



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института Цифровых
технологий и экономики

Наименование института

Ю.В.Торкунова

«26» октября 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программное обеспечение измерительных процессов

(Наименование дисциплины в соответствии с РУП)

12.04.01 Приборостроение

(Код и наименование направления подготовки)

Направление подготовки

Направленность(профиль) Микропроцессорные средства и программное обеспечение измерений

(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

магистр

(Бакалавр / Магистр)

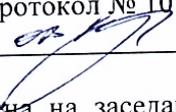
г. Казань, 2020

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО -
магистратура по направлению подготовки 12.04.01 Приборостроение (приказ
Минобрнауки России от 22.09.2017 г. № 957)

(наименование ФГОС ВО, номер и дата утверждения приказом Минобрнауки России)

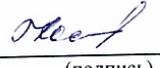
Программу разработал(и):

Зав. кафедрой		О.В.Козелков
(должность, ученая степень)	(дата, подпись)	(Фамилия И.О.)
_____	_____	_____
(должность, ученая степень)	(дата, подпись)	(Фамилия И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
Приборостроение и мехатроника, протокол № 10 от 26.10.2020
Заведующий кафедрой  О.В.Козелков

Программа рассмотрена и одобрена на заседании выпускающей кафедры
Приборостроение и мехатроника, протокол № 10 от 26.10.2020
Заведующий кафедрой  О.В.Козелков

Программа одобрена на заседании учебно-методического совета института
ЦТЭ протокол № 2 от 26.10.2020

Зам. директора института ЦТЭ  В.В.Косулин
(подпись)

Программа принята решением Ученого совета института ЦТЭ
протокол № 2 от 26.10.2020

1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

(Цель и задачи освоения дисциплины, соответствующие цели ОПОП)

Целью освоения дисциплины «Интеллектуальные средства измерений» является формирование знаний по разработке физических и математических моделей интеллектуальных средств измерений.

Задачами дисциплины являются: изучение методов проведения исследований;

изучение методов и средств планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и опытно-конструкторских разработок в приборостроении;

изучение научной проблематики в приборостроении.

Компетенции, формируемые у обучающихся, запланированные результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)
Профессиональные компетенции (ПК)		
ПК-1 Способность проектировать приборные системы и технологические процессы с использованием средств автоматизации проектирования и опыта разработки конкурентоспособных изделий	ПК-1.1 Проектирует приборные системы и технологические процессы с использованием средств автоматизации проектирования и опыта разработки конкурентоспособных изделий	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- структуру построения и элементную базу интеллектуальных средств измерения;- методы автоматизированного проектирования приборных систем;- алгоритм и структуру организации современного технологического процесса производства интеллектуальных средств измерения;- современные требования к техническим характеристикам интеллектуальных средств измерения, технологии их производства и примеры разработки конкурентоспособных изделий. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- сравнивать варианты, выбирать структуру, элементную базу и современные технологии интеллектуальных средств измерений;- интерпретировать полученные результаты с учетом особенностей решаемой задачи. <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none">- практическими приемами и программными продуктами для расчета и проектирования приборных систем и технологических процессов различного функционального назначения;- методами анализа, расчета и проектирования приборных систем и технологических процессов с учетом поставленных задач;

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)
ПК-3 Способность принимать решения по результатам расчетов по проектам и результатам технико-экономического анализа эффективности	3.3 Оценивает экономический эффект от внедрения новых методов и средств измерений	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы расчета затрат на создание и внедрение новой техники; - методы снижения себестоимости, фондоемкости, материалоемкости продукции и сроков окупаемости капитальных вложений; - методы оценки экономического эффекта от внедрения новых интеллектуальных средств измерений ; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - сравнивать варианты экономических решений за счет выбора структуры, элемент-ной базы и современных технологий производ-ства интеллектуальных средств измерений; - интерпретировать полученные результаты с учетом особенностей решаемой задачи. <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - практическими приемами и программными продуктами для расчета экономического эффекта от внедрения новых интеллектуальных средств измерений; - методами анализа, сопоставления и выбора вариантов повышения экономической эффективности от внедрения новых интеллектуальных средств измерений.
		<p>знать:</p> <p>уметь:</p> <p>владеть:</p>

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01.01 Интеллектуальные средства измерений относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Модуля 1 «Дисциплины (модули) по выбору» учебного плана ОПОП 12.04.01 Приборостроение, направленность (профиль) программы «Микропроцессорные средства и программное обеспечение измерений»

Код и наименование направления подготовки, наименование направленности (профиля)

Код компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.	Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. ¹
ПК-1		Б2.В.03(Н) Производственная (научно-исследовательская работа) практика 1 Б2.В.04(Н) Производственная (научно-исследовательская работа) практика 2 Б2.В.05(Пд) Производственная (преддипломная) практика
ПК-3		Б2.В.03(Н) Производственная (научно-исследовательская работа) практика 1 Б2.В.04(Н) Производственная (научно-исследовательская работа) практика 2 Б2.В.05(Пд) Производственная (преддипломная) практика

Для освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

– основы компьютерной техники;

уметь:

– представлять числовые данные в виде электронных таблиц

владеть:

– навыками программирования для обработки результатов измерений, расчета передаточных функций, переходных, импульсных характеристик и АЧХ фильтров в ПП МАТлаб и Лабвью, программирования на языках высокого уровня.

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) (ЗЕ), всего 108 часа(ов), из которых 29,6 часа(ов) составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа 8 час., занятия семинарского типа (практические, семинарские занятия) 16 час., прием экзамена - 35 час., самостоятельная работа обучающегося 44 час.

¹ Перечисляются дисциплины (модули), практики, выполнение ВКР, др. по учебному плану, освоение которых базируется на результатах обучения по данной дисциплине.

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)*
			2
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108
КОНТАКТНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ, в том числе:		29,6	29,6
Лекции (Лек)		8	8
Практические (семинарские) занятия (Пр)		16	16
Лабораторные работы (Лаб)		-	-
Групповые консультации		5,6	5,6
Индивидуальные консультации			
Сдача экзамена / зачета с оценкой (КПА)		35	35
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ (СРС), в том числе:		44	44
Подготовка к промежуточной аттестации в форме: экзамена зачета с оценкой зачета без оценки			
ФОРМА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (За – зачет, ЗО – зачет с оценкой, Э – экзамен)		Э	Э

* Для дисциплин, изучаемых один семестр, и(или) имеющих одну форму промежуточной аттестации, таблицы имеют аналогичный вид - удаляются лишние столбцы, лишние строки, т.п.

3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	С е м е с т р	Распределение трудоемкости (в часах) по видам учебной работы, включая СРС	Формы			
			Л и т е р а т у р а	Ф о р м ы т е к с т о н о л о г и ч е с к и е	Ф о р м ы т е к с т о н о л о г и ч е с к и е	Ф о р м ы т е к с т о н о л о г и ч е с к и е

										ки)		у с п е в а е м о с т и	с т а ц и и
		З а н я т и я л е к ц и о н н о г о т и п а	З а н я т и я п р а к т и ч е с к о г о / с е м и н а р с к о г о т и п а	Л а б о р а т о р н ы е р а б о т ы	Г р у п п о в ы е к о н с у л ь т а ц и и	С а м о с т о я т е л ь н а я р а б о т а с т у д е н т а, в т. ч.	п о д г о т о в к а к п р о м е ж у т о ч н о й а т т е с т а ц и и	С д а ч а з а ч е т а / э к з а м е н а	И т о г о				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1 2	13	14
Раздел 1 Проблема интеллектуальны х измерений	2	2	2			2			8				

1.1. Исходные положения и обзор состояния исследований по интеллектуализации измерений и средств измерений 1.2. Интеллектуализация информационно-измерительных процессов 1.3. Использование нейроподобных структур в средствах измерений												
Раздел 2. Методы устранения неопределенностей и пополнения знаний 2.1. Основные понятия нечетких множеств 2.2. Нечеткие системы типа Мамдани и Сугено, разработка моделей заданных функций			4			4			8			
3. Применение нейроструктуры в средствах измерений 3.1. История нейронных сетей 3.2. Аналогия с мозгом 3.3. Биологический нейрон 3.4. Искусственный нейрон 3.5. Искусственные нейронные сети 3.6. Обучение искусственной нейронной сети		2	4			26			32			

3.7. Применение нейронных сетей для решения практических задач 3.8. Современные направления развития нейросетевых технологий.												
4. Особенности основной части лектуальных занятий Общие положения Средства и языки программирования. Среда программирования L EW Пакеты нечетких систем и нейронных сетей в программе MATLAB		4	6			12			22			
5. Подготовка к промежуточной аттестации в форме экзамена												
...												
Экзамен									35			
ИТОГО		8	16									

3.3. Тематический план лекционных занятий

№ п/п	Темы лекционных занятий	Трудоемкость, час.
1	Использование нейроподобных структур в средствах измерений.	2
2	Нейронные сети	2
3	Алгоритм обратного распространения ошибки	2
4	Радиальные базисные, вероятностные нейронные сети, сети регрессии	2
Всего		8

При отсутствии в учебном плане данного вида работы после заголовка пункта должна следовать запись «Данный вид работы не предусмотрен учебным планом».

3.4. Тематический план практических занятий

№ п/п	Темы практических занятий	Трудоемкость, час.
1	Изучение основных элементов системы Матлаб	2
2	Процесс разработки системы нечеткого вывода в интерактивном режиме	4
3	Изучение пакета Neural Networks в программе Матлаб	4
5	Решение задачи контроля уровня воды в баке	4
	Решение задачи аппроксимации функции с помощью нейронных сетей	2
Всего		16

При отсутствии в учебном плане данного вида работы после заголовка пункта должна следовать запись «Данный вид работы не предусмотрен учебным планом».

3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом.

3.6. Самостоятельная работа студента

Номер раздела дисциплины	Вид СРС	Содержание СРС	Трудоемкость, час.
1	Изучение теоретического материала, подготовка к практическому занятию	Изучение принципов интеллектуализации информационно-измерительных процессов	2
2	Изучение теоретического материала, подготовка к практическому занятию	Изучение принципов организации функционирования, построения и структуры интеллектуальных измерительных средств	4
3	Изучение теоретического материала, выполнение расчетно-графической работы	Изучение нечеткой системы типа Мамдани и разработка моделей заданных функций	12
3	Изучение теоретического материала, подготовка к практическому занятию, выполнение расчетно-графической работы	Изучение графического интерфейса гибридных систем и разработка моделей заданных систем	14
4	Изучение теоретического материала, выполнение расчетно-графи-	Изучение графического интерфейса программы кластеризации и разработка моделей заданных систем	12

	ческой работы		
		Всего	44

4. Образовательные технологии

При проведении учебных занятий используются традиционные образовательные технологии (*лекции в сочетании с практическими занятиями, семинарами, самостоятельное изучение определённых разделов*) и современные образовательные технологии, направленные на обеспечение развития у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств: (*выбрать нужное*) *интерактивные лекции.*

5. Оценка результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, включает (*выбрать нужное*): *индивидуальный опрос (устный или письменный), контрольные работы, защиты письменных домашних заданий, проведение тестирования (письменное или компьютерное), контроль самостоятельной работы обучающихся (в письменной или устной форме), др.*

Итоговой оценкой результатов освоения дисциплины является оценка, выставленная во время промежуточной аттестации обучающегося (*экзамен*) с учетом результатов текущего контроля успеваемости. Промежуточная аттестация в форме экзамена проводится *письменно или устно по билетам, в виде тестирования..* Билет содержит ...заданий, из них ...практических заданий. На экзамен выносятся *теоретические и практические задания*, проработанные в течение семестра на учебных занятиях и в процессе самостоятельной работы обучающихся. Экзаменационные билеты содержат ... теоретических заданий и ... заданий практического характера.

