

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ПРОТИВОАВАРИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

С.Н. Коновалов, В.В. Вычужанин

Одесский национальный морской университет,
ул. Мечникова, 34, Одесса, 65029, Украина; e-mail: konserge-serge@rambler.ru

В статье предложена информатизация задач метода противоаварийного управления сложными техническими системами на основе гибридной экспертной системы. Исследованы условия и критерии работоспособности элементов сложных технических систем. Разработанный метод противоаварийного управления основывается на использовании результатов диагностики и прогнозирования технического состояния систем. В качестве объекта исследования рассмотрена судовая система кондиционирования воздуха.

Ключевые слова: противоаварийное управление, сложная техническая система, гибридная экспертная система, нейронная сеть, нечёткая логика, база знаний, диагностика, прогнозирование

Введение

Эксплуатация сложных технических систем (СТС) связана с возникновением аварийных ситуаций, приводящих к потере работоспособности систем, а также к опасностям для жизни людей [1]. Одним из путей решения такой проблемы является использование систем противоаварийного управления (ПАУ) СТС.

ПАУ предназначено для предотвращения возникновения, развития аварий в СТС, их локализации [2,3]. Наиболее перспективная система ПАУ строится на основе гибридных интеллектуальных систем (ГИС) [4], разновидностью которых является гибридная экспертная система (ГЭС). Подобные системы объединяют внутри одного инструментального средства различные модели представления знаний и механизмы функционирования систем [5-7]. В ГЭС предъявляются требования к форме представления знаний, которые разнообразны (фреймы, семантические сети, базы данных (БД), базы знаний (БЗ), нейросети, нечёткая логика, генетические алгоритмы). Поэтому в ГЭС сложно объединить знания даже в рамках единого информационного пространства [8]. Кроме того, традиционные ГЭС имеют ряд недостатков [4]:

- трудность и неестественность реализации определённых условий для средств автоматизации и телемеханики;
- трудности в условиях неопределённости, нехватки знаний.

Уменьшить влияние недостатков при ПАУ СТС на основе ГЭС можно при помощи использования ГЭС, включающей нейронные сети (НС) и нечёткую логику (НЛ).

Таким образом, разработка метода ПАУ СТС и его информатизация на основе гибридной экспертной системы является актуальной задачей.

Целью работы является повышение надёжности СТС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать и исследовать ГЭС;
- разработать метод ПАУ СТС;
- исследовать ГЭС ПАУ СТС.

Основная часть

Для ПАУ разработана структурная схема гибридной экспертной системы ГЭС объединённого типа на основе НС и НЛ (рис. 1).

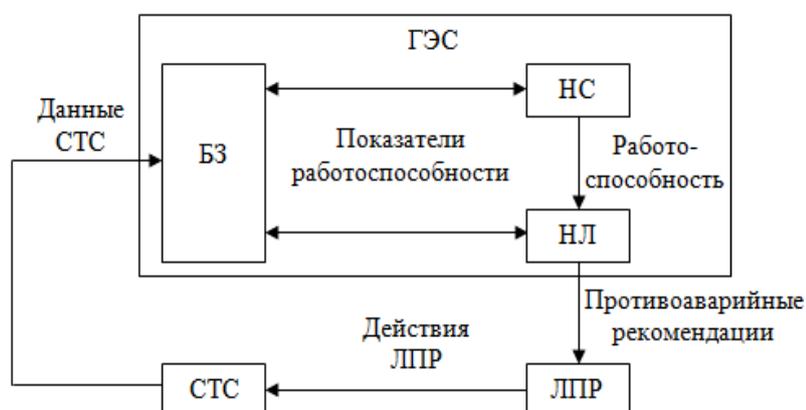


Рис. 1. Структурная схема ПАУ СТС

Информация из СТС поступает в БЗ, где структурируется и распределяется в виде показателей работоспособности (факторы и критерии). При наличии комбинации показателей работоспособности в БЗ имеются данные работоспособности по этим показателям и противоаварийные рекомендации для лица, принимающего решения (ЛПР). Данные поступают через блок НЛ к ЛПР. Если комбинация показателей работоспособности отсутствует в БЗ, то по полученным из БЗ факторам и критериям работоспособности, передаваемым в блок НС, находятся работоспособности отдельных элементов СТС. По значениям работоспособностей элементов СТС вычисляется общая работоспособность СТС. Между блоками НС и БЗ имеется обратная связь для передачи результатов расчётов по показателям работоспособности, не содержащихся в БЗ. Они поступают вместе с данными работоспособности элементов СТС, вычисляемых в НС. В НС прогнозируются состояния СТС, исходя из данных, поступивших в НС в различные временные интервалы. Результаты всех расчётов вместе с данными из БЗ и НС поступают в блок НЛ. Между блоками НЛ и БЗ существует обратная связь для того, чтобы данные по противоаварийным рекомендациям поступали в БЗ. В блоке НЛ производится сравнение данных работоспособности СТС с последующим выявлением причин того или иного результата по расчётам показателей работоспособности СТС. В блоке НЛ осуществляется прогнозирование технического состояния СТС на основе прогноза данных блока НС с учётом данных из блоков БЗ и НС по результатам анализа состояния СТС. ГЭС с помощью блока НЛ формирует рекомендации по предотвращению или ликвидации аварий для ЛПР. В целом, блок НС совместно с БЗ выполняет функцию обучения и адаптации ГЭС, а блок НЛ – функцию управления и влияет на качество прогноза состояния СТС.

На значения работоспособности СТС влияют различные факторы: риск отказа, критичность, оценка ресурса, функция погрешности, риск ошибки с сигналом [9,10].

Риск отказа СТС R описывается следующей зависимостью: $R = f(P, Y, Q)$, где P – вероятность выхода из строя СТС; Y – ущерб от выхода из строя СТС; Q – вес риска; вероятность выхода из строя СТС P – формулой теории надёжности:

$P(t) = 1 - \exp[-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau]$, где $\lambda(t)$ – интенсивность отказов узлов, зависящая от времени.

Риск отказа СТС R определяется по сумме рисков для элементов r_i СТС:

$R = \sum_{i=1}^m r_i \cdot y_i$, где y_i – ущерб от выхода из строя i -го узла СТС; m – количество технических узлов СТС; r_i – риск отказа для узла i : $r_i = q_i \cdot p_i(t)$, где $p_i(t)$ – вероятность выхода из строя узла СТС в момент времени t , q_i – вес риска для узла i .

Критичность k_i (вероятность перехода системы в отказ при условии, что данный элемент вышел из строя) описывается следующей формулой: $k_i = P(S_n / S)$, где $P(S_n / S)$ – вероятность перехода СТС в неисправное состояние S_n из исправного S при условии, что узел i вышел из строя. При этом риск отказа с учётом критичности r_i^k определяется: $r_i^k = k_i \cdot r_i = k_i \cdot q_i \cdot p_i(t)$; риск отказа системы с учётом критичности R^k :

$$R^k = \sum_{i=1}^m r_i^k \cdot y_i.$$

Оценка ресурса C_i – оценка затрат на восстановление технического узла: $C_i = V(C_i - C_0)$; до полного восстановления: $C_0 = V(C_0 - C_0) = 0$, где C_i – текущее состояние узла СТС, C_0 – состояние узла на момент восстановления, $V(C_i - C_0)$ – процесс перехода из одного состояния в другое.

Погрешности нахождения параметров ГЭС $\varphi(\delta)$ определяются следующим образом: $\varphi(\delta) = \min \varphi(\delta_1, \delta_2)$, где δ_1 – погрешность преобразователей параметров устройств; δ_2 – погрешность из-за потери данных:

$$\delta_1 = \frac{\delta}{X \cdot 100}; \quad \delta_2 = \frac{y(t) - y'(t)}{U},$$

где X – значения СТС, δ – относительная погрешность, $y(t)$ – идеальный сигнал, $y'(t)$ – реальный сигнал, U – диапазон измерений, t – время наблюдения сигнала.

Риск ошибки с сигналом R^S при его искажении или некорректного принятия при передаче данных из одного блока к другому определится как:

$$R^S = \sum_{i=1}^z l_i \cdot p(S_j / S_i),$$

где S_j – сигнал с ошибкой, S_i – правильный сигнал, l_i – потери при ошибке, $p(S_j / S_i)$ – вероятность ошибки, z – число сигналов.

В результате зависимость работоспособности СТС W от факторов, влияющих на точность данных работы СТС, определяется следующим образом: $W = f(R^k, C, \varphi(\delta), R^S)$.

Из теории надежности известны критерии работоспособности СТС: прочность, жёсткость, устойчивость, теплоёмкость, износоустойчивость, виброустойчивость, надёжность. При этом зависимость работоспособности элемента СТС w_i от критериев работоспособности выражается как: $w_i = f(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$, где $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$ – значения критериев работоспособности для i -го элемента; n – количество критериев.

Вес работоспособности q_i^w каждого элемента системы оценивается с помощью метода парных сравнений Саати на основании мнений экспертов [11]. Работоспособность элемента рассчитывается на основании составляющих

вышеперечисленных факторов, влияющих на общую работоспособность. Для диагностики и прогнозирования технического состояния СТС применяются анализ временных рядов [12].

При учёте критериев работоспособность элемента СТС w_i в момент времени t в общем виде выражается следующей формулой:

$$w_i(t) = N(q_i^w, r_i^w, C_i, \varphi(\delta_i), r_i^s, (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}))(t), \quad (1)$$

где $N()$ – нейросетевая функция; r_i^s – риск ошибки с сигналом для технического узла i .

С учётом (1) формула работоспособности СТС W в момент времени t с учётом всех факторов, влияющих на точность измерений, имеет вид:

$$W(t) = N \left(\begin{array}{l} (q_1^w, r_1^k, C_1, \varphi(\delta_1), r_1^s, (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n})), \\ (q_2^w, r_2^k, C_2, \varphi(\delta_2), r_2^s, (x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n})), \dots, \\ (q_m^w, r_m^k, C_m, \varphi(\delta_m), r_m^s, (x_{m1}, x_{m2}, \dots, x_{mn})), \end{array} \right) (t) = N(w_1, w_2, \dots, w_m)(t),$$

где w_1, w_2, \dots, w_m – работоспособности элементов СТС, m – количество элементов СТС.

Данные из СТС поступают в БЗ, которая объединяет в себе фреймовую и нечётко-продукционную модель [13], её удобно использовать как НС, так и НЛ. Фреймовая БЗ используется для диагностики и статистики состояния СТС, а нечётко-продукционная для описания причинно-следственных связей между состоянием работоспособности СТС и значением её различных критериев.

Фреймовая БЗ представлена в общем виде:

$$KB = \langle Fw, Frk, FC, F\varphi\delta, Frs, \{Fw_m\}, \{Frk_i\}, \{FC_j\}, \{F\varphi\delta_k\}, \{Frs_l\} \rangle,$$

где Fw – фрейм-прототип работоспособности элемента, Frk – фрейм-прототип риска с учётом критичности, FC – фрейм-прототип оценки ресурса, $F\varphi\delta$ – фрейм-прототип функции погрешности, Frs – фрейм-прототип риска ошибки с сигналом, $\{Fw_m\}$ – множество фреймов-экземпляров работоспособности элемента, $\{Frk_i\}$ – множество фреймов-экземпляров риска с учётом критичности, $\{FC_j\}$ – множество фреймов-экземпляров оценки ресурса, $\{F\varphi\delta_k\}$ – множество фреймов-экземпляров функции погрешности, $\{Frs_l\}$ – множество фреймов-комплексов риска ошибки с сигналом.

Нечётко-продукционное правило (НПП) представлено в общем виде:

$$FR = \langle NFR, \{ \langle LVZ_i, LTZ_i \rangle \} \rightarrow \langle LVAS, LTAS \rangle, qR \rangle,$$

где NFR – имя НПП, LVZ_i, LTZ_i – лингвистическая переменная (ЛП) i -го значения, а также её лингвистический терм (ЛТ) из предпосылки НПП, $LVAS, LTAS$ – ЛП аварийной ситуации и её ЛТ из заключения НПП, qR – весовой коэффициент НПП.

Лингвистическая переменная представлена в общем виде:

$$LV = \langle NLV, TSLV, ULV, GLV, MLV, TLV \rangle,$$

где NLV – имя ЛП, $TSLV$ – терм-множество ЛП, ULV – область определения каждого элемента $TSLV$, GLV – синтаксические правила, которые порождают название ЛП, часто преподносятся в виде формальной грамматики, MLV – семантические правила,

которые задают функции принадлежности (ФП) ЛТ, порождённых синтаксическими правилами GLV , TLV – тип переменных ЛТ.

Лингвистический терм переменной представлен в общем виде: $LT = \langle NLT, MF \rangle$, где NLT – имя ЛТ, MF – функция принадлежности ЛТ.

НПП в БЗ представлены в табл. 1, где $\overline{1, k_i}$, – номер НПП для аварийной ситуации AS_i , $X_j, j = \overline{1, n}$, – входные ЛП признаков, z_j^{i, k_j} и $w_i^{k_j}$ – ЛТ входной переменной X_j и выходной переменной $Y = AS_i$ в НПП с номером k_i , $W_i, i = \overline{1, m}$, – обобщённый ЛТ выходной переменной $Y = AS_i$ в НПП группы i , $Y = AS_i, i = \overline{1, m}$, – выходные ЛП аварийных ситуаций, $qR_i^{k_j}$ – весовой коэффициент НПП с номером k_i , в соответствии с ЛТ переменной аварийной ситуации $Y = AS_i$.

В НС производятся расчёты работоспособностей, значения которых вместе с другими расчётами передаются в БЗ и блок НЛ. Структура НС, разработанной при помощи пакета Fuzzy Logic Toolbox, по которой будут проводиться расчёты, в общем виде представлена на рис. 2.

Таблица 1.

Представление НПП в БЗ

№ НПП	ЕСЛИ			ТО		
	X_i	$\dots X_j \dots$	X_n	Y		qR
[1,1]	$z_1^{1,1}$	$z_j^{1,1}$	$z_n^{1,1}$	W_1	AS_1	qR_1^1
[1,2]...	$z_1^{1,2}$	$z_j^{1,2}$	$z_n^{1,2}$			qR_1^2
[1, k_i]	z_1^{1, k_i}	z_j^{1, k_i}	z_n^{1, k_i}			$qR_1^{k_i}$
...						
[i ,1]	$z_1^{i,1}$	$z_j^{i,1}$	$z_n^{i,1}$	W_i	AS_i	qR_i^1
[i ,2]...	$z_1^{i,2}$	$z_j^{i,2}$	$z_n^{i,2}$			qR_i^2
[i , k_i]	z_1^{i, k_i}	z_j^{i, k_i}	z_n^{i, k_i}			$qR_i^{k_i}$
...						
[m ,1]	$z_1^{m,1}$	$z_j^{m,1}$	$z_n^{m,1}$	W_m	AS_m	qR_m^1
[m ,2]...	$z_1^{m,2}$	$z_j^{m,2}$	$z_n^{m,2}$			qR_m^2
[m , k_m]	z_1^{m, k_m}	z_j^{m, k_m}	z_n^{m, k_m}			$qR_m^{k_m}$

В блоке НЛ нечёткое множество данных показано через базовую шкалу H , а также функцию принадлежности $\mu(x_i), x \in H$, которая принимает значения на сегменте

$$[0,1]: H = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\mu(x_i)}, \text{ где } x_i - i\text{-ое значение базовой шкалы.}$$

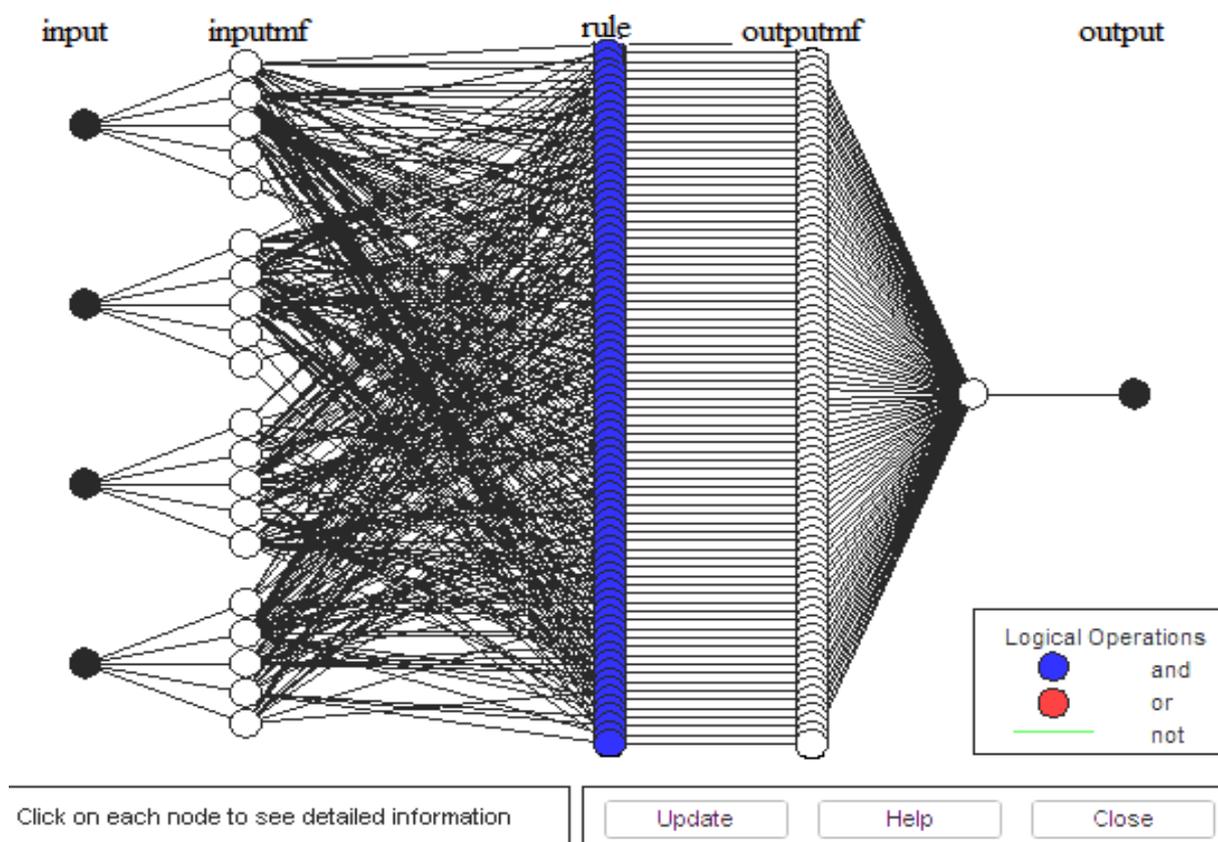


Рис. 2. Визуализация структурной схемы нечёткой НС

Основа для нечётких выводов выстраивается через нечёткое отношение, которое определяет связь нескольких субъективных понятий (правил) x и y , и является подмножеством декартового произведения $X \times Y$ [15]: $G = \int_{(x,y) \in (X \times Y)} \mu_G(x, y) / (x, y)$.

Большое число нечётких отношений используется в композиции правил вывода. Самое распространённое из них – операция взятия минимума. Для организации логического вывода используется композиционное правило, предложенное Л. Заде: $E = A \circ G, \mu_E(y) = \max_x \min(\mu_A(x), \mu_G(x, y))$.

По данным из блоков НС и БЗ, блок НЛ проводит диагностику технического состояния СТС и находит причину в БЗ.

Поиск необходимой информации в БЗ осуществляется путём поиска прямого вывода и поиска в ширину [14]. В системах с прямым выводом по известным данным находится те данные, которые им соответствуют. При поиске в ширину система НЛ проанализирует все данные за последний период времени, а потом, если не найдёт совпадений, пойдёт на следующий период. В итоге, при диагностике и прогнозировании аварийных и нештатных ситуаций находится их причина и способы их устранения, которые передаются ЛПР. Алгоритм ПАУ СТС представлен на рис. 3.

Результаты. Для исследований выбрана судовая СТС, а именно система кондиционирования воздуха, работающая в «зимнем» режиме. Она состоит из: электровентилятора, нагревателей 1-ой и 2-ой ступеней, увлажнителя воздуха [15,16]. Результаты диагностики СТС записаны в табл. 2 значений работоспособности СТС по некоторым временным рядам $v(t)$. В табл. 2 работоспособность: w_1 – электровентилятора, w_2 – нагревателя воздуха 1-й ступени, w_3 – увлажнителя воздуха, w_4 – нагревателя воздуха 2-й ступени, W – системы кондиционирования воздуха.

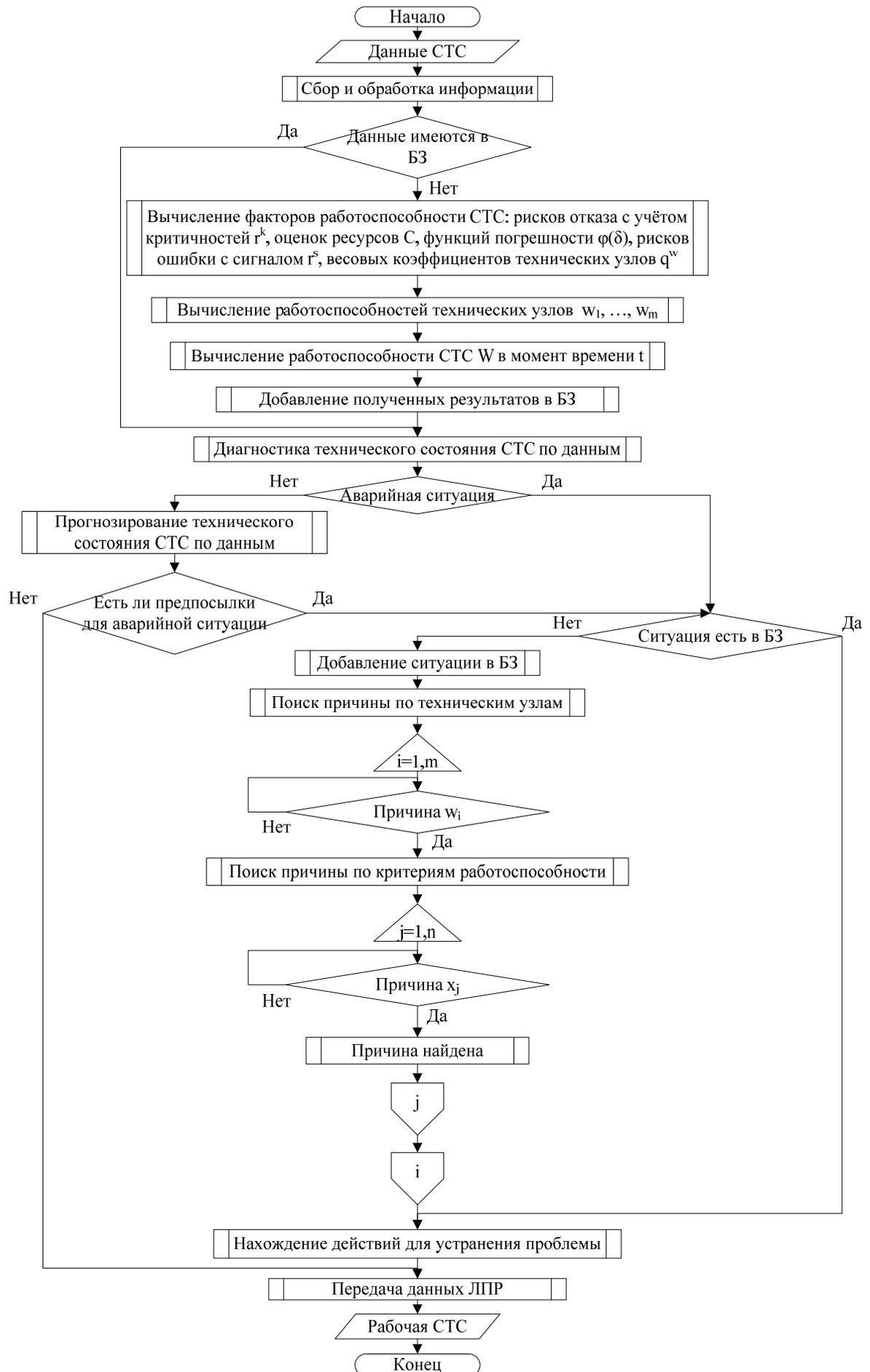


Рис. 3. Алгоритм ПАУ СТС

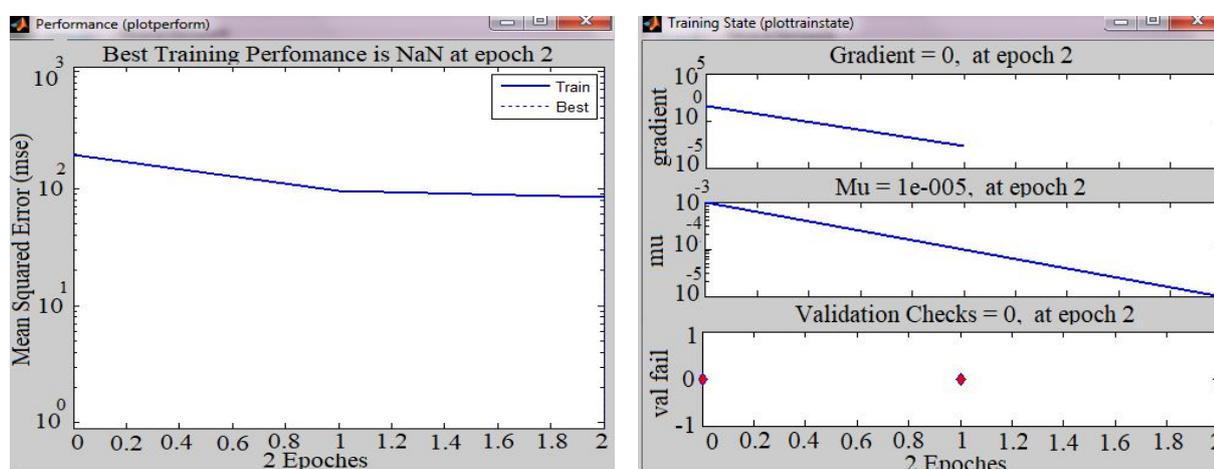
Таблица 2.

Значения работоспособности элементов СТС

Данные	Временной ряд $v(t)$			
	$v(t_1)$	$v(t_2)$	$v(t_3)$	$v(t_4)$
w_1	75	80	63	70
w_2	83	95	59	72
w_3	90	87	74	88
w_4	78	69	84	89
W	95.0151	94.2643	90.1223	96.3569

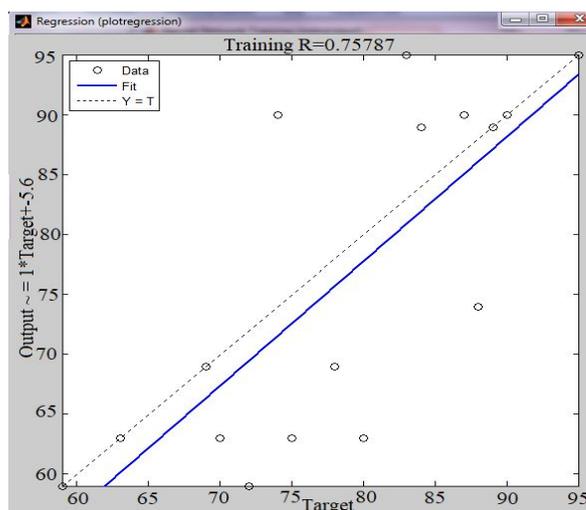
Используя среду Matlab – Network/Data Manager, проведен прогноз данных СТС на основе модели НС.

При диагностике технического состояния СТС произведено обучение НС (рис. 4).



а

б



в

Рис. 4. Результаты обучения сети: а – производительность; б – состояние обучения; в – регрессия

На рис. 5 и 6 представлены таблицы полученных данных и ошибок в результате обучения соответственно.

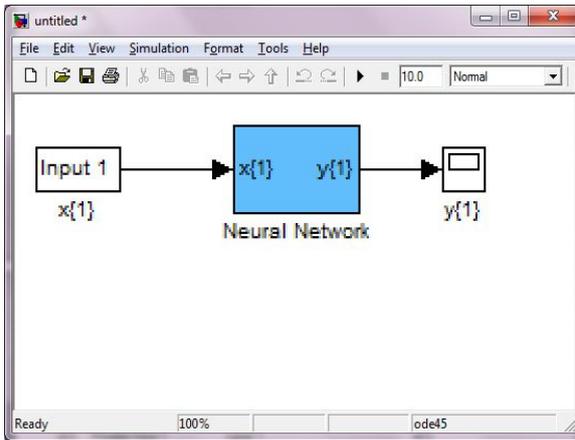
	1	2	3	4
1	63	63	63	63
2	95	95	59	59
3	90	90	90	74
4	69	69	89	89

Рис. 5. Таблица полученных данных

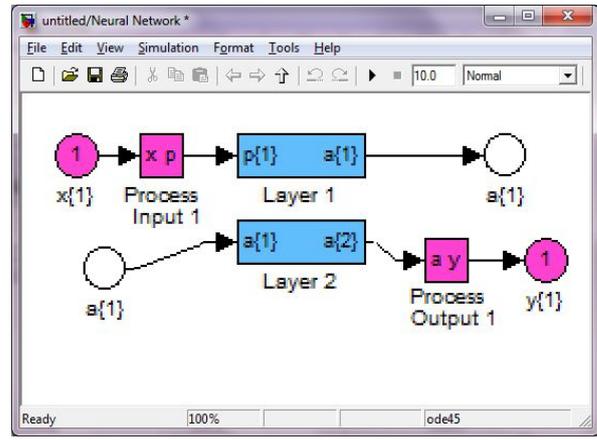
	1	2	3	4
1	12	17	0	7
2	-12	0	0	13
3	0	-3	-16	14
4	9	0	-5	0

Рис. 6. Таблица ошибок

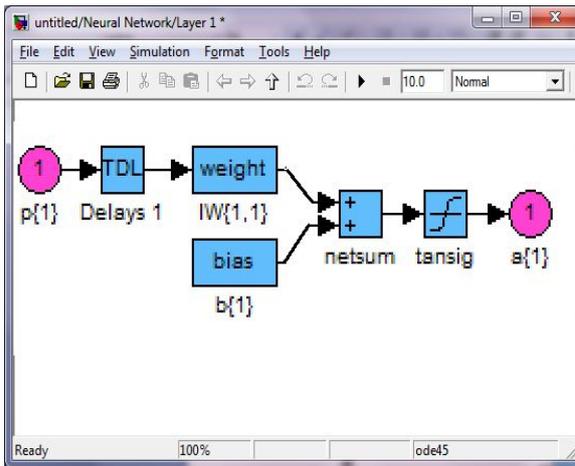
Схема модели нейронной сети в Simulink приведена на рис. 7.



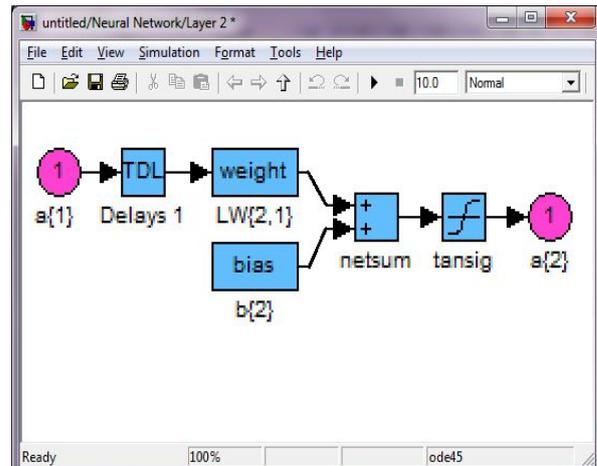
а



б



в



г

Рис. 7. Схема модели нейронной сети: а – общая модель НС в Simulink; б – модель блока Neural Network; в – модель первого уровня блока Neural Network; г – модель второго уровня блока Neural Network

В итоге была вычислена работоспособность системы на основе прогноза данных (табл. 3). Среднее значение ошибки нейронной сети мало и равно 2,25. Таким образом, точность прогноза высока, потому скорость реагирования ПАУ также высока.

Таблица 3.

Результаты прогноза и работоспособность СТС

Данные	w_1	w_2	w_3	w_4	W
Временной ряд $v(t)$	63	59	74	89	90.8509

Выводы

При нахождении работоспособности элементов и всей СТС, при диагностике и прогнозировании их технического состояния учтено множество факторов и критериев работоспособности СТС. При моделировании НС для диагностики и прогнозирования работоспособности судовой СТС кондиционирования воздуха получены результаты обучения сети за 2 эпохи. Среднее значение ошибки нейронной сети относительно небольшое: 2,25, что подтверждает точность проведенных вычислений. В целом, полученные результаты свидетельствуют об эффективности ПАУ СТС.

Список литературы

1. Рудниченко, Н.Д. Оценки структурного и функционального рисков сложных технических систем / Н.Д. Рудниченко, В.В. Вычужанин. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Інформаційні технології. Системи управління. — 2014. — Т. 1, № 2 (67). — С. 18–22.
2. ГОСТ 19176-85: Системы управления техническими средствами корабля. Термины и определения. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2010. — 12 с.
3. Абеуов, Р.Б. Противоаварийное управление в энергосистемах / Р.Б. Абеуов. — Томск: Изд. ТПУ, 2007. — 39 с.
4. Коновалов, С.Н. Гибридные экспертные системы для противоаварийного управления сложными техническими системами / С.Н. Коновалов, В.В. Вычужанин. // Збірник наукових праць «Вісник Одеського національного морського університету». — 2017. — Т. 51, № 2. — С. 165–179.
5. Бубнов, Д.В. Разработка методов и алгоритмов принятия управленческих решений в автоматизированных машиностроительных системах: дисс. канд. техн. наук: 05.13.06 / Бубнов Д.В. — М, 2012. — 180 с.
6. Алгазин, Г.И. Информационные технологии комплексной оценки компетентности выпускника вуза / Г.И. Алгазин, О.В. Чудова. // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. — 2009. — С. 70–78.
7. Козенко, З.Н. Поддержка принятия управленческих решений: инструментально-информационное обеспечение / З.Н. Козенко, А.Ф. Рогачёв, А.Л. Нахшунов, И.А. Карапузов. — Волгоград: ВГУ, 2001. — 124 с.
8. Жернаков, С.В. К вопросу о построении гибридных нейро-нечётких экспертных систем диагностики и контроля ГТД / С.В. Жернаков. // Управление в сложных системах. — 1999. — С. 119–126.
9. Шибаева, Н.О. Методы оценки и прогнозирования технического состояния судовых сложных систем: дисс. канд. техн. наук: 05.22.20 / Шибаева Н.О. — Одесса, 2016. — 225 с.
10. Бойко, В.Д. Методика оценки и обеспечения живучести функциональных комплексов судовых технических систем при их эксплуатации: дисс. канд. техн. наук: 05.22.20 / В.Д. Бойко. — Одесса, 2013. — 252 с.
11. Коновалов, С.Н. Информатизация дистанционного диагностирования состояния сложных технических систем / С.Н. Коновалов, В.В. Вычужанин. // Информатика и математические методы в моделировании. — 2016. — Т. 6, № 1. — С. 61–70.
12. Коновалов, С.Н. Разработка гибридной экспертной системы для противоаварийного управления сложными техническими системами / С.Н. Коновалов, В.В. Вычужанин. // Материалы XXIII Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии» ИСТ-2017. — Нижний Новгород, 2017. — С. 835–840.
13. Виен, Л.Н. Дистанционная диагностическая система на основе гибридных моделей знаний: дисс. канд. техн. наук: 05.13.01 / Ле Нгуен Виен. — Волгоград, 2015. — 123 с.
14. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. — СПб.: Питер, 2000. — 384 с.
15. Вычужанин, В.В. Повышение эффективности эксплуатации судовой системы комфортного кондиционирования воздуха при переменных нагрузках. Монография / В.В. Вычужанин. — Одесса: ОНМУ, 2009. — 206 с.
16. Вычужанин, В.В. Математические модели нестационарных режимов воздухообработки в центральной СКВ / В.В. Вычужанин. // Збірник наукових праць «Вісник Одеського національного морського університету». — 2007. — № 23. — С. 172–185.

ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ПРОТИАВАРІЙНОГО КЕРУВАННЯ СКЛАДНИМИ ТЕХНІЧНИМИ СИСТЕМАМИ

С.М. Коновалов, В.В. Вичужанін

Одеський національний морський університет,
вул. Мечнікова, 34, Одеса, 65029, Україна; e-mail: konserge-serge@rambler.ru

У даній статті був розроблений метод протиаварійного керування складними технічними системами із застосуванням гібридної експертної системи.

Представлена гібридна експертна система, що заснована на нейронній мережі і нечіткій логіці, а також використовує автоматизовану базу знань. Розглянуто фактори та критерії працездатності технічних вузлів складних технічних систем, на основі діагностики і прогнозування яких будується остаточний висновок про працездатність системи, і знаходяться дії, застосовуючи які, можна усунути аварійні або позаштатні ситуації в разі їх виявлення. В якості прикладу для моделювання нейронної мережі, були взяті дані суднової системи кондиціонування повітря.

Ключові слова: протиаварійне керування, складна технічна система, гібридна експертна система, нейронна мережа, нечітка логіка, база знань, діагностика, прогнозування

INFORMATIZATION OF EMERGENCY CONTROL OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

S.N. Konovalov, V.V. Vichuzhanin,

Odesa National Maritime University,
34, Mechnikova Str., Odesa, 65029, Ukraine; e-mail: konserge-serge@rambler.ru

In this article, a method was developed for antifault control of complex technical systems using a hybrid expert system. The presented hybrid expert system is based on a neural network and fuzzy logic, and also uses an automated knowledge base. Factors and criteria for the operability of technical units of complex technical systems are considered, on the basis of diagnostics and forecasting, a final conclusion is made about the operability of the system, and actions are in place to apply which can eliminate emergency or abnormal situations in the event of their detection. As an example for simulating a neural network, data from the ship's air conditioning system were taken.

Keywords: antifault control, complex technical system, hybrid expert system, neural network, fuzzy logic, knowledge base, diagnostics, forecasting