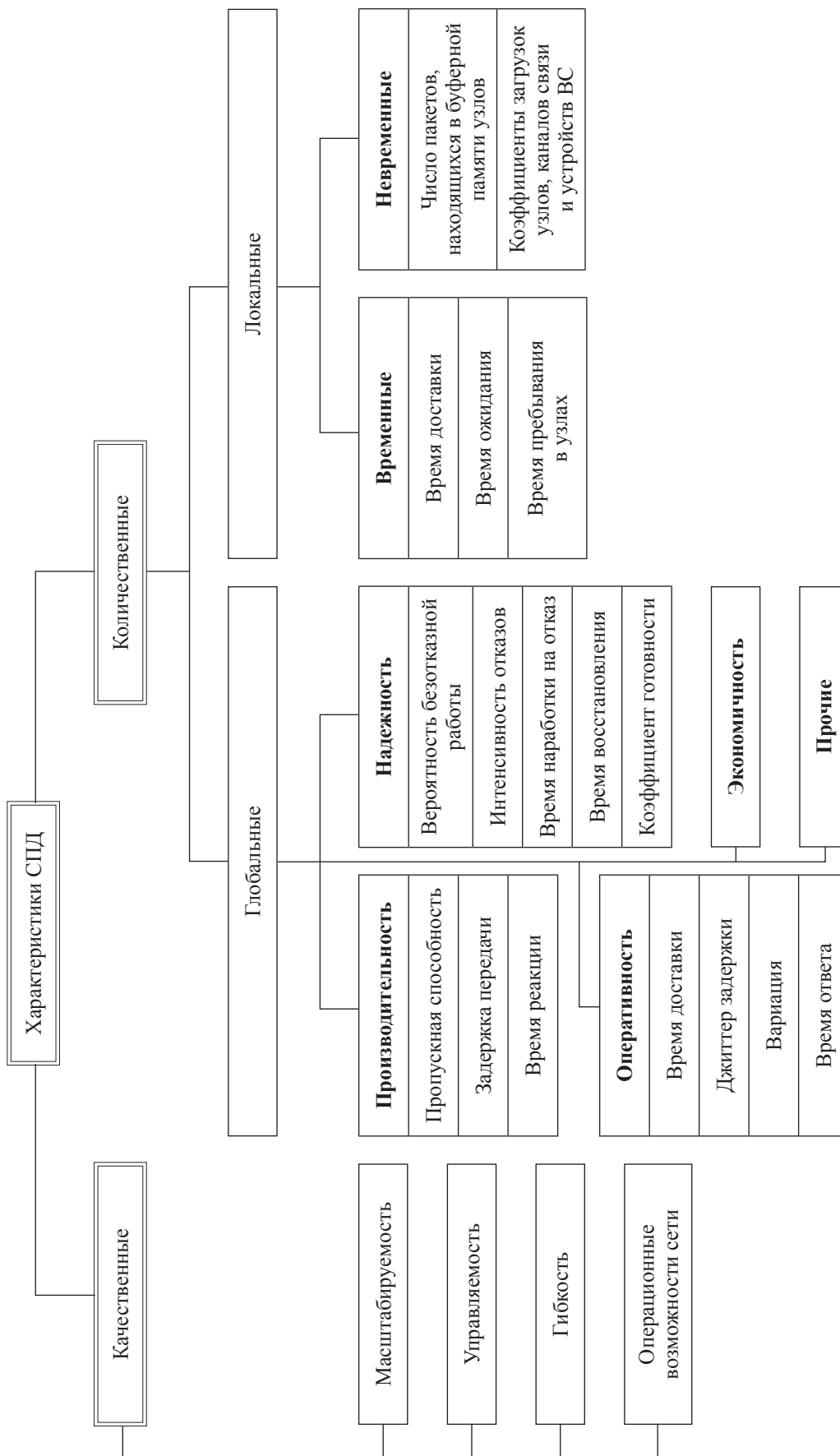


Рис. 2. Характеристики СПД

Средняя пропускная способность отдельного элемента или всей сети позволяет оценить функционирование СПД на большом промежутке времени, а максимальная – возможности сети справляться с пиковыми нагрузками, характерными для особых периодов работы сети.

Задержка передачи всегда характеризует только сетевые этапы обработки данных. Обычно качество сети характеризуют величинами максимальной задержки передачи и вариацией задержки.

Время реакции сети является интегральной характеристикой производительности сети с точки зрения пользователя. В общем случае время реакции определяется как интервал времени между возникновением запроса пользователя к какой-либо сетевой службе и получением ответа на этот запрос. Время реакции включает:

- подготовку запросов на клиентском компьютере;
- передачу запросов между клиентом и сервером через сегменты сети и промежуточное коммуникационное оборудование;
- обработку запросов на сервере;
- передачу ответов от сервера клиенту;
- обработку получаемых от сервера ответов на клиентском компьютере.

Знание сетевых составляющих времени реакции дает возможность оценить производительность отдельных элементов сети, выявить узкие места и в случае необходимости выполнить модернизацию сети для повышения ее общей производительности.

Элемент сети передачи данных – коммутатор – устройство, принимающее решение о продвижении пакетов на основании заголовков протоколов 2-го уровня, т. е. протоколов типа *Ethernet* или *FDDI*.

Коммутатор может работать в двух режимах:

- с полной буферизацией кадра (анализ заголовка поступающего кадра начинается только после того, как кадр полностью принят во входной буфер);
- на лету (анализ заголовка поступающего кадра начинается сразу же после того, как во входной буфер принят заголовок кадра, не

ожидая завершения приема целиком всего кадра, что позволяет еще больше сократить задержку кадра в коммутаторе).

Основные параметры коммутатора представлены на рис. 3.

2 Показатели качества услуг

Обобщенный полезный эффект от предоставления услуги определяется степенью удовлетворения нужд пользователя этой услуги. К потребительским свойствам услуги относятся [11]: обеспеченность, удобство пользования, действенность (доступность, непрерывность, целостность), безопасность.

В [11] определены группы параметров качества обслуживания: сетевые, сервис-ориентированные, сетевые/сервис-независимые.

Основными показателями качества обслуживания при передаче данных являются количество битовых ошибок (*BER*), вероятность потери пакетов (*PLR*), ошибки адресации (*PIR*) [11].

3 Способы обнаружения неисправностей в СПД и сценарии обработки событий

В условиях отсутствия информации о видах аномалий, неисправностей [8] и статистике работы системы для обнаружения неисправностей в СПД используются: метод среднего значения и среднеквадратичного отклонения; модели многомерного статистического анализа; модель марковского процесса и модель статистического анализа временных рядов, а при наличии экспертов в предметной области используют экспертные системы, генетические алгоритмы, фрейм-вые модели, нейронные сети и др.

Обнаружение неисправностей в СПД можно инициировать по запросу со стороны оперативного персонала, клиента или системы управления (СУ). Процесс поиска неисправности может состоять из подпроцессов: измерение параметров, контроль, диагностика,

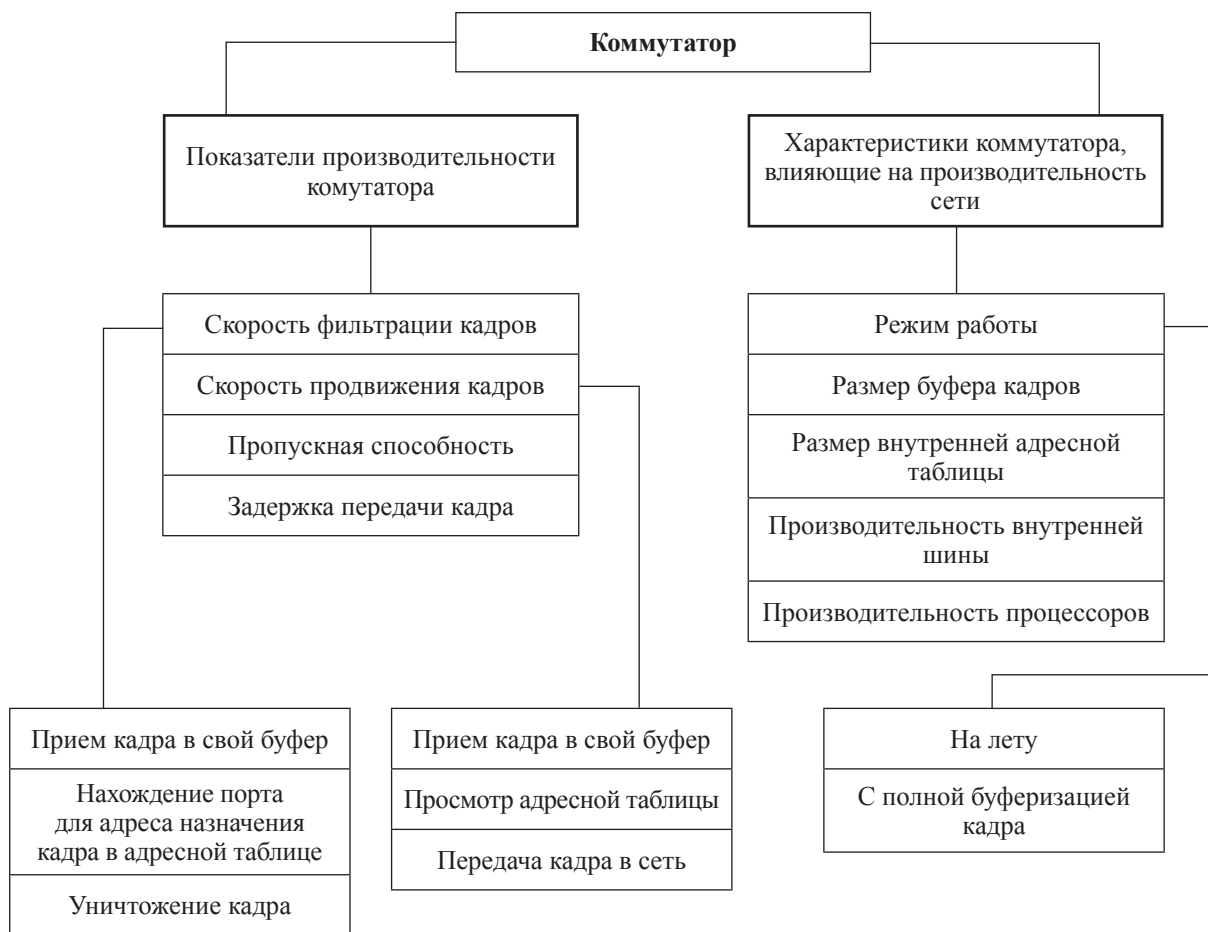


Рис. 3. Оборудование СПД и его основные параметры

локализация, выявление причин (фактов) неисправностей, прогнозирование. Причем алгоритм поиска в каждом случае будет индивидуален.

Сценарии обработки событий представлены на рис. 4, 5, 6.

4 Применение НС для целей СУ

Нейронные сети (НС) широко используются для решения разнообразных задач, а именно автоматизации процессов распознавания образов, прогнозирования, адаптивного управления, создания экспертных систем, организации ассоциативной памяти, обработки аналоговых и цифровых сигналов, синтеза и идентификации электронных цепей и систем.

В настоящее время не существует точной и полной классификации нейронных сетей. В ряде работ [3, 4, 5] представлены наиболее распространенные архитектуры нейронных сетей. По способу распространения информации выделяют два основных класса НС – сети прямого распространения и рекуррентные.

В сетях прямого распространения все связи направлены строго от входных нейронов к выходным. Наиболее распространенным семейством этих сетей являются многослойные перцептроны (рис. 7, а), в них нейроны расположены слоями и соединены односторонними связями, идущими от входа к выходу сети.

Сети РБФ (радиально базисные функции) имеют скрытый слой из радиальных элементов и выходной слой из линейных элементов

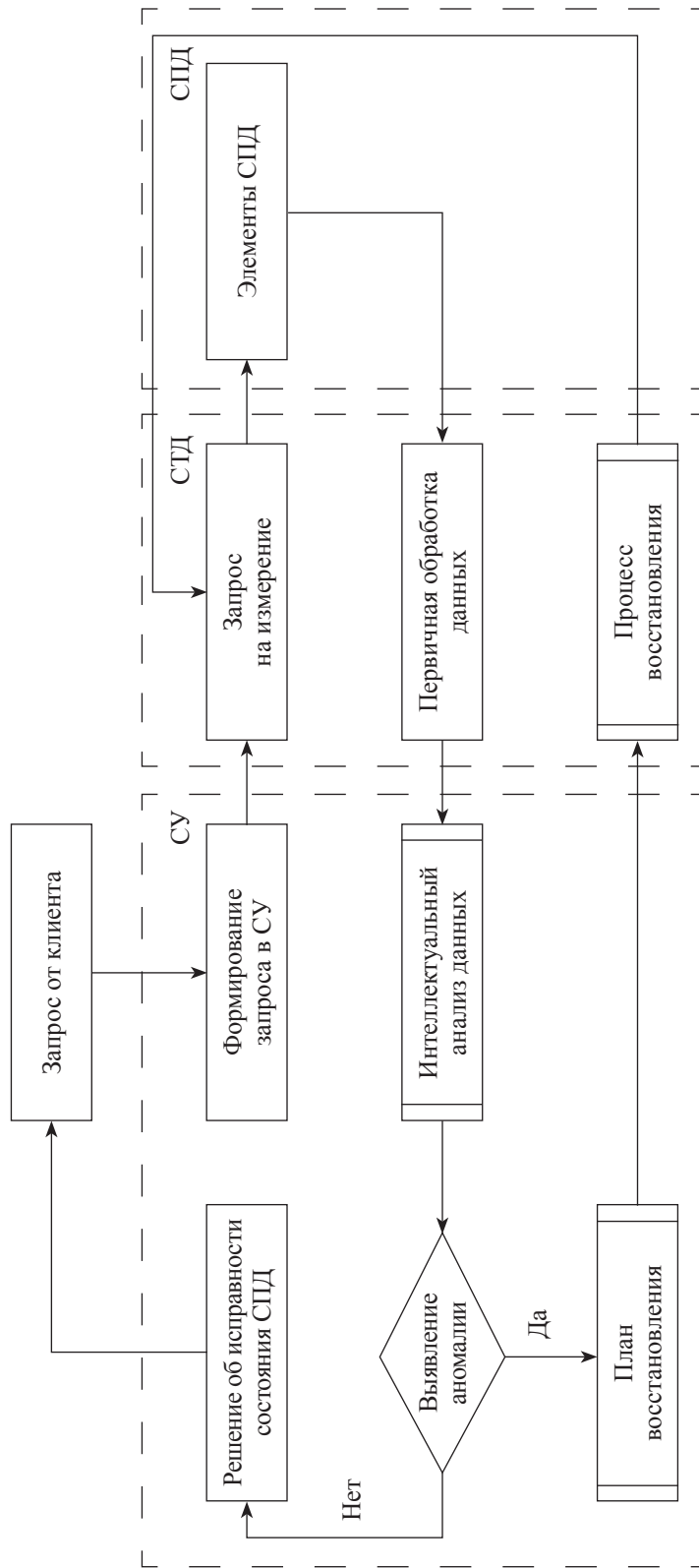


Рис. 4. Сценарий обработки событий по запросу со стороны оперативного персонала, клиента или системы управления (СУ)

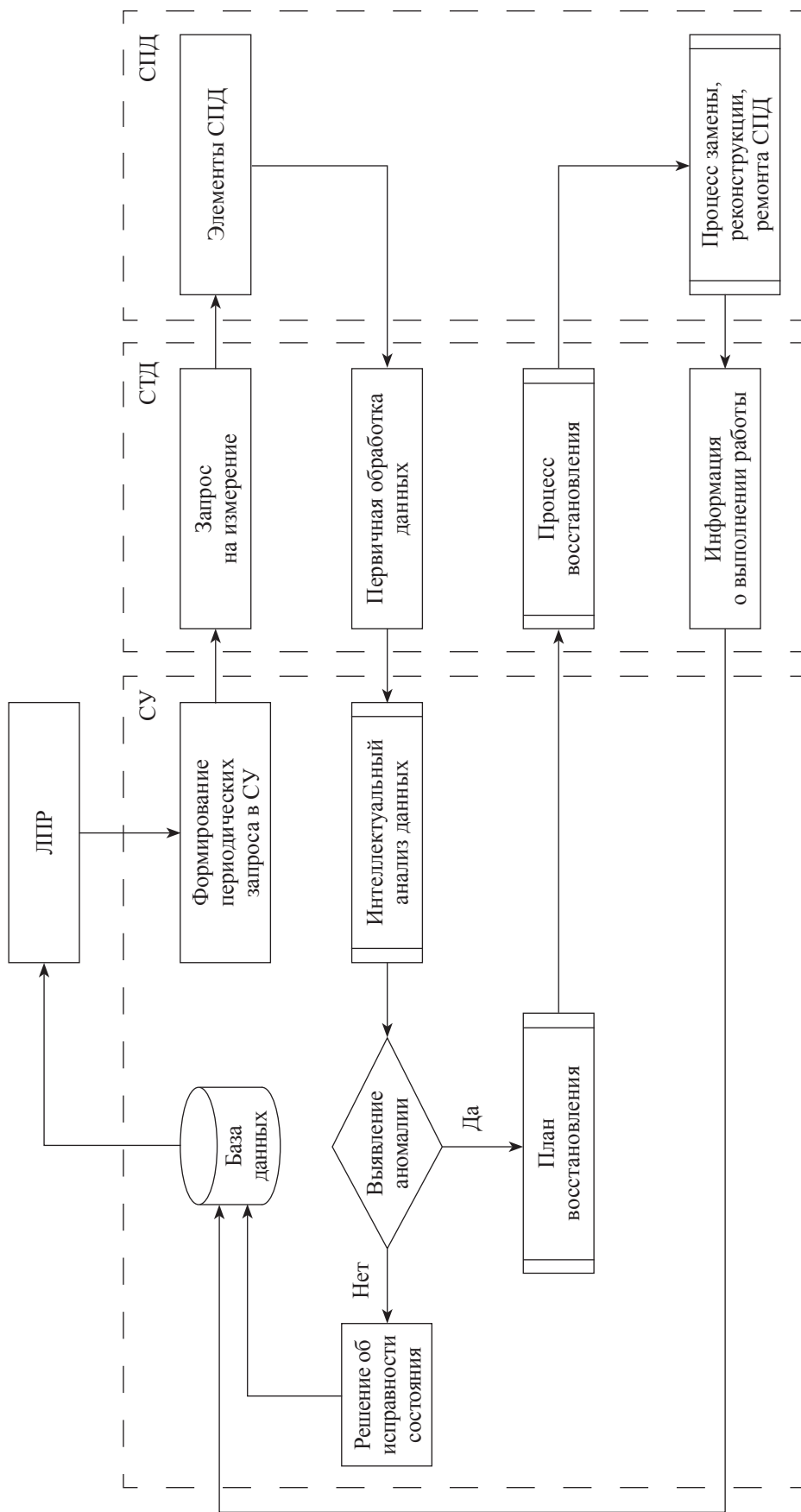


Рис. 5. Сценарий обработки событий с использованием методов диагностики в процессе периодического технического обслуживания

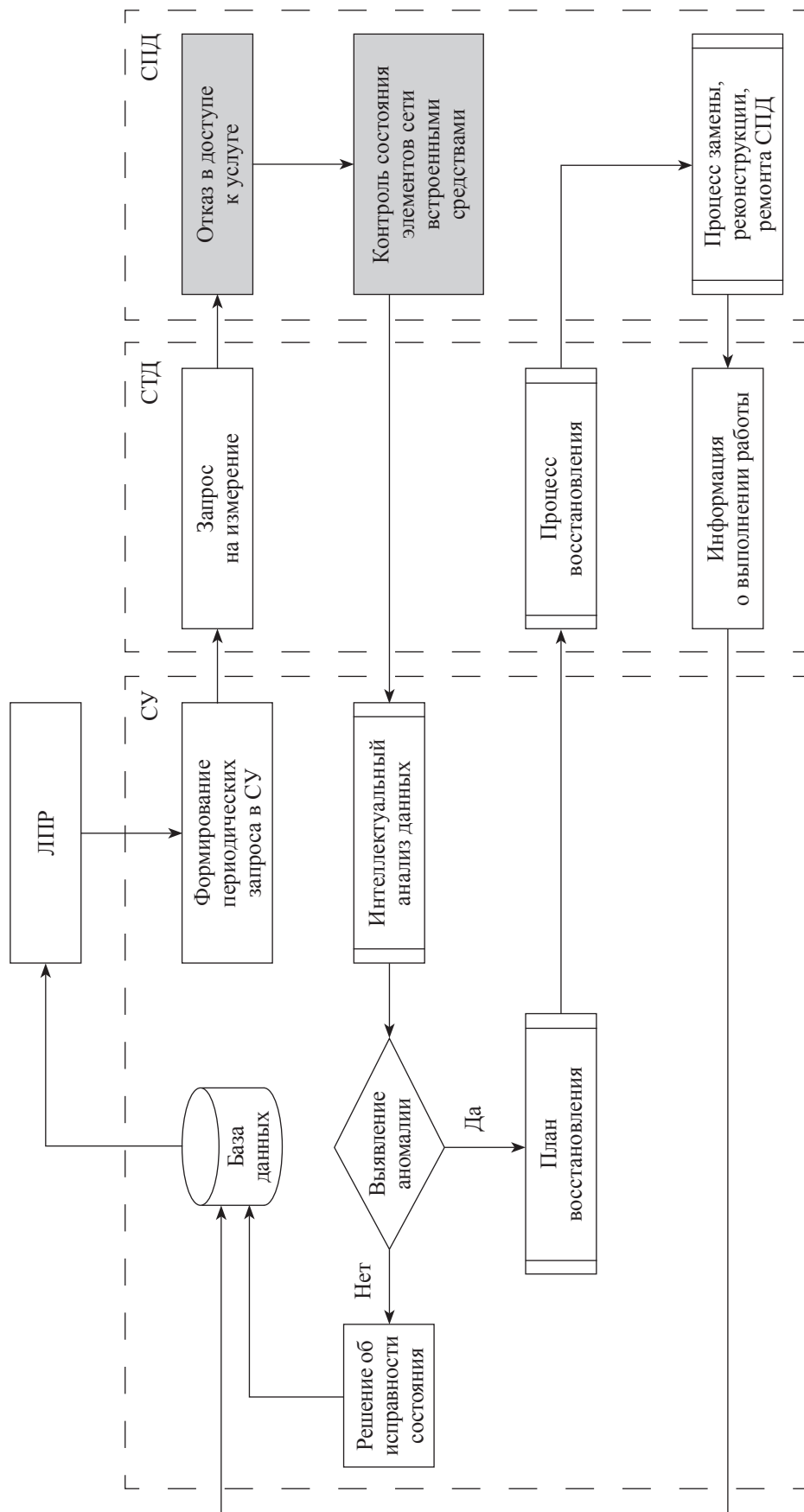


Рис. 6. Сценарий обработки событий после вскрытия факта неисправности элемента сети (в результате сообщения от элемента сети или отказа доступа в услугу)

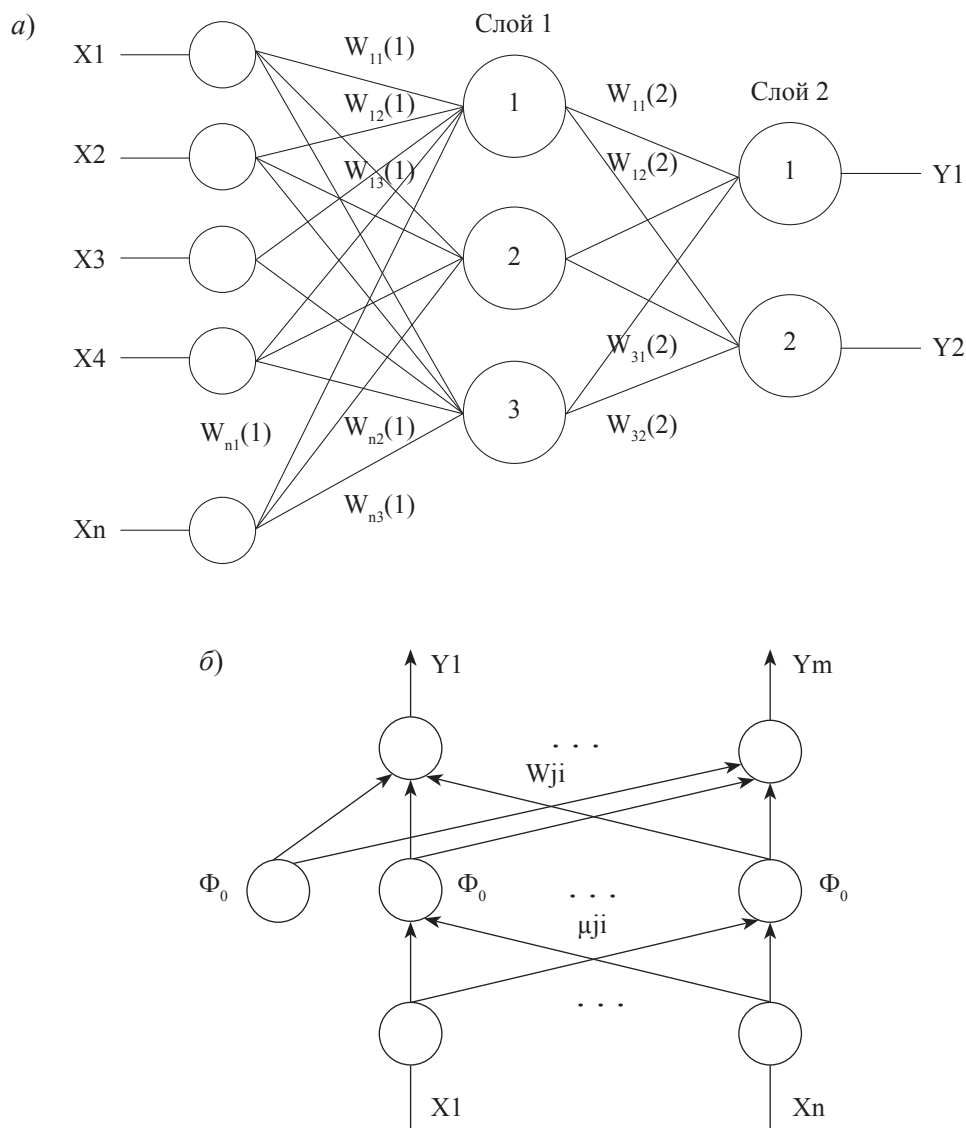


Рис. 7. Нейронные сети:
 а – многослойная НС; б – сеть РБФ

(рис. 7, б). Сети этого типа довольно компактны и быстро обучаются.

Под рекуррентными понимают такие сети, которые на некоторых этапах своей работы способны «вызывать» сами себя и используют полученные результаты в процессе дальнейшей работы. Наиболее распространенными рекуррентными сетями являются сеть Хопфилда (рис. 8, а) и сеть Кохонена (рис. 8, б).

Сеть Хопфилда разработана в 1984 г., с тех пор известны ее многочисленные мо-

дификации. Отличительной особенностью такой сети является то, что сигнал с выходных нейронов скрытого слоя частично передается обратно на входы нейронов входного слоя. Важно отметить, что сеть Хопфилда обладает свойством восстановления сохраненного в памяти состояния исходя из неполной информации. С помощью НС Хопфилда можно решить такие задачи, как распознавание образов, классификация и др. [4, 5, 6].

Самоорганизующиеся сети Кохонена обучаются без учителя и успешно применяет-

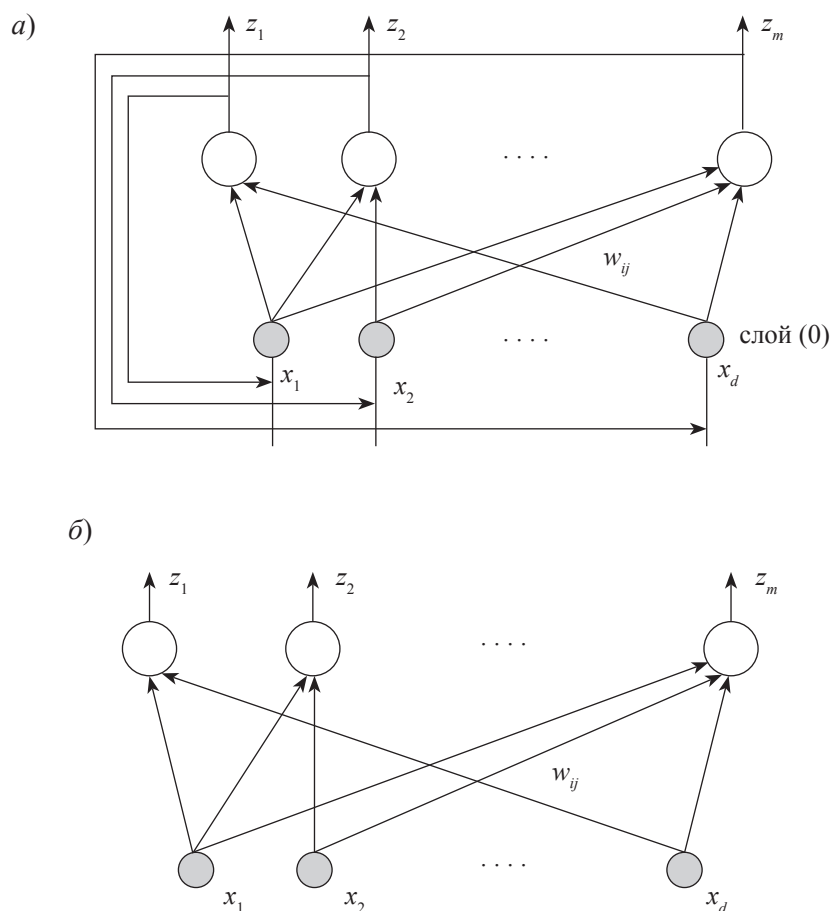


Рис. 8. Рекуррентные сети:
 а – сеть Хопфилда; б – сеть Кохонена

ся в различных задачах. Сети такого класса способны выявлять новизну во входных данных: если после обучения сеть встретится с набором данных, непохожим ни на один из известных образцов, то она не сможет классифицировать такой набор и тем самым выявит его новизну. Сеть Кохонена имеет всего два слоя: входной и выходной, составленный из радиальных элементов.

Поскольку карты самоорганизации по своей природе нелинейны, то их можно рассматривать как нелинейное обобщение анализа главных компонент [6, 7].

Для СУ используется алгоритм функционирования многослойного персептрона.

5 Создание интеллектуальной СУ (ИСУ)

Этапы создания ИСУ:

1. Формализация задачи: восстановление СПД за минимальное время (сокращение ресурсов, затрачиваемых в процессе диагностирования; ИАД).

2. Выбор структуры НС: многослойная нейронная сеть.

3. Создание НС.

4. Выбор способа обучения НС.

5. Обучение и тестирование НС.

6. Применение ИСУ.

В программе *Matlab Simulink 2010b* была создана модель ИСУ (рис. 9), состоящая из

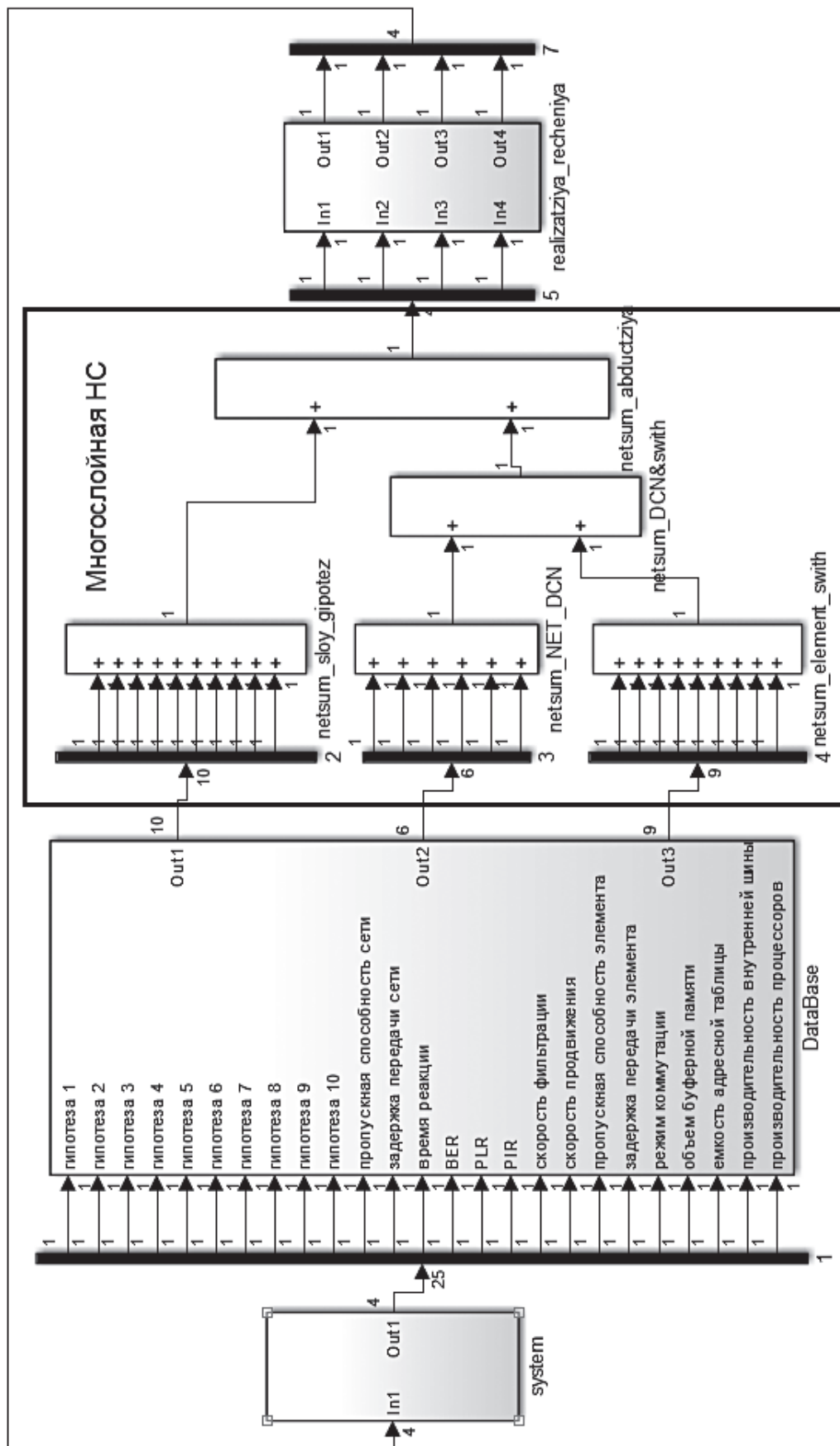


Рис. 9. Модель ИСУ

следующих блоков: *System* (подсистема технической эксплуатации), *DataBase* (подсистема сбора информации), многослойная НС, блок реализации решения.

Подсистема технической эксплуатации предполагает наличие следующих блоков: контроль, измерение, восстановление и ремонт, резервирование. После того как данные измерены и проконтролированы, они поступают в подсистему сбора информации, где и распределяются (рис. 10). Данная модель НС предполагает три группы входных данных, которые она получает от подсистемы сбора информации, а именно:

1) *netsum_sloy_gipotez* – содержит набор накопленных гипотез о состоянии элементов и сведения о частоте появления этих данных за определенный промежуток времени;

2) *netsum_NET_DCN* – получает сведения о состоянии СПД;

3) *netsum_element_swith* – получает сведения о состоянии коммутатора.

Скрытый слой многослойной НС (*netsum_DCN&swith*) предполагает оценку влияния характеристик элемента сети на СПД. В выходном слое НС происходит сопоставление новых данных и имеющихся гипотез. Результатом работы может быть принятие решения о выполнении СПД заданных показателей качества услуг потребителю. Также возможно выявление причины аномального поведения СПД.

6 Пример расчета характеристик сети и ее элемента с помощью многослойной НС

В табл. 1 представлены исходные данные для создания многослойной НС, которая должна учитывать характеристики производительности СПД, характеристик и коммутатора и показатели качества обслуживания. Как было сказано выше, база данных содержит набор гипотез о состоянии сети, который постоянно обновляется, если появляется новый набор данных о состоянии сети.

На выходе НС осуществляется принятие решения о выполнении СПД заданных показателей качества услуг.

Созданная многослойная НС представлена на рис. 11.

7 Анализ характеристик многослойной НС и сети РБФ

При тех же условиях была создана ИСУ, использующая алгоритм функционирования по принципу сети РБФ (рис. 12). В табл. 2 и на рис. 13 представлены характеристики моделирования многослойной НС и сети РБФ.

Таким образом, наилучшими показателями при проектировании ИСУ по управлению СПД обладает ИСУ, применяющая алгоритм функционирования многослойной НС.

Заключение

В связи с растущими требованиями к системе управления СПД и ее постоянным совершенствованием было рассмотрено создание ИСППР по управлению СПД, которая будет выполнять функции планирования, оперативного управления, контроля и учета данных.

Были предложены следующие сценарии обработки событий: по запросу со стороны оперативного персонала, клиента или системы управления (СУ) с использованием методов диагностики в процессе периодического ТО; вскрытие факта неисправности элемента сети (в результате сообщения от элемента сети или отказа доступа при предоставлении услуги).

В программе *Matlab Simulink 2010b* была создана модель ИСУ. В качестве исходных данных выбраны характеристики производительности СПД, характеристики коммутатора и показатели качества услуг. На выходе НС осуществляется принятие решения о выполнении СПД заданных показателей качества услуг.

При тех же условиях была создана сеть РБФ, которая существенно уступает по своим показателям многослойной НС.

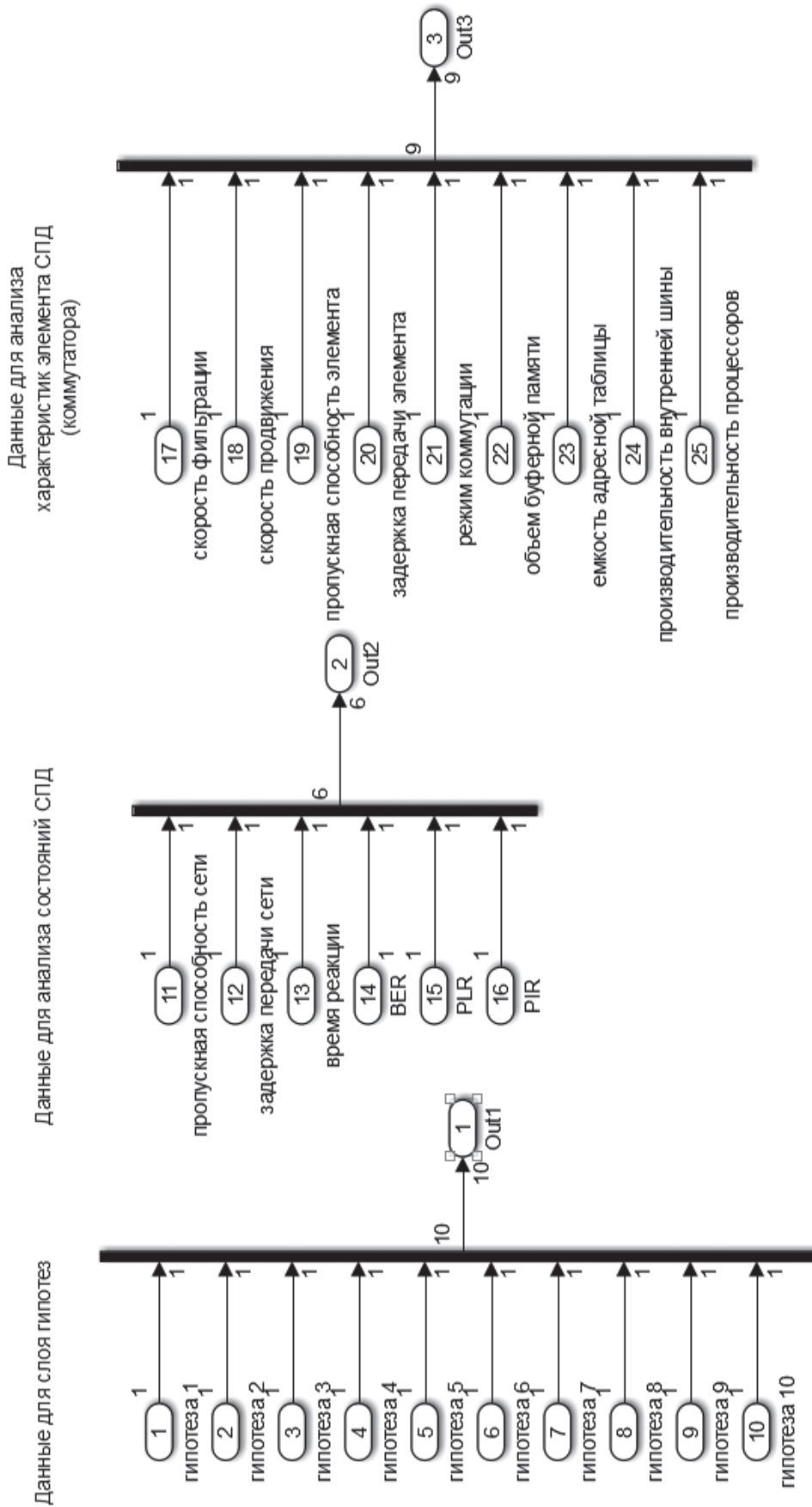


Рис. 10. Распределение данных в подсистеме сбора информации

ТАБЛИЦА 1. Исходные данные для создания многослойной НС

№ гипотезы	Характеристики производительности СПД и основные требования к QoS										Параметры и характеристики коммутатора							Выход
	Пропускная способность сети	Задержка передачи сети	Время реакции сети	BER	PLR	PIR	Скорость фильтрации трафика	Скорость продвижения	Пропускная способность	Задержка передачи	Режим коммутации	Объем буферной памяти	Емкость адресной таблицы	Производительность внутренней шины	Производительность процессоров			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1		
2	0,95	0,1	0,1	1	1	1	0,9	0,9	0,95	0,1	0	0,95	0,95	0,95	0,95	0,6		
3	0,9	0,2	0,2	2	2	2	0,8	0,8	0,9	0,2	0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,3		
4	0,85	0,3	0,3	3	3	3	0,7	0,7	0,85	0,3	0	0,85	0,85	0,85	0,85	0,2		
5	0,8	0,4	0,4	4	4	4	0,65	0,65	0,8	0,4	0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,18		
6	0,75	0,5	0,5	5	5	5	0,6	0,6	0,75	0,5	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,21		
7	0,7	0,6	0,6	6	6	6	0,55	0,55	0,7	0,6	1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,13		
8	0,65	0,7	0,7	7	7	7	0,5	0,5	0,65	0,7	1	0,65	0,65	0,65	0,65	0,12		
9	0,6	0,8	0,8	8	8	8	0,45	0,45	0,6	0,8	1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,1		
10	0,55	0,9	0,9	9	9	9	0,4	0,4	0,55	0,9	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,09		

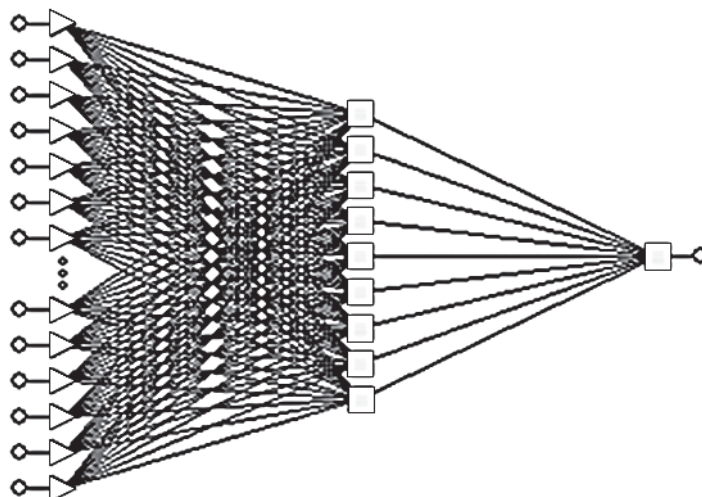


Рис. 11. Многослойная НС

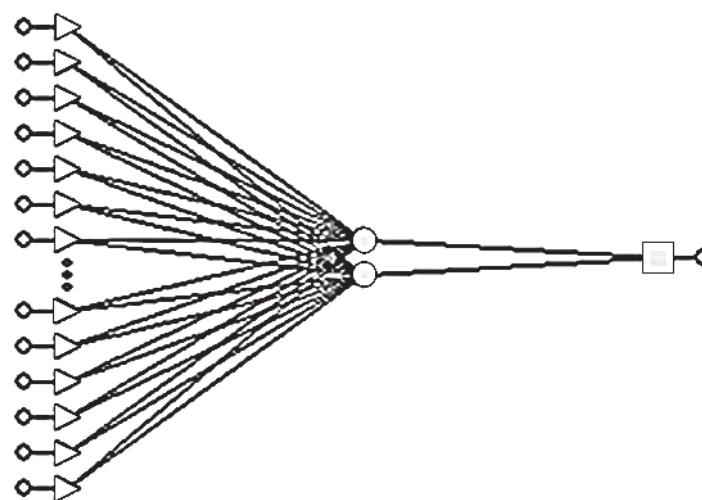


Рис. 12. Сеть РБФ

ТАБЛИЦА 2. Сравнение характеристик многослойной НС и сети РБФ

Тип НС	Время			Количество ошибок при			Количество нейронов	
	обучения (с) <i>Train Perf</i>	инициализации (с) <i>Select Perf</i>	тестирования (с) <i>Test Perf</i>	обучения (%) <i>Train Error</i>	инициализации (%) <i>Select Error</i>	тестирования (%) <i>Test Error</i>	во входном слое <i>Inputs</i>	в скрытом слое <i>Hidden</i>
Многослойная НС (MPL)	0,78	0,43	0,32	0,026	0,499	0,076	15	9
Сеть RBF	0,45	0,54	1,35	2,24	10,63	2,52	15	2

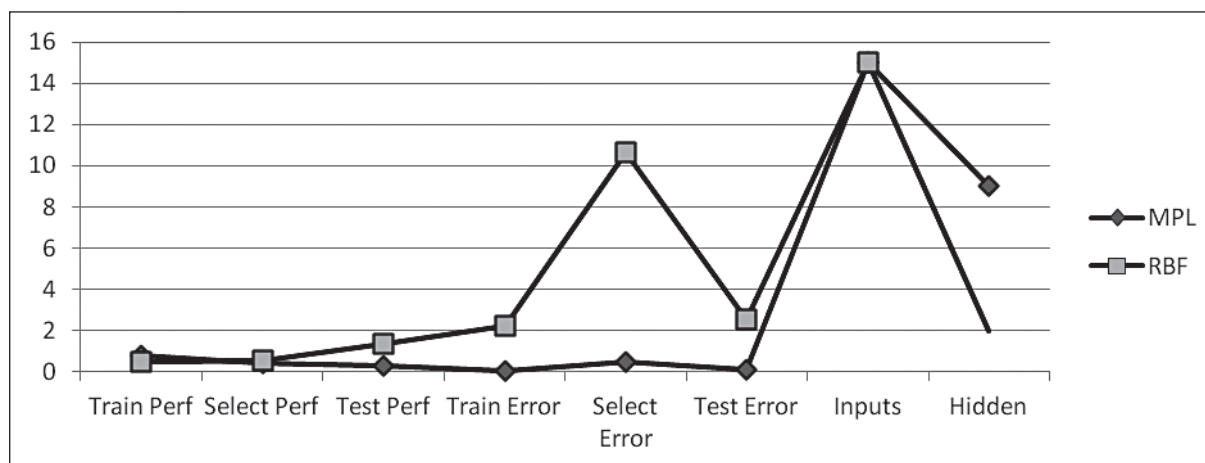


Рис. 13. Сравнение характеристик многослойного персептрона и сети РБФ

Библиографический список

1. **Подход** к решению задачи формирования элементов системы управления сетью передачи данных ОАО РЖД / М. А. Камынина, А. К. Канаев // Материалы 67-й научно-технической конференции, посвященной Дню радио, секция «Телекоммуникации на железнодорожном транспорте» (19–27 апреля 2012 г., Санкт-Петербург). – Санкт-Петербург : ООО «БалтСервисГрупп», 2012. – С. 144–145.

2. **Технологии** анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.

3. **Формирование** элементов системы управления сетью передачи данных с применением аппарата нейронных сетей / А. К. Канаев, М. А. Камынина, Е. В. Опарин // Бюллетень результатов научных исследований. – 2012. – Вып. 3 (2). – С. 47–55.

4. **Методы** робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления : учебник / Под ред.

Н. Д. Егупова. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 744 с.

5. **Нейронные** сети и их применение в системах управления и связи / В. И. Комашинский, Д. А. Смирнов. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2003. – 94 с.

6. **Нейронные** сети : полный курс / С. Хайкин ; пер. с англ. – 2-е изд., испр. – Москва : ООО Изд. дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.

7. **Ritter, H.** (1995). *The Handbook of Brain Theory and Neural Networks*, 2, 846–851.

8. **ГОСТ Р 53480–2009.** Надежность в технике. Термины и определения. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 28 с.

9. **Сети** ЭВМ и телекоммуникации : учеб. пособие / Т. И. Алиев. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский нац. исслед. ун-т ; Санкт-Петербургский нац. ин-т точной механики и оптики, 2011. – 400 с.

10. **Системы** и сети передачи данных на ж.-д. транспорте / В. И. Нейман. – Москва : Маршрут, 2005. – 470 с.

11. **Сети** передачи данных / Г. Ф. Коханович, В. М. Чуприн. – Киев : МК-Пресс, 2006. – 272 с.