Обобщенные критерии и шкала оценивания уровня сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции) по итогам освоения дисциплины:

Плани-руемые резуль-таты обучения	Обобщенные критерии и шкала оценивания результатов обучения		
	неудовлетво-рительно	удовлетворительно	хорошо
	не зачтено	зачтено	
Полнота знаний	<i>Уровень знаний ниже минимальных требований, имеют место грубые ошибки</i>	<i>Минимально допустимый уровень знаний, имеет место много негрубых ошибок</i>	<i>Уровень знаний в объеме, соответствующем программе, имеет место несколько негрубых ошибок</i>
Наличие умений	<i>При решении</i>	<i>Продемонстрированы основные</i>	<i>Продемонстрированы все основные умения, решены все</i>

	<i>стандартных задач не продемонстрированы основные умения, имеют место грубые ошибки</i>	<i>умения, решены типовые задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания, но не в полном объеме</i>	<i>основные задачи с негрубыми ошибками, выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами</i>
Наличие навыков (владение опытом)	<i>При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки, имеют место грубые ошибки</i>	<i>Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами</i>	<i>Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами</i>
Характеристика сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	<i>Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач</i>	<i>Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству практических задач</i>	<i>Сформированность компетенции в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных практических (профессиональных) задач</i>
Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)	Низкий	Ниже среднего	Средний

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код	Код индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности компетенции (индикатора достижения компетенции)				
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий	
			Шкала оценивания				
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
						неудовлетворительно	
ПК-1	ПК-1.1	Методы проектирования	Свободно и в полном объеме знает перспек	Достаточно полно знает перспек	Слабо знает перспективные	Не знает направления развития	

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экз. в библиотеке КГЭУ
1	Раннев Г.Г.	Интеллектуальные средства измерения [Текст] :	учебник для вузов / Г. Раннев. -	М. : Академия	2011		Всего: 10, Науч.або н. (1), Книгохр. (8), Ч.з.1 (1)
2	Рутковская, Данута	Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы	: научное издание	М. : Горячая линия - Телеком,	2013	ЭБС lbooks.ru	
3							

Дополнительная литература

№ п/п	Автор(ы)	Наименование	Вид издания (учебник, учебное пособие, др.)	Место издания, издательство	Год издания	Адрес электронного ресурса	Кол-во экземпляров в библиотеке КГЭУ
3	Леоненков А.В.	Нечеткое моделирование в среде MATLAB fuzzyTECH	Учебник	Санкт-Петербург «БХВ»-Петербург	2005	https://www.intuit.ru/studies/courses/6/6/lecture/178?page=2	
2							
3							

6.2. Информационное обеспечение

6.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
---	--	--------

п/п		
1	Электронно-библиотечная система «Лань»	https://e.lanbook.com/
2	Электронно-библиотечная система «ibooks.ru»	https://ibooks.ru/
3	Электронно-библиотечная система «book.ru»	https://www.book.ru/
4	Энциклопедии, словари, справочники	http://www.rubricon.com
5	Портал "Открытое образование"	http://npoed.ru
6	Единое окно доступа к образовательным ресурсам	http://window.edu.ru

6.2.2. Профессиональные базы данных

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Официальный интернет-портал правовой информации	http://pravo.gov.ru	
2	Справочная правовая система «Консультант Плюс»	http://consultant.ru	
3	Справочно-правовая система по законодательству РФ	http://garant.ru	

6.2.3. Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование информационно-справочных систем	Адрес	Режим доступа
1	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru	открытый
2	Российская государственная библиотека	http://www.rsl.ru	открытый
3	Международная реферативная база данных научных изданий zbMATH	http://www.zbmath.org	
4	Международная реферативная база данных научных изданий Springerlink	http://link.springer.com	
5	Образовательный портал	http://www.ucheба.com	

6.2.4. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Способ распространения (лицензионное/свободно)	Реквизиты подтверждающих документов
1	1. Операционная система Windows 7 Профессиональная	лицензионное	Договор ПО ЛИЦ № 0000/20, лицензиар – ЗАО «ТаксНет Сервис»
2	2. Office Professional Plus 2007 Russian OLP NL	лицензионное	Договор № 225/10, лицензиар - ЗАО «СофтЛайн-Трейд»
3	LMS Moodle	свободно	-
4	Браузер Chrome	свободно	-

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Вид учебной работы	Наименование специальных помещений и помещений для СРС	Оснащенность специальных помещений и помещений для СРС
1	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа А-323	30 посадочных мест, доска аудиторная, акустическая система, усилитель-микшер для систем громкой связи, миникомпьютер, монитор, проектор, экран настенно-потолочный, микрофон, подключение к сети "Интернет", доступ в электронную информационно-образовательную среду
2	Практические занятия	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, лицензионное программное обеспечение
3	Лабораторные работы	Учебная лаборатория «_____», _____	<i>Специализированной лабораторное оборудование по профилю лаборатории:</i>
		Лаборатория «_____», _____	<i>Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран)</i>
4	Самостоятельная работа обучающегося	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	<i>Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение</i>
		Читальный зал библиотеки	<i>Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, мультимедийный проектор, экран, программное обеспечение</i>
		Читальный зал библиотеки	<i>Специализированная учебная мебель, компьютерная техника</i>

			<i>с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС</i>
--	--	--	---

8. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета www//kgeu.ru. Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;

- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;

- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;

- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

Лист внесения изменений

Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины на 20 ____
/20 ____ учебный год

В программу вносятся следующие изменения:

1. _____
2. _____
3. _____

*Указываются номера страниц, на которых внесены изменения,
и кратко дается характеристика этих изменений*

Программа одобрена на заседании кафедры –разработчика « ____ » _____
20_г., протокол № _____

Зав. кафедрой _____

Подпись, дата

И.О. Фамилия

Программа одобрена методическим советом института _____

« ____ » _____ 20 ____ г., протокол № _____

Зам. директора по УМР _____

Подпись, дата

И.О. Фамилия

Согласовано:

Руководитель ОПОП _____

Подпись, дата

И.О. Фамилия



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования**

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

Интеллектуальные средства измерений

(Наименование дисциплины в соответствии с РУП)

Направление подготовки

12.04.01 Приборостроение
(Код и наименование направления подготовки)

Направленность(и) (профиль(и)) Микропроцессорные средства и программное
обеспечение измерений

(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация
(Бакалавр / Магистр)

магистр

г. Казань, 2020

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Интеллектуальные средства измерений»
Содержание ОМ соответствует требованиям федерального государственного стандарта высшего образования по направлению подготовки 12.04.01 «Приборостроение» и учебному плану.

1. ОМ соответствует требованиям, предъявляемым к структуре, содержанию ОМ по дисциплине, а именно:

1) Перечень формируемых компетенций, которыми должен овладеть обучающийся в результате освоения дисциплины, соответствует ФГОС ВО и профстандарту, будущей профессиональной деятельности выпускника.

2) Показатели и критерии оценивания компетенций, а также шкалы оценивания обеспечивают возможность проведения всесторонней оценки результаты обучения, уровней сформированности компетенций.

3) Контрольные задания и иные материалы оценки результатов освоения разработаны на основе принципов оценивания: валидности, определённости, однозначности, надёжности, а также соответствуют требованиям к составу и взаимосвязи оценочных средств, полноте по количественному составу оценочных средств и позволяют объективно оценить результаты обучения, уровни сформированности компетенций.

4) Методические материалы ОМ содержат чётко сформулированные рекомендации по проведению процедуры оценивания результатов обучения и сформированности компетенций.

2. Направленность ОМ по дисциплине соответствует целям ОПОП ВО по направлению 12.04.01 «Приборостроение», профстандартам.

3. Объём ОМ соответствует учебному плану подготовки.

4. Качество ОМ в целом обеспечивают объективность и достоверность результатов при проведении оценивания с различными целями.

Заключение. На основании проведенной экспертизы можно сделать заключение, что ОМ по дисциплине соответствует требованиям ФГОС ВО, профессионального стандарта, современным требованиям рынка труда и рекомендуются для использования в учебном процессе.

Следует отметить, что созданы условия для максимального приближения системы оценки и контроля компетенций обучающихся к условиям их будущей профессиональной деятельности.

Рассмотрено на заседании учебно-методического совета ИЦТЭ «26» октября 2020 г., протокол № 10

Председатель УМС



Торкунова Ю.В.

Рецензент

Заместитель директора по научной работе ФИЦ КазНЦ РАН

Профессор РАН,

д.ф.-м.н.



Калачёв А.А.

личная подпись

(Фамилия И.О., место работы, должности (ученая степень))

М.П.



Оценочные материалы по дисциплине «Интеллектуальные средства измерений» - комплект контрольно-измерительных материалов, предназначенных для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций: *ПК-1.1 Проектирует приборные системы и технологические процессы с использованием средств автоматизации проектирования и опыта разработки конкурентоспособных изделий;*

ПК-3.3 Оценивает экономический эффект от внедрения новых методов и средств измерения.

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля успеваемости, проводимого по балльно-рейтинговой системе (БРС), и промежуточной аттестации.

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценивание процесса обучения по дисциплине, проводится в виде защиты двух рефератов по заданным темам (20 вариантов тем по первому реферату и 15 вариантов тем по второму реферату); двух расчетно-графических работ, тестирования с использованием компьютера; контроля выполнения самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация имеет целью определить уровень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине за 2 семестр и проводится в форме экзамена.

Оценочные материалы включают задания для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, разработанные в соответствии с рабочей программой дисциплины.

1. Технологическая карта

Семестр 2

Номер раздела/ темы дисциплины	Вид СРС	Наименование оценочного средства	Код индикатора достижения компетенций	Уровень освоения дисциплины, баллы			
				неуд-но	удов-но	хорошо	отлично
				не зачтено			зачтено
				низкий	ниже среднего	средний	высокий
Текущий контроль успеваемости							
3	Изучение теоретического материала, выполнение расчетно-графической работы	РГР	ПК-1,1 ПК-3,3	менее 9	9-10	11-12	13-15
	Изучение теоретического материала, выполнение расчетно-графической работы	РГР	ПК-1,1 ПК-3,3	Менее 9	9-11	11-13	13-15

5	Изучение теоретического материала, подготовка реферата	Реф	ПК-1,1 ПК-3,3	менее 6	6-79	9-12	12-15
6	Изучение теоретического материала, подготовка реферата	Реф	ПК-1,1 ПК-3,3	менее 6	6-9	9-12	12-15
Всего баллов				менее 30	30-39	40-49	50-60

Промежуточная аттестация							
	Подготовка к экзамену	Тест, экзаменационные билеты	ПК-4.1	менее 25	25-29	30-34	35-40
Итого баллов				менее 55	55-69	70-84	85-100

2. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Оценочные материалы
Расчетно-графическая работа (РГР)	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или выполнения заданий по разделу или дисциплине в целом	Задание для выполнения РГР
Реферат (Реф)	Средство проверки умений получать знания по самостоятельно путем изучения доступной литературы для решения поставленных задач проектирования систем измерения и контроля	Комплект индивидуальных тем для выполнения
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий

3. Оценочные материалы текущего контроля успеваемости обучающихся

<p>Наименование оценочного средства</p>	<p>1. Расчетно-графическая работа по разделу «Изучение основных понятий нечетких систем»</p>
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p>Построение нечеткой аппроксимирующей системы для решения задачи интерполяции</p> <p>1. Изучить основные понятия теории нечетких систем: Нечеткое множество; Функции принадлежности; Нечеткие операторы; Нечеткие отношения; Операции над нечеткими отношениями; Классы нечетких отношений; Задачи нечетких классификаций; Методы построения функций принадлежности; Методы измерений; Лингвистическая переменная; Нечеткие логические выводы типа Сугено и Мамдани; Базы знаний; Фаззификация и дефаззификация;</p> <p>2. Изучить средства программы Матлаб для построения нечетких систем измерения: Система нечеткого вывода типа Мамдани; Система нечетких правил; FIS-редактор и его возможности; Функции принадлежности; Диапазон изменений переменной; Термы переменной.</p> <p>3. Построить нечеткую аппроксимирующую систему по выборке значений заданной функции</p> <p>4. Построить графики заданной и аппроксимирующей функций</p> <p>5. Сравнить полученные графики и сделать выводы</p>
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах¹</p>	<p>При оценке выполненной РГР учитываются следующие критерии:</p> <p><i>1. Знание материала</i></p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 10 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 5 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</p> <p><i>2. Последовательность изложения</i></p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 10 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 5 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</p> <p><i>3. Уровень теоретического анализа</i></p> <p><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 10 баллов;</p>

¹ В соответствии с БРС, поддерживаемой преподавателем в ЭИОС

	<input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 5 баллов; <input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов Максимальное количество баллов - 20
--	---

Наименование оценочного средства	2. Расчетно-графическая работа по разделу «Изучение основных понятий теории нейронных сетей»
Представление и содержание оценочных материалов	<p><u>Средства для проектирования, моделирования, обучения и макроязык программирования искусственных нейронных сетей:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> Изучить основные понятия теории нейронных сетей: Модель нейрона; Алгоритм обучения по дельта-правилу; Описание основных функций создания нейронов; Настройка веса нейрона; Адаптации НС к условиям задачи; Обучение и имитация НС; функции активации НС; Функции графического интерфейса и вспомогательные функции; Структура данных описания НС. Выполнить создание нейронов, реализующих функции логического И и ИЛИ. Выполнить пример обучения НС классификации векторов на две категории. Выполнить пример создания слоя линейных нейронов. Ответить на контрольные вопросы и сделать выводы по выполненной работе.
Критерии оценки и шкала оценивания в баллах ²	<p>При оценке выполненной РГР учитываются следующие критерии:</p> <ol style="list-style-type: none"> <i>Знание материала</i> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 10 баллов; <input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 5 баллов; <input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов; <i>Последовательность изложения</i>

² В соответствии с БРС, поддерживаемой преподавателем в ЭИОС

	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 10 баллов; <input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 5 баллов; <input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов; <p><i>3. Уровень теоретического анализа</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 10 баллов; <input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 5 баллов; <input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов <p>Максимальное количество баллов - 20</p>
<p>Наименование оценочного средства</p>	<p>3. Реферат на тему: «Интеллектуальные датчики»</p>
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p>В Реферате всего 21 вариант индивидуальных заданий, каждому студенту выдается индивидуальное задание.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Беспроводная интеллектуальная измерительная система измерения значения температуры и влажности окружающей среды, закрытых помещений и технологических процессов. 2. Интеллектуальный цифровой вольтметр. 3. Интеллектуальные манометры. 4. Интеллектуальный датчик вязкости капиллярного типа. 5. Интеллектуальный датчик вязкости ротационного типа. 6. Интеллектуальный датчик содержания вредных газов. 7. Интеллектуальные датчики присутствия. 8. Интеллектуальный измеритель расхода жидкости. 9. Интеллектуальный датчик температуры. 10. Интеллектуальный датчик дефектов дымовых труб. 11. Интеллектуальный датчик шероховатости поверхности. 12. Интеллектуальный датчик скорости и затухания звука в твердых телах. 13. Интеллектуальный датчик скорости и затухания звука в жидкости. 14. Интеллектуальный датчик ускорения. 15. Интеллектуальный датчик роста и веса человека. 16. Интеллектуальный датчик диэлектрической восприимчивости. 17. Интеллектуальный датчик скорости течения жидкости. 18. Интеллектуальный измеритель магнитной восприимчивости. 19. Интеллектуальный датчик индуктивности. 20. Интеллектуальный датчик электроемкости. 21. Интеллектуальный датчик электрической добротности.
<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах³</p>	<p>При оценке выполненной РГР учитываются следующие критерии:</p> <p><i>1. Знание материала</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 10 баллов; <input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 5 баллов;

³ В соответствии с БРС, поддерживаемой преподавателем в ЭИОС

	<p><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</p> <p><i>2. Последовательность изложения</i></p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 10 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 5 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</p> <p><i>3. Уровень теоретического анализа</i></p> <p><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 10 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 5 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов</p> <p>Максимальное количество баллов - 10</p>
<p>Наименование оценочного средства</p>	<p>4. Реферат на тему: «Интеллектуальные системы учета и контроля для энергосистем, ЖКХ и электротранспорта»</p>
<p>Представление и содержание оценочных материалов</p>	<p>Всего 14 вариантов индивидуальных заданий, каждому студенту выдается индивидуальное задание.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Акустический эхолотационный метод измерения и неразрушающего контроля технического состояния нефтедобывающих и артезианских скважин. 2. Шкаф диспетчеризации тепловых пунктов. 3. Автоматизированный прибор учета электроэнергии. 4. Автоматизированный прибор учета расхода воды. 5. Автоматизированный прибор учета состояния трансформаторного масла. 6. Автоматизированный интеллектуальный ваттметр. 7. Устройство и принцип действия программируемой электрической розетки. 8. Эхолотатор движения летательных аппаратов. 9. Акустический эхолотатор движения людей. 10. Многоканальный оптический прибор контроля состояния электрических высоковольтных изоляторов. 11. Автоматизированный интеллектуальный ваттметр-частотомер. 12. Автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии. 13. Автоматизированная система контроля качества электроэнергии. 14. Автоматизированная система контроля технического состояния воздушных высоковольтных линий электропередачи.
<p>Критерии оценки и шкала оценивания</p>	<p>При оценке выполненной РГР учитываются следующие критерии:</p> <p><i>1. Знание материала</i></p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренном программой дисциплины – 10 баллов;</p>

в баллах ⁴	<p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто неполно, показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала – 5 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> не раскрыто основное содержание учебного материала – 0 баллов;</p> <p><i>2. Последовательность изложения</i></p> <p><input type="checkbox"/> содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано – 10 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> последовательность изложения материала недостаточно продумана – 5 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> путаница в изложении материала – 0 баллов;</p> <p><i>3. Уровень теоретического анализа</i></p> <p><input type="checkbox"/> показано умение делать обобщение, выводы, сравнение – 10 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя – 5 баллов;</p> <p><input type="checkbox"/> полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения – 0 баллов</p> <p>Максимальное количество баллов - 10</p>
-----------------------	--

4. Оценочные материалы промежуточной аттестации

Наименование оценочного средства	Экзамен
Представление и содержание оценочных материалов	<p>Оценочные материалы, вынесенные на экзамен, состоят из теста на проверку теоретических знаний, и экзаменационных билетов с заданиями практического характера для проверки практических умений.</p> <p>Тест содержит 20 вопросов с заданиями 4-х типов (закрытые, открытые тесты, тесты на упорядочение, на установление соответствия) для выполнения с использованием компьютерной техники. Всего 25 экзаменационных билетов, содержащих по два задания на определение показателей надежности и расчет надежности по структурным схемам надежности.</p> <p style="text-align: center;">Примеры тестовых заданий:</p> <p>1.Перечислите последовательность выполнения задач в процессе обучения нейронной сети</p> <p>4.установить веса 1.вычислить выходы 3.сравнить выходы с желаемыми целями 2.регулировать веса и повторить процесс</p> <p>3,1,4,2</p>

⁴ В соответствии с БРС, поддерживаемой преподавателем в ЭИОС

*4,1,3,2

4,1,2,3

1,4,3,2

2. Отросток, ветвящийся на конце и служащий для передачи выходных сигналов данного нейрона другим нервным клеткам, называется

дендритом

синапсом

*аксоном

сомом

3. Отросток, по которому в нейрон поступают входные сигналы, называется

сомом

синапсом

*дендритом

аксоном

Примеры экзаменационных билетов:

БИЛЕТ 1

1. Понятие искусственного интеллекта. Предмет ИИ. Области применения
2. Математическая модель нейрона.

Интеллектуальные средства измерений

БИЛЕТ 2

1. Интеллектуальность программы. Определение и основные признаки интеллектуальных систем.
2. Этапы алгоритма обратного распространения ошибки.

<p>Критерии оценки и шкала оценивания в баллах</p>	<p>При выставлении баллов за тест учитываются следующие критерии:</p> <p>Каждый верный ответ на задание дает возможность обучающемуся получить 1 балл.</p> <p>Максимальное количество баллов за тест – 20</p> <p>При выставлении баллов за ответы на задания в билете учитываются следующие критерии:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Правильность выполнения практического(их) задания(ий)</i> 2. <i>Владение методами и технологиями, запланированными в рабочей программе дисциплины</i> 3. <i>Владение специальными терминами и использование их при ответе.</i> 4. <i>Умение объяснять, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы</i> 5. <i>Логичность и последовательность ответа</i> 6. <i>Демонстрация способности участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем</i> <p><i>От 16 до 20 баллов оценивается ответ, который показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа.</i></p> <p><i>От 11 до 15 баллов оценивается ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускаются одна – две неточности в ответе.</i></p> <p><i>От 6 до 10 баллов оценивается ответ, свидетельствующий, в основном, о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа.</i></p> <p>Максимальное количество баллов за выполнение практических заданий – 20</p> <p>Максимальное количество баллов за экзамен - 40</p>

Фонд оценочных средств по дисциплине Б1.В.ДВ.01.01.08 «Интеллектуальные средства измерений»

разработан в соответствии с требованиями ФГОС ВПО, с учетом рекомендаций ПрООП ВПО по направлению подготовки 12.04.01 «Приборостроение»

Автор(ы): _____ проф. Андреев Н.К.
подпись ученая степень (звание), расшифровка подписи

Эксперт(ы): _____
подпись ученая степень (звание), расшифровка подписи

подпись ученая степень (звание), расшифровка подписи

Фонд оценочных средств обсужден и одобрен на заседании кафедры _____ от _____ 20__ г., протокол № _____ .

Заведующий кафедрой _____ к.т.н., доцент, О.В. Козелков

подпись ученая степень (звание), расшифровка подписи

« ____ » _____ 20__ г.

Директор _____

подпись д.т.н., доцент, И.Г.Ахметова
ученая степень (звание), расшифровка подписи

« ____ » _____ 20__ г.

Согласовано:
Зав. выпускающей кафедрой _____

_____ к.т.н., доцент, О.В. Козелков
подпись ученая степень (звание), расшифровка подписи

« ____ » _____ 20__ г.

Краткий курс лекций по дисциплине «Интеллектуальные средства измерений»

Лекция 1

Использование нейроподобных структур в средствах измерений

Введение

[1. Понятие нейроподобной сети](#)

[2. Нейроподобный элемент](#)

[3. Применение нейрокомпьютеров в средствах измерений](#)

[4. Нейроматематика](#)

[5. Прикладные результаты](#)

[6. Основные области применения](#)

[Список литературы](#)

Введение

С середины 80-х гг. непрерывно растет интерес к моделированию нейронных сетей. Их особенностью является параллельная работа, и поэтому моделирование таких сетей на ЭВМ, имеющих традиционную архитектуру, требует затрат большого количества времени. Для ускорения этого процесса в разных странах мира начали появляться специализированные устройства, получившие название нейрокомпьютеров.

Существует большое разнообразие типов нейрокомпьютеров - от специализированных интегральных схем, в которые вводится заранее определенная структура нейронной сети, до универсальных программируемых сопроцессоров к вычислительным машинам, на которых можно реализовать любую модель любой нейронной сети. Существует также и целый ряд промежуточных типов нейрокомпьютеров с той или иной степенью специализации. На нейрокомпьютерах целесообразно решать задачи, в которых традиционно силен человек и где вычислительные машины уступают человеческому мозгу. Примерами таких задач могут быть ассоциативный поиск информации, распознавание зрительных и слуховых образов, формирование сложных моделей внешнего мира для автоматического выполнения работ в реальной среде, построение баз знаний о некоторой предметной области, построение систем поддержки принятия решений и др.

Нейрокомпьютеры, как и человеческий мозг, слабы в области выполнения расчетных работ, связанных с большим объемом вычислений, с высокой точностью. Поэтому во многих случаях их целесообразно использовать совместно с ЭВМ. Как правило, нейрокомпьютеры так и разрабатывают в виде приставки к персональной или другой вычислительной машине.

Нейроподобные структуры дают возможность по новому подойти к решению целого ряда задач, считающихся традиционно сложными для вычислительных машин, благодаря ряду своих особенностей приведем некоторые из них.

Параллельность обработки информации. Данным процессом исследователи интересовались на протяжении всей истории развития электронной вычислительной техники, и в настоящее время создано большое количество вычислительных средств, позволяющих распараллеливать решение задач. Опыт работы с такими устройствами показывает, что хорошие результаты получаются в тех случаях, когда обрабатываемые данные имеют однородную структуру (векторы, матрицы и т.п.), однако попытки применения их для решения задач, связанных с поиском на графах, и аналогичных задач, к которым обычно сводят проблемы искусственного интеллекта, наталкиваются на большие трудности. Нейроподобные структуры дают возможность организовать данные в виде однородных массивов и применить методы распараллеливания, но при этом они дают и новые возможности поиска хранящейся в этих структурах информации, что позволяет надеяться на новые подходы к решению задач искусственного интеллекта.

Ассоциативность. Это свойство нейроподобных структур восстанавливать хранящуюся в них информацию по ее части. Подобное свойство пытались воспроизвести на всех этапах развития вычислительной техники, однако в подавляющем большинстве случаев предложенные ассоциативные устройства осуществляют поиск информации по заранее выделенной ее части (по ключу). Ассоциативность нейроподобных структур отличается от ассоциативности большинства других типов технических устройств возможностью восстановления информации по любой ее части. Способность к автоматической классификации. В вычислительной технике данному свойству уделялось большое внимание. Разработаны разнообразные автоматические классификаторы и классифицирующие программы, реализуемые на универсальных ЭВМ. Особенностью нейроподобных структур является то, что способность к автоматической классификации внутренне присуща многим таким структурам и для ее реализации не требуется применение дополнительных мер.

Способность к обучению. В процессе обучения нейроподобные структуры способны перестраиваться для решения различных задач. Многие программы в той или иной степени такой способностью обладают и все-таки в целом основным способом подготовки вычислительной машины к решению новой задачи остается создание новой программы и обучение, а основным способом подготовки нейроподобных структур к решению новых задач является обучение. В этом между нейроподобными структурами и вычислительными машинами нет какого-либо резкого принципиального различия, речь идет скорее о количественном соотношении затрат, необходимых при разработке новых программ и параметрической настройке их на решаемые задачи. Однако надо иметь в виду, что в нейроподобных сетях под "программой" понимаются исходная структура (вводимая разработчиком до начала обучения нейроподобной сети), исходные значения параметров и алгоритмы функционирования различных блоков нейроподобной сети. Это понятие не совсем точно соответствует понятию программы в вычислительной машине. Общность их заключается в том, что в обоих случаях разработчик, используя свои представления о задаче подготавливает устройство к ее решению, а к предъявлению примеров, на которых строится процесс обучения, прибегает лишь после создания самой программы.

Надежность. Нейроподобные структуры работают с высокой надежностью. Эксперименты, проведенные на вычислительных машинах, показывают, что выход из строя большого количества элементов нейроподобной сети (до 10%, а иногда и более) не приводит к отказам в работе всей структуры. Надо отметить, что хотя источник высокой надежности нейроподобных структур обычный - дублирование элементов, в отличие от традиционных схем дублирования оно не приводит к избыточным затратам аппаратуры, поскольку в нейроподобных структурах каждый элемент принимает участие в реализации многих функций, что позволяет при высокой степени дублирования экономно использовать рабочие элементы. Отказ каждого элемента в нейроподобной структуре ведет к ухудшению многих функций, но это ухудшение настолько мало, что его, как правило, практически невозможно обнаружить.

Перечисленные свойства делают нейроподобные структуры привлекательными и вполне оправдан тот интерес, который исследователи проявляют к ним в течение последних лет. Здесь следует объяснить причины, по которым этого интереса не было на протяжении второй половины 60-х и 70-х гг. Их следует разделить на субъективные и объективные. К субъективным, по-видимому, следует отнести надежды первых исследователей на быстрое и эффективное решение всех проблем в данной области и на получение законченных полезных результатов. Но надежды не оправдались и последовавшее затем разочарование было чрезвычайно глубоким. Из множества объективных причин необходимо выделить две. Первая заключается в теоретических трудностях, с которыми столкнулись исследователи нейроподобных структур - нелинейными, сложными объектами, трудно поддающимися анализу. При этом многие исследователи поддались соблазну сильного упрощения, линеаризации исследуемого объекта, что привело к потере основных полезных свойств нейроподобных структур. Результаты же, полученные на таких упрощенных моделях, были отнесены ко всему множеству неисследованных структур. Второй объективной причиной было слабое развитие аппаратных средств. Попытки найти достаточно дешевые и технологичные аналоговые элементы для реализации адаптивных межнейронных связей в те годы закончились

неудачей, а развитой микропроцессорной техники, позволяющей решить эти проблемы на цифровой элементной базе, еще не было.

Бурное развитие электронной технологии в 70-х и 80-х гг. привело к тому, что в настоящее время существует адекватная элементная база для аппаратной поддержки нейроподобных структур, а целый ряд теоретических проблем, не решенных в 50-х и 60-х гг. удалось решить, не прибегая к излишним упрощениям. Поэтому в настоящее время сложились условия, благоприятные для развития работ по нейроподобным структурам и нейрокомпьютерам. Выбирая конкретное направление работ, сейчас очень важно правильно оценить ситуацию и свои реальные возможности. Зарубежные исследователи, разрабатывая универсальные устройства для моделирования самых различных нейронных сетей, делают ставку на высокий уровень электронной технологии, позволяющий реализовывать высокопроизводительные параллельные устройства, но наша элементная база не позволяет нам успешно конкурировать в этой области. Поэтому целесообразно выбрать конкретный тип нейроподобной сети и разрабатывать для него специализированное вычислительное устройство, позволяющее скомпенсировать недостатки элементной базы высоким уровнем специализации. При этом есть риск сильно сузить круг задач, которые сможет решать такое устройство. К счастью, существуют нейроподобные структуры, обладающие большой универсальностью, и реализация специализированного устройства для них позволяет ориентировать устройство на решение широкого круга задач, сохранив преимущества специализации. Этот путь позволяет разработать конкурентоспособные устройства даже на слабой элементной базе

1. Понятие нейроподобной сети

На компьютерном рынке России, перенасыщенном вычислительными средствами традиционной однопроцессорной архитектуры фон Неймана, появился новый вид программно-аппаратных изделий, которые реализуют параллельную распределенную обработку информации, аналогичную мыслительной деятельности высокоорганизованных живых существ. Речь идет о нейроподобных сетях (НПС) и различных видах их реализации: нейропакетах, нейроплатах и нейрокомпьютерах (НК).

Современные цифровые вычислительные машины способны с высоким быстродействием и точностью решать формализованные задачи с вполне определенными данными по заранее известным алгоритмам. Однако в тех случаях, когда задача не поддается формализации, а входные данные неполны, зашумлены или противоречивы, применение традиционных компьютеров становится неэффективным. Альтернативой им становятся специализированные компьютеры, реализующие нетрадиционные нейросетевые технологии. Сильной стороной этих комплексов является нестандартный характер обработки информации. Она кодируется и запоминается не в отдельных ячейках памяти, а в распределении связей между нейронами и в их силе, поэтому состояние каждого отдельного нейрона определяется состоянием многих других нейронов, связанных с ним. Следовательно, потеря одной или нескольких связей не оказывает существенного влияния на результат работы системы в целом, что обеспечивает ее высокую надежность. Высокая <естественная> помехоустойчивость и функциональная надежность касаются как искаженных (зашумленных) потоков информации, так и в смысле отказов отдельных процессорных элементов. Этим обеспечиваются высокая оперативность и достоверность обработки информации, а простая дообучаемость и переобучаемость НПС позволяют при изменении внешних факторов своевременно осуществлять переход на новые виды решаемых задач.

Приведенные выше преимущества нейросетевой обработки данных определяют области применения НПС:

- обработка и анализ изображений;
- распознавание речи независимо от диктора, перевод;
- обработка высокоскоростных цифровых потоков;
- автоматизированная система быстрого поиска информации;
- классификация информации в реальном масштабе времени;
- планирование применения сил и средств в больших масштабах;
- решение трудоемких задач оптимизации;
- адаптивное управление и предсказание.

Во многих зарубежных странах, где нейрокомпьютеры и нейроплаты не являются невиданной экзотикой, их уже сегодня активно применяют военные и медики, финансовые брокеры и налоговые инспекторы, специалисты по обработке изображений и представители многих других профессий. Таможенники используют нейроплаты для обнаружения пластиковых бомб и наркотиков, финансисты - для предсказания курсов валют, летчики - для распознавания наземных целей, банкиры - для оценки кредитных рисков

Основные положения теории деятельности головного мозга и математическая модель нейрона были разработаны У. Маккалоком и Ч. Питтсом в 1943 году и опубликованы в статье <Логическое исчисление идей, относящихся к нервной деятельности>, которая была издана на русском языке в

сборнике <Автоматы> только спустя 13 лет. Согласно предложенной модели мозг представляет собой ансамбль нейронов, имеющих одинаковую структуру. Каждая нейроструктура - нейрон реализует некоторую функцию, называемую пороговой, над входными значениями. Если значение функции превышает определенную величину - порог (что характеризует суммарную значимость полученной нейроном информации), нейрон возбуждается и формирует выходной сигнал для передачи его другим нейронам. Пройдя путь от рецепторов (слуховых, зрительных и других) через нейронные структуры мозга до исполнительных органов, входная информация преобразуется в набор управляющих воздействий, адекватных ситуации.

Отдельные нейроны, соединяясь между собой, образуют новое качество, которое, в зависимости от характера межнейронных соединений, имеет различные уровни биологического моделирования:

группа нейронов;
нейронная сеть;
нервная система;
мыслительная деятельность;
мозг.

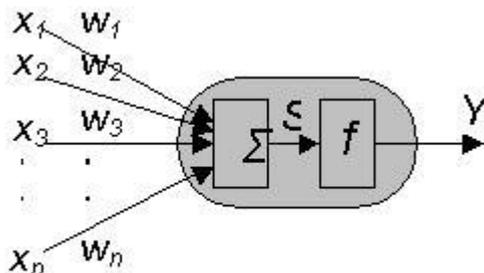
Нейроподобная сеть - это параллельная связанная сеть простых адаптивных элементов, которая взаимодействует с объектами реального мира аналогично биологической нервной системе. С инженерной точки зрения такая сеть представляет собой сильно распараллеленную динамическую систему с топологией направленного графа, которая может выполнять переработку информации посредством изменения своего состояния в ответ на постоянный или импульсный входной сигнал. В настоящее время основными направлениями реализации НПС являются:

программная реализация на цифровых ЭВМ традиционной архитектуры;
программно-аппаратная реализация в виде сопроцессоров к ЭВМ общего назначения;
аппаратная реализация путем создания нейрокомпьютеров на базе нейроплат в виде параллельных нейроподобных структур.

Ранние варианты реализации НПС относятся к первым двум из указанных направлений. Первое направление характеризуется универсальностью, дешевизной и низкой скоростью обучения и функционирования НПС. Для второго направления характерна высокая скорость моделирования функционирования НПС, но при этом существуют серьезные физические ограничения числа моделируемых элементов и связей между ними, а также возможностей обучения и до обучения. По мере развития элементной базы ЭВМ стало возможным самостоятельное развитие третьего направления, которое положило начало индустрии нейрокомпьютеров, представляющих совокупность аппаратных и программных средств для реализации моделей нейронных сетей. На сегодняшний день известно уже более 200 различных парадигм нейронных сетей (не только детерминированных, но и вероятностных), десятки НПС реализованы в специализированных кристаллах и платах, на их основе созданы мощные рабочие станции и даже суперкомпьютеры.

2. Нейроподобный элемент

Нейроподобный элемент, который обычно используется при моделировании нейронных сетей, приведен на рисунке. На нейроподобный элемент поступает набор входных сигналов $x_1 \dots x_n$ (или входной вектор image006.gif (190 bytes)), представляющий собой выходные сигналы других нейроподобных элементов. Этот входной вектор соответствует сигналам, поступающим в синапсы биологических нейронов. Каждый входной сигнал умножается на соответствующий вес связи $w_1:w_n$ -аналог эффективности синапса. Вес связи является скалярной величиной, положительной для возбуждающих и отрицательной для тормозящих связей. Взвешенные весами связей входные сигналы поступают на блок суммации, соответствующий телу клетки, где осуществляется их алгебраическая сумма и определяется уровень возбуждения нейроподобного элемента S :

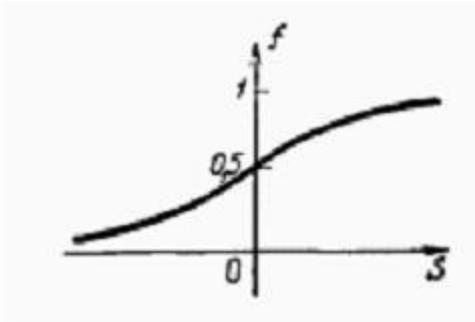


Выходной сигнал нейрона y определяется путем пропускания уровня возбуждения S через нелинейную функцию f :

$$S = \sum_{i=1}^m w_i x_i$$

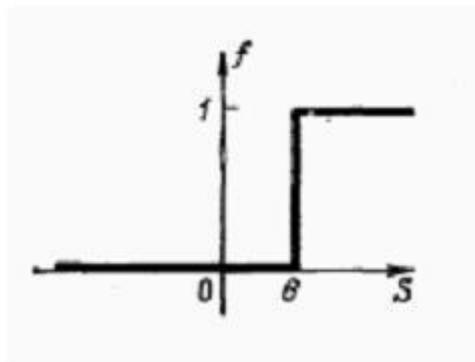
где θ - некоторое постоянное смещение (аналог порога нейрона). Обычно используются простейшие нелинейные функции:

Бинарная.



$$y = \frac{1}{1 + e^{-(s-\theta)}} \quad (4)$$

СИГМОИДНАЯ:



$$y = \begin{cases} 1, & \text{при } S > \theta \\ 0, & \text{при } S \leq \theta \end{cases} \quad (3)$$

В такой модели нейрона пренебрегают многими известными характеристиками биологического прототипа, которые некоторые исследователи считают критическими. Например, в ней не учитывают нелинейность пространственно-временной суммации, которая особенно проявляется для сигналов, приходящих по возбуждающим и тормозящим синапсам, различного рода временные задержки, эффекты синхронизации и частотной модуляции, рефрактерность и т. п. Несмотря на это нейроподобные сети, построенные на основе таких простых нейроподобных элементов, демонстрируют ассоциативные свойства, напоминающие свойства биологических систем. Из выше сказанного: нейроподобная сеть представляет собой совокупность нейроподобных элементов, определенным образом соединенных друг с другом и с внешней средой. Входной вектор (кодирующий входное воздействие или образ внешней среды) подается на сеть путем активации входных нейроподобных элементов. Множество выходных сигналов нейронов сети y_1 :ум называют вектором выходной активности, или паттерном активности нейронной сети. Веса связей нейронов сети удобно представлять в виде матрицы W , где W_{ij} - вес связи между i - и j -м нейронами. В процессе функционирования (эволюции состояния) сети осуществляется преобразование входного вектора в выходной, т. е. некоторая переработка информации, которую можно интерпретировать, например, как функцию гетеро- или авто- ассоциативной памяти. Конкретный вид выполняемого сетью преобразования информации обуславливается не только характеристиками нейроподобных элементов, но и особенностями ее архитектуры, т. е. той или иной топологией межнейронных связей, выбором определенных подмножеств нейроподобных элементов для ввода и вывода информации, наличием или отсутствием конкуренции, направлением и способами управления и синхронизации информационных потоков между нейронами и т. д.

2.1. Обучение нейроподобной сети.

Одно из важнейших свойств нейроподобной сети - способность к самоорганизации, самоадаптации с целью улучшения качества функционирования. Это достигается обучением сети, алгоритм которого задается набором обучающих правил. Обучающие правила определяют, каким образом

изменяются связи в ответ на входное воздействие. Многие из них являются развитием высказанной Д. О. Хеббом идеи о том, что обучение основано на увеличении силы связи (синаптического веса) между одновременно активными нейронами. Таким образом, часто используемые в сети связи усиливаются, что объясняет феномен обучения путем повторения и привыкания. Математически это правило можно записать следующим образом:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \alpha y_i * y_j$$

где $w_{ij}(t)$ и $w_{ij}(t+1)$ - значение веса связи от i -го к j -му нейрону соответственно до и после его изменения, α - скорость обучения. В настоящее время существует множество разнообразных обучающих правил (алгоритмов обучения). Некоторые из них будут представлены в параграфах, посвященных рассмотрению конкретных нейросетевых моделей.

2.2. Методы исследования нейроподобных сетей.

Для исследования построенной модели сети (с заданными характеристиками элементов, архитектурой и обучающими правилами) применяют три основных метода: аналитическое исследование, а также математическое (имитационное) и физическое моделирование. Сложность аналитического исследования рассматриваемых нами моделей с коллективным поведением обусловлена наличием большого числа взаимодействующих нелинейных нейроподобных элементов. Несмотря на это интересные аналитические результаты получены для многих из рассматриваемых далее моделей нейронных сетей, что в значительной степени способствовало их популярности.

Физическое моделирование позволяет быстро получать достоверные результаты работы модели, однако связано с технической сложностью аппаратной реализации большого количества нейроподобных элементов со многими адаптивными связями.

Математическое моделирование на универсальных ЭВМ дает возможность создать практически любые модели нейронных сетей, однако из-за последовательного характера их работы в обозримое время удается исследовать модели ограниченного размера. В настоящее время существуют и продолжают создаваться специальные вычислительные средства для эффективного моделирования больших нейроподобных сетей, а также реализованные в виде микросхем очень быстродействующие аппаратные модели небольших нейросетей

3. Применение нейрокомпьютеров в средствах измерений

Длительное время считалось, что нейрокомпьютеры эффективны для решения так называемых неформализуемых и плохо формализуемых задач, связанных с необходимостью включения в алгоритм решения задачи процесса обучения на реальном экспериментальном материале.

В первую очередь к таким задачам относилась задача аппроксимации частного вида функций, принимающих дискретное множество значений, т. е. задача распознавания образов.

В настоящее время к этому классу задач добавляется класс задач, иногда не требующий обучения на экспериментальном материале, но хорошо представимый в нейросетевом логическом базисе. К ним относятся задачи с ярко выраженным естественным параллелизмом обработки сигналов, обработка изображений и др. Подтверждением точки зрения, что в будущем нейрокомпьютеры будут более эффективными, чем прочие архитектуры, может, в частности, служить резкое расширение в последние годы класса общематематических задач, решаемых в нейросетевом логическом базисе. К ним кроме перечисленных выше, можно отнести задачи решения:

- линейных и нелинейных алгебраических уравнений и неравенств большой размерности;
- систем нелинейных дифференциальных уравнений;
- уравнений в частных производных;
- задач оптимизации и других задач.

В целом формируется три раздела нейроматематики: общая, прикладная и специальная.

3.1 Общая нейроматематика.

В последние годы резко расширился интерес к решению общих математических задач в нейросетевом логическом базисе. Даже такие, казалось бы, простые задачи, как сложение чисел, умножение, деление, извлечение корня, обращение чисел и другие, многие авторы пытаются решить с помощью нейрокомпьютеров, так как при ориентации на нейросетевую физическую реализацию алгоритмов эти операции можно выполнить значительно эффективнее, чем на известных булевских элементах. Во многих научных работах разрабатываются и исследуются нейросетевые алгоритмы решения следующих задач:

- системы линейных уравнений и неравенств;
- обращение матриц;
- задачи оптимизации (линейное и нелинейное программирование);

сортировка;

Решение других задач общей нейроматематики, таких, например, как решение:

обыкновенных дифференциальных уравнений с произвольной нелинейной правой частью;
дифференциальных уравнений в частных производных.

Отдельным важным разделом нейроматематики так же является комплекс задач, связанных с формализацией с помощью графов.

Вероятно, в ближайшие годы множество задач общей нейроматематики будет расширяться.

4. Нейроматематика

Как правило, множество задач прикладной нейроматематики представляют задачи в принципе не решаемые известными типами вычислительных машин. Многие из них уже сейчас решаются с помощью нейрокомпьютеров.

Общие задачи:

контроль кредитных карточек;

системы скрытого обнаружения веществ с помощью устройств на базе тепловых нейронов и нейрокомпьютера на заказных цифровых нейрочипах;

системы автоматизированного контроля безопасного хранения ядерных изделий и автоматизированного контроля установок и слежения за безопасностью АЭС.

Задачи обработки изображений:

обработка аэрокосмических изображений, в частности: сжатие с восстановлением, сегментация, контрастирование, обработка текстур;

формирование и обработка изображений, формируемых адаптивным составным телескопом (100-400 зеркал);

выделение на изображении движущихся целей;

поиск и распознавание на изображении объектов заданной формы;

обработка информации в высокопроизводительных сканерах, ориентированных на применение в больших информационных системах.

Задачи обработки сигналов:

прогнозирование финансовых показателей;

упреждение мощности АЭС;

обработка траекторных измерений;

выделение речевого сигнала в негауссовском шуме значительного уровня;

распознавание диктора.

Задачи управления динамическими объектами:

управление вертолетом, самолетом;

управление зеркалами (100-400 зеркал) адаптивного составного телескопа;

управление роботами;

Нейросетевые экспертные системы.

система выбора воздушных маневров в процессе ведения воздушного боя;

медицинская диагностическая экспертная система для оценки состояния летчика.

Системы виртуальной реальности.

Конечно, основное направление применения нейроподобных структур - исследования, где по каким-то причинам не может быть задействован человек. Это могут быть исследования вредные для человека, недоступные в данный момент или слишком дорогие.

Ярким примером является интеллектуальный мобильный робот (ИМР) - это техническая система, способная автономно двигаться к цели по заранее неизвестной среде без помощи человека.

Принципиально новый подход к проблеме создания систем управления таких интеллектуальных мобильных роботов был предложен в НИИ многопроцессорных вычислительных систем Таганрогского государственного радиотехнического университета. Отличительной особенностью этого подхода является создание систем управления ИМР на базе однородных нейроподобных структур (ОНС), реализующих нецифровые методы обработки информации, присущие мозгу человека. Использование таких нейроподобных структур позволяет добиться ряда важных преимуществ.

В результате проведенных исследований разработаны теоретические и практические основы построения систем управления ИМР на базе однородных нейроподобных структур. Для практической реализации развиваемого подхода была разработана и изготовлена специальная элементная база, включающая в себя СБИС фрагмента ОНС и многокристальный модуль ОНС. СБИС фрагмента ОНС содержит 128 нейропроцессоров на кристалле, объединенных в одно решающее поле, причем предусмотрена возможность стыковки данных СБИС друг с другом с целью наращивания размеров решающего поля. Многокристальный модуль содержит 8 СБИС фрагмента ОНС в одном корпусе, объединенных в одно решающее поле.

5. Прикладные результаты

Проведенные теоретические исследования послужили основой для создания целого ряда образцов нейропроцессорных систем управления ИМР различного назначения. В частности, в рамках российской космической программы, было создано несколько прототипов интеллектуальных мобильных роботов-планетоходов, предназначенных для исследования поверхности планет Солнечной системы, в частности, Марса.

Бортовая система управления данными ИМР была построена на базе нейроподобной структуры, содержащей 4096 элементарных нейропроцессоров. Ввод информации о среде движения в систему осуществлялся с помощью сканирующего лазерного дальномера и телекамеры. Данная система обеспечивала возможность автономного движения ИМР к последовательности из 16 целей по заранее неизвестной, пересеченной местности со скоростями до 10 км/час. Созданные прототипы ИМР- планетоходов прошли успешные испытания на естественных полигонах в условиях, приближенных к реальным, подтвердившие работоспособность и эффективность заложенных в них принципов.

6. Основные области применения

Робототехнические системы, предназначенные для функционирования в условиях опасных для жизнедеятельности человека, в частности в космосе или под водой, в зоне радиоактивного или химического загрязнения, при инспекции взрывоопасных зон и предметов, при проведении спасательных работ в зонах разрушения и т.д. Кроме того, полученные результаты могут также найти применение при создании интеллектуальных промышленных и домашних роботов.

Результаты исследований описаны в статье "Многопроцессорные распределенные системы управления интеллектуальных мобильных роботов", опубликованной в журнале "Современные технологии автоматизации" N4, 1997.

Список литературы:

www.chip-news.ru - В. Шахнов, А. Власов, А. Кузнецов "Нейрокомпьютеры архитектура и реализация"

www.tsu.ru

<http://iit.ntu-kpi.kiev.ua>

<http://citforum.ru>

<http://sunsite.cs.msu.su/>

<http://alife.narod.ru/>

<http://neurnews.iu4.bmstu.ru>

<http://neural.narod.ru/>

<http://www.history.ru/>

<http://forum.aicomcommunity.org/>

Published on September 13th, 2016

ЛЕКЦИЯ 2

Лекция №2

Нечеткая логика и ее применение в системах искусственного интеллекта

1. Понятие нечеткой логики и нечетких систем

Системы искусственного интеллекта, основанные на использовании математического аппарата нечеткой логики (Л. Заде, 1981), являются наиболее простыми представителями систем искусственного интеллекта. Данные системы принято называть также термином «нечеткие» системы. Обычно они используются для выработки (автоматической) командных или управляющих воздействий на управляемые объекты, не относящиеся к категории объектов ответственного назначения. Характерной (отличительной) особенностью нечетких систем (по сравнению с другими классами интеллектуальных систем) является использование правил логического вывода, «заложенных» в них человеком. Данные правила относятся к простейшим продукционным правилам, используемых в экспертных системах (еще более продвинутый класс интеллектуальных систем) и имеют вид: ЕСЛИ (словесная запись условия), ТО (словесная запись действия).

Так нечеткие интеллектуальные системы можно использовать:

а) в объектах бытовой техники: стиральных машинах, микроволновых печах, холодильниках и т.д.

б) в промышленных и хозяйственных объектах: системах управления паровыми и водяными котлами, строительными кранами, устройствами транспортировки грузов и т.д.

в) в компьютерных играх для формирования интеллекта компьютера и др.

Нечеткие системы используются тогда, когда

а) неопределенность наших знаний о рассматриваемом объекте носит сравнительно простой (по аналогии с вероятностной неопределенностью – «хороший») и преимущественно количественный характер и может быть описана с помощью т.н. функции принадлежности (аналогов функции распределения в теории вероятности)

б) возможно применение для формирования управляющих воздействий (команд) математически строго определенных правил нечеткого вывода (аналогичными известным правилам логического вывода в булевой алгебре)

в) используется словесная или лингвистическая форма (достаточно простая) представления управляющих воздействий (команд) ограниченного потока слов и предложений словесного языка, типа ЕСЛИ (имя условия), ТО (имя действия).

Нечеткие системы предназначены для управления объектами в условиях особого вида неточности (не путать с неполнотой) наших знаний об объекте. Данную неточность иногда называют неточностью лингвистических знаний (или лингвистической неопределенностью). Лингвистическая неопределенность (неточность лингвистических знаний) складывается из

а) неточность отнесения измеренного значения количественной переменной объекта (скорость, путь, время пути) к одному из понятий (высокое, большой, малое), представляемых в виде слов (термов). Отметим, что данные слова (термы) называются лингвистическими переменными (ошибка фаззификации)

б) ошибка дефаззификации, появляющаяся вследствие неточности обратной процедуры перевода значения лингвистической переменной в числовое значение непрерывной количественной переменной;

в) неточность лингвистических процедур нечеткого вывода (логического вывода с помощью математического аппарата нечеткой логики), не позволяющих охватить все смысловое возможных формулировок на естественном языке управляющих воздействий (команд).

Рассмотрим в качестве объекта управления водяной котел (бойлер), предназначенный для нагрева воды с целью отопления помещений). Топливо (газ, мазут) поступает в камеру сгорания (печь), которая нагревает воду в котле. В качестве входной величины (управляющего воздействия) данного объекта выступает расход топлива x в камеру сгорания, в качестве выходной величины (управляемой переменной) выступает температура воды y [$^{\circ}C$] (рис. 1).

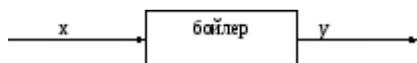


Рис.1.

При обычном подходе к описанию процесса нагрева воды в котле уравнений (линейных, нелинейных, дифференциальных), величины x и y принимают бесконечное множество значений из интервалов $x_{max} \geq x \geq x_{min}$

, $y_{max} \geq y \geq y_{min}$. Например, $10 \frac{кг}{сек} \geq x \geq 1 \frac{кг}{сек}$, $C \geq y \geq 10^{\circ}C$.

При описании процесса нагрева воды с помощью аппарата булевой алгебры, температура воды описывается логической переменной a , принимающей два значения, отображаемые кодами или словами: 0 (низкая температура воды) и 1 (высокая температура воды):

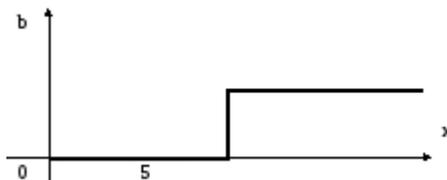
$$a = \begin{cases} 0, & \text{если } y < y_{ном} = 80^{\circ} \\ 1, & \text{если } y \geq y_{ном} = 80^{\circ} \end{cases} \quad (1)$$

Аналогично можно ввести логическую переменную b , описывающую расход топлива в камеру сгорания. Переменная b также принимает два значения 0 (низкий расход топлива) и 1 (высокий расход топлива).

$$b = \begin{cases} 0, & \text{если } x < x_{НОМ} = 5 \frac{\text{кг}}{\text{сек}} \\ 1, & \text{если } x \geq x_{НОМ} = 5 \frac{\text{кг}}{\text{сек}} \end{cases}$$

где $x_{НОМ}$ - номинальный (штатный) расход топлива.

На рис. 2. приведены графики, иллюстрирующий преобразование переменных x и y в логические переменные a и b .



б)

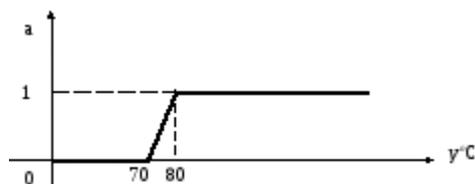
Рис.2.

При использовании аппарата алгебры – граница между множествами значений соответствующим различным (высокая и низкая температура, высокий и низкий расход топлива), является вполне четкой и определенной (выражения 1 и 2).

логики (четкой логики), переменных, смысловым понятиям

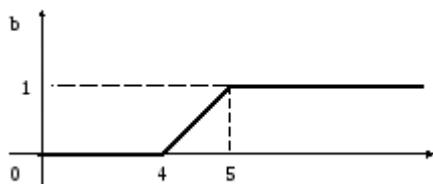
Однако в реальности в большинстве случаев четкую границу между данными понятиями провести трудно. Например, часть людей могут считать высокой температуру воды (в кранах, батареях) начиная со значения 70°C и выше, другая часть - 75°C и т.д. То же касается и расхода топлива в камере сгорания: высокий расход топлива различными операторами (работниками бойлера) может считаться начиная со значения 4кг/сек и выше, 4.5 кг/сек и выше, 5 кг/сек и выше.

В этом случае графики функций принадлежности числовых переменных x и y к одному из двух классов (значений логических переменных a и b), будут иметь следующий вид (рис. 3):



$$x \frac{\text{кг}}{\text{сек}}$$

а)



б)

Рис. 3.

Как видно в данном случае на графиках имеются т.н. зоны неопределенности: это интервалы $80^{\circ} \geq y \geq 70^{\circ}$ и $5 \geq x \geq 4$. Если переменные x и y находятся в данных интервалах, то они могут одновременно принадлежать как первому классу значений логической переменной ($a=0$, $b=0$), так и второму классу значений ($a=1$, $b=1$). Иными словами, в этом случае граница между множествами значений переменных x и y , соответствующим различным смысловым классам размывается и является нечеткой. Отметим, что подобная нечеткость при описании реальных объектов и систем возникает вследствие недостаточности располагаемых знаний (информации) о его свойствах.

Для описания подобных систем Л. Заде в 1965 г. Разработал теорию размытых (нечетких) множеств (теорию нечеткой логики), которая в настоящее время лежит в основе построения особого класса интеллектуальных систем, получивших название нечетких систем. Нечеткие системы реализуют т.н. нечеткие (лингвистические) алгоритмы управления реальными (физическими) объектами. Обобщенная структурная схема нечеткой системы представлена на рис. 4.



Рис. 4.

На рис. 4. x, y - непрерывные переменные представляющие собой управляющее воздействие объекта (расход топлива в камеру сгорания) и управляющую переменную (температура воды); a и b – нечеткие логические переменные, принимающие значения a =(низкая температура, высокая температура), b =(низкий расход топлива, высокий расход топлива); Φ – устройство преобразования переменной x (температура воды) в логическую переменную a , данная процедура называется фазификацией, $\Delta\Phi$ – устройство преобразования логической переменной b в непрерывную переменную y (расход топлива), данная процедура называется дефазификацией.

С целью формализации процедур логического вывода в нечетких системах (получения значений логических или точнее лингвистических искомым переменных, например, управляющих воздействий на объект, результата рассуждений о выборе наилучшего хода при игре в шахматы и т.п.), американским ученым Заде был разработан математический аппарат нечеткой логики.

2. Нечеткие множества и лингвистические переменные

Термин «нечеткое множество» был впервые введен американским ученым Л. Заде. Прежде чем дать строгое толкование этого понятия, обратимся к следующему примеру. Допустим, что объектом нашего исследования является множество «взрослых людей», к которому формально можно отнести всех людей, достигших совершеннолетия (18 лет). Если обозначить через переменную x - «возраст человека», а функцию $\mu(x)$ задать следующим образом

$$\mu(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \geq 18 \\ 0, & \text{если } x < 18 \end{cases}$$

то множество «взрослых людей» A может быть задано с помощью выражения

$$A = \{ x \mid \mu(x) = 1 \}, \quad x \in X$$

где X – множество всех возможных значений x . Другими словами, множество A образуют такие «объекты» (элементы), для которых указанная функция $\mu(x)$, называемая **функцией принадлежности**, принимает значение 1. Напротив, те значения $x \in X$, для которых $\mu(x) = 0$, не принадлежат множеству A (рис. 5)

Рис.5.

Очевидно, что двухзначная логика типа «да-нет», определяемая функцией принадлежности

$$\mu(x): X \rightarrow \{0;1\},$$

не учитывает возможного разброса мнений различных субъектов относительно границ исследуемого множества A (влияний чисто биологических факторов, национальных особенностей и др.). Поэтому, более естественным является задание функции принадлежности в виде некоторой непрерывной или гладкой (плавной) зависимости (кривая 2 на рис. 5), определяющая плавный переход из одного крайнего состояния в другое (т.е. от принадлежности элемента множеству A до принадлежности ему). В данном случае функция принадлежности $\mu(x)$ ставит в соответствие каждому элементу $x \in X$ число $\mu(x)$ из интервала $[0,1]$, описывающее степень принадлежности x множеству A . Заданное таким образом множество пар

$$A = \{ (x, \mu(x)) \mid x \in X \} \quad (1)$$

называется **нечетким** (или размытым) **множеством**.

Перечислим основные свойства нечетких множеств. Будем называть носителем А множество тех его элементов х, для которых $\mu(x)$ положительна:

$$\text{Носитель (A)} = \{x \in X \mid \mu(x) > 0\} \quad (2)$$

Точка перехода А – это элемент х множества А, для которого $\mu(x) = 0.5$.

α - срез нечеткого множества (A_α) - множество элементов х, для которых функция принадлежности $\mu(x)$ принимает значения не меньше заданного числа α ($0 < \alpha < 1$)

$$A_\alpha = \{x \in X \mid \mu(x) \geq \alpha\} \quad (3)$$

Высота нечеткого множества А находится как точная верхняя грань (максимум) его функции принадлежности:

$$\text{Высота (A)} = \sup_{x \in X} \mu(x) \quad (4)$$

Если высота нечеткого множества равна 1, то такое множество называется нормализованным. В том случае, когда высота нечеткого множества А меньше 1, такое множество называется субнормальным. От субнормального множества к нормализованному можно перейти путем деления его функции принадлежности $\mu(x)$ на высоту $\sup_{x \in X} \mu(x)$.

Если носитель нечеткого множества А состоит из единственной точки х (рис. 5., кривая 1), то такое множество называется одноточечным. Данное одноточечное множество обычно записывают в виде

$$A = \mu / x \text{ (деление!!!!)}$$

Где μ - степень принадлежности х множеству А. если носитель А состоит из конечного числа элементов, то для записи такого дискретного множества используется выражение

$$A = \mu_1 / x_1 + \mu_2 / x_2 + \dots + \mu_n / x_n \quad (6)$$

или

$$A = \sum_{i=1}^n \mu_i / x_i$$

где числа μ_i - степени принадлежности элементов x_i к множеству А.

Заметим, что знак «+» в (6) обозначает объединение (!) а не арифметическое суммирование. Обычное (четкое) дискретное множество при такой форме записи можно представить в виде

$$A = 1 / x_1 + 1 / x_2 + \dots + 1 / x_n \quad (7)$$

или

$$A = \sum_{i=1}^n 1 / x_i$$

Возможен и табличный способ задания нечеткого множества А. Например, таблица

x_i	14	16	18	20	22
-------	----	----	----	----	----

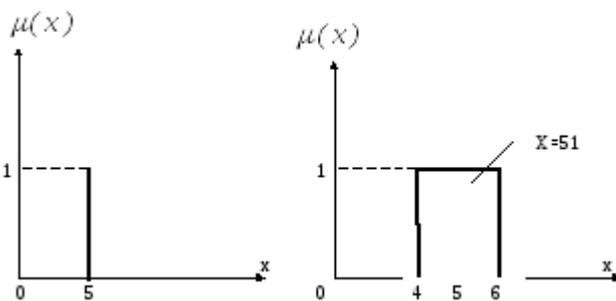
μ_i	0.1	0.3	0.5	0.8	1.0
---------	-----	-----	-----	-----	-----

обозначает, что носитель A состоит из 5 элементов $x_1=14, x_2=16, x_3=18, x_4=20, x_5=22$, степени принадлежности которых множеству A равны соответственно: 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0.

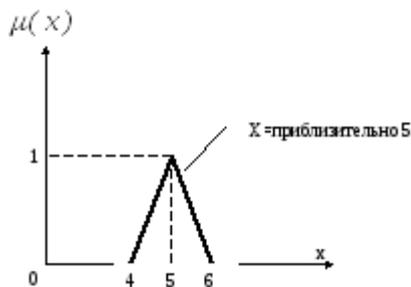
Если носитель нечеткого множества A состоит из бесконечного числа точек, например, представляет собой некоторый интервал (a, b) на числовой оси x, то функция принадлежности $\mu(x)$ обычно задается графически или в виде аналитической зависимости.

Пример.

Допустим, что для косвенного измерения скорости вращения вала нагруженного электропривода используется выходное напряжения генератора постоянного тока. Известно значение этого напряжения $x=5V$. Кроме того известно, что ошибка такого измерения составляет $\pm 1V$. Тогда переход от четкого значения $x=5$ к нечеткому множеству «x = приблизительно 5» осуществляется следующим образом (рис. 6).



а) б)



в)

Рис. 6.

Представленный на рис. 6. (а – в) процесс перехода от «четкого» (т.е. измеренного) значения $x=5$ к его «нечеткой» интерпретации $x=$ «приблизительно 5» называется фаззификацией.

Вопрос о том, как выбирается или задается в каждом конкретном случае функция принадлежности $\mu(x)$ и какой она имеет смысл, остается в

значительной мере спорным и мало изученным. Наиболее распространенным является мнение, что $\mu(x)$ может рассматриваться как коэффициент уверенности эксперта в том, что элемент x принадлежит множеству A.

Одним из ключевых понятий нечеткой логики является понятие лингвистической переменной. Суть данного понятия состоит в том что конкретные значения числовой переменной x обычно подвергающиеся субъективной оценке человеком, причем результат такой оценки выражается на естественном языке. Так, переменная «рост (высота) человека» может характеризоваться одним из следующих описаний: «маленький», «невысокий», «среднего роста», «высокий». Другая переменная «скорость движения автомобиля» может быть «малой», «средней», «большой» и т.д. Каждый из приведенных здесь термов может рассматриваться как символ некоторого нечеткого подмножества в составе полного множества значений x. Переменные, значениями которых являются термы (слова, фразы, предложения), выраженные на естественном языке называют лингвистическими переменными.

Задать нечеткое подмножество A_i , соответствующее определенному (i-тому) терму (значению) лингвистической переменной – это значит задать область определения числовой переменной x и функцию принадлежности элемента x подмножеству A_i .

Пример.

Рассмотрим лингвистическую переменную «яркость». Будем полагать, что различные значения физической переменной x (яркость, в кд/м²) могут быть охарактеризованы набором из 5 нечетких подмножеств (значений лингвистической переменной): «очень темно», «темно», «средне», «светло», «очень светло».

На рис. 7. показаны функции принадлежности для которого из этих подмножеств.

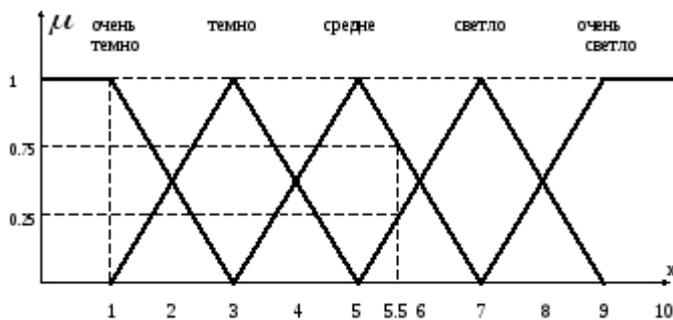


Рис. 7.

Допустим, что фактическое значение яркости равно $x=5.5$. тогда в соответствии с рис. 7., это значение относится одновременно к двум термам (подмножествам) – «средне» и «светло» со степенями принадлежности $\mu_{\text{средне}}(5.5) = 0.75$ и $\mu_{\text{светло}}(5.5) = 0.25$ соответственно. $\mu_{\text{средне}} > \mu_{\text{светло}} \Rightarrow$ «светло».

ЛЕКЦИЯ 3

Продукционная экспертная система

Продукционная система – это модель вычислений, обеспечивающая управление процессом решения задачи по образцу и состоит из набора *продукционных правил, рабочей памяти* и цикла управления «*распознавание-действие*».

1. *Набор продукционных правил.* Их часто просто называют *продукциями*. Продукция – это пара «*условие-действие*», «*ситуация-действие*», «*причина-следствие*», «*условие-заклучение*» и т.п., которая определяет одну порцию знаний, необходимых для решения задачи. Условная часть правила – это образец (шаблон), который определяет, когда это правило может быть применено для решения какого-либо этапа задачи. Часть действия определяет соответствующий шаг в решении задачи.

Обычно, правило-продукцию записывают в обобщенной форме:

$$Rnj : (Pr, Bc, A \Rightarrow B, Ac),$$

где Rnj - идентификатор j -продукции в n -наборе продукций; Pr - приоритет правила продукции; Bc - предусловие применимости ядра продукции, представляющее предикат, при выполнении которого активизируется ядро продукции; $A \Rightarrow B$ - ядро продукции; Ac - постусловия продукции, определяющие действия и процедуры, которые необходимо выполнить после выполнения ядра продукции.

Ядра продукций можно классифицировать по различным основаниям. Прежде всего все ядра делятся на два больших типа: детерминированные и недетерминированные. В детерминированных ядрах при актуализации ядра и при выполнении α правая часть ядра выполняется обязательно; в недетерминированных ядрах β может выполняться и не выполняться. Таким образом, секвенция \Rightarrow в детерминированных ядрах реализуется с необходимостью, а в недетерминированных – с возможностью. Интерпретация ядра в этом случае может, например, выглядеть так: ЕСЛИ А, ТО ВОЗМОЖНО В.

Возможность может определяться некоторыми *оценками реализации ядра*.

Например, если задана вероятность выполнения В при актуализации А, то продукция может быть такой: ЕСЛИ А, ТО С ВЕРОЯТНОСТЬЮ р РЕАЛИЗОВАТЬ В. Возможны иные способы задания оценки реализации ядра.

Детерминированные продукции могут быть *однозначными* и *альтернативными*. Во втором случае в правой части ядра указываются альтернативные возможности выбора, которые оцениваются специальными *весами* выбора. В качестве таких весов могут использоваться вероятностные оценки, лингвистические оценки, экспертные оценки и т.п. (например, ЕСЛИ А, ТО ЧАЩЕ ВСЕГО НАДО ДЕЛАТЬ В₁, РЕЖЕ В₂).

Особым типом являются *прогнозирующие продукции*, в которых описываются последствия, ожидаемые при актуализации А, например ЕСЛИ А, ТО С ВЕРОЯТНОСТЬЮ р МОЖНО ОЖИДАТЬ В.

В системе, базирующейся на правилах, количество продукционных правил определяет размер базы знаний. Некоторые наиболее сложные системы имеют базы знаний с более чем 5000 продукционных правил. Поэтому, при составлении правил, необходимо:

1. Использовать минимально достаточное множество условий при определении продукционного правила.
2. Избегать противоречащих продукционных правил.
3. Конструировать правила, опираясь на структуру присущую предметной области.

2. *Рабочая память* содержит описание *текущего состояния мира* в процессе рассуждений. Это описание является образцом, который сопоставляется с условной частью продукции с целью выбора соответствующих действий при решении задачи. Если условие некоторого правила соответствует содержимому рабочей памяти, то может выполняться действие, связанное с этим условием. Действия продукционных правил предназначены для изменения содержания рабочей памяти.

3. Цикл *«распознавание-действие»*(поиск по образцу). Текущее состояние моделируемой предметной области отражается в рабочей памяти в виде совокупности образов, каждый из которых представляется посредством фактов. Затем выбираются те правила, для которых образцы, представляемые предпосылками правил, сопоставимы с образами в рабочей памяти. Если таких правил больше одного, то они образуют *конфликтное множество*, а продукции, содержащиеся в *конфликтном множестве*, называются *допустимыми*. В соответствии с выбранным механизмом разрешения конфликта выбирается и активизируется одна из продукций конфликтного множества. Активация правила означает выполнение его *действия*. При этом изменяется содержание рабочей памяти. После того, как выбранное правило сработало, цикл управления повторяется для модифицированной рабочей памяти. Процесс заканчивается, если содержимое рабочей памяти не соответствует никаким условиям.

Таким образом, процесс вывода, основанный на поиске по образцу, состоит из четырех шагов:

- выбор образа;
- сопоставление образа с образцом и формирование конфликтного набора правил;
- разрешение конфликтов;
- выполнение правила.

Стратегии *разрешения конфликтов* могут быть достаточно простыми, например, выбор первого правила, условие которого соответствует состоянию мира.

В качестве пример создадим экспертную систему «Оценивание Ответов Студентов» - данная система может быть использована как наглядное пособие при оценивании ответов студентов. Прежде всего, мы определим возможные виды сущностей: ими будут следующие студенты: Отличник, Хорошист, Троечник, Двоечник, Отчисленец. Соответствие между студентами и их характеристиками можно представить в следующей таблице:

Студент	Характеристики
Отличник	Успеваемость: отлично Интересы: разнообразные Образ жизни: здоровый Спорт: занимается Личная жизнь : есть
Хорошист	Успеваемость: хорошо Интересы: разнообразные Образ жизни: здоровый Спорт: занимается Личная жизнь : есть
Троечник	Успеваемость: удовлетворительно Интересы: однообразные Образ жизни: не здоровый Спорт: занимается Личная жизнь : нет
Двоечник	Успеваемость: плохая Интересы: нет Образ жизни: сомнительный Спорт: нет Личная жизнь : нет
Отчисленец	Успеваемость: нет

	Интересы: нет Образ жизни: сомнительный Спорт: нет Личная жизнь : нет
--	--

Затем мы должны накопленные от экспертов знания представить в определенной форме, которую будет понимать машина вывода пролога: здесь перед нами две альтернативы:

Прежде всего, разработаем систему на продукционных правилах (под продукционным правилом понимают запись: "если X1, X2, .. Xn то Y"):

database характеристики

база_да (string)

база_нет (string)

domains

Студент, Характеристика = string

predicates

nondeterm правило (Студент) - (i) (o)

determ да (Характеристика) - (i)

determ нет (Характеристика) - (i)

determ спросить (Характеристика) - (i)

determ запомнить_ответ (Характеристика, char) - (i, i)

clauses

правило ("Отличник):-

да ("успеваемость отлично"),

да ("интересы разнообразные"),

да ("образ жизни здоровый"),

да ("спорт занимается"),

да ("личная жизнь есть").

правило ("Хорошист):-

да ("успеваемость хорошо"),

да ("интересы разнообразные"),

да ("образ жизни здоровый"),

да ("спорт занимается"),

да ("личная жизнь есть").

правило ("Троечник):-

да ("успеваемость удовлетворительно"),

да ("интересы однообразные"),

да ("образ жизни нездоровый"),

да ("спорт нет"),

да ("личная жизнь нет").

правило ("Двоечник):-

да ("успеваемость плохая"),

нет ("интересы разнообразные"),

нет ("образ жизни здоровый"),

нет ("спорт занимается"),

нет ("личная жизнь есть").

правило ("Отчисленец):-

да ("успеваемость нет"),

нет ("интересы разнообразные"),

нет ("образ жизни здоровый"),

нет ("спорт занимается"),

нет ("личная жизнь есть").

да (Вопрос) :-

база_да (Вопрос),!.

да (Вопрос) :-

база_нет (Вопрос),!, fail.

да (Вопрос):-

спросить (Вопрос),!, да (Вопрос).

нет (Вопрос) :-

база_нет (Вопрос),!.

нет (Вопрос) :-

база_да (Вопрос),!, fail.

нет (Вопрос):-

спросить (Вопрос),!, нет (Вопрос).

спросить (Вопрос):-

write ("Скажите: ", Вопрос, " это правда или нет (y/n)"), nl,

readchar (Answer),

запомнить_ответ (Вопрос, Answer).

запомнить_ответ (Вопрос, Ответ) :-

Ответ = 'y',

asserta (база_да(Вопрос)),!.

запомнить_ответ (Вопрос, Ответ) :-

asserta (база_нет(Вопрос)),!.

goal

правило (КтоЭтоТакой).

А вот пример диалога с пользователем:

Скажите: успеваемость отлично это правда или нет (y/n)

Скажите: характер вредный это правда или нет (y/n)

Скажите: образ жизни здоровый это правда или нет (y/n)

Скажите: спорт занимается это правда или нет (y/n)

Скажите: личная жизнь есть это правда или нет (y/n)

КтоЭтоТакой=Отличник

Скажите: успеваемость хорошо это правда или нет (y/n)

Скажите: характер вредный это правда или нет (y/n)

Скажите: образ жизни здоровый это правда или нет (y/n)

Скажите: спорт занимается это правда или нет (y/n)

Скажите: личная жизнь есть это правда или нет (y/n)

1 Solution

Семантические модели.

В основе этих моделей лежит понятие сети, образованной помеченными вершинами и дугами. Вершины сети представляют некоторые сущности (объекты, события, процессы, явления), а дуги – отношения между сущностями, которые они связывают.

Объекты предметной области, отображаемые в семантической сети, можно условно разделить на три группы: обобщенные, индивидуальные (конкретные) и агрегатные объекты.

Обобщенный объект соответствует некоторой собирательной абстракции реально существующего объекта, процесса или явления предметной области. Например, «изделие», «предприятие», «сотрудник» и т.д. Обобщенные объекты фактически представляют определенные классы предметной области.

Индивидуальный объект – это каким-то образом выделенный единичный представитель (экземпляр) класса. Например, «сотрудник Петров И. Н.»

Агрегатным называется составной объект, образованный из других объектов, которые рассматриваются как его составные части. Например, изделие состоит из совокупности деталей, предприятие состоит из совокупности отделов, служб, цехов.

В качестве примера создадим семантическую экспертную систему «Оценивание Ответов Студентов» - данная система может быть использована как наглядное пособие при оценивании ответов студентов. Прежде всего, мы определим возможные виды сущностей: ими будут следующие студенты: Отличник, Хорошист, Троечник, Двоечник, Отчисленец

Семантическая сеть «Оценивание Ответов Студентов»



Изоморфное вложение подграфа запроса в семантическую сеть, изображенную на рисунке, позволяет дать ответ X= «Отличник».



Фреймовые экспертные системы

Фреймы впервые были предложены для представления знаний в 1975 г. По определению фреймы – это структуры данных, предназначенные для представления стереотипных ситуаций. Когда человек оказывается в новой ситуации, он извлекает из памяти ранее накопленные блоки знаний, имеющие отношение к текущей ситуации, и пытается применить их. Эти блоки знаний и представляют собой фреймы. Вероятно, знания человека организованы в виде сети фреймов, отражающих его прошлый опыт. Например, легко можно представить типовой номер в гостинице. Обычно он имеет кровать, ванную комнату, шкаф для одежды, телефон и т.д. Детали каждого конкретного номера могут отличаться от приведенного описания. Но они легко уточняются, когда человек оказывается в конкретном номере: цвет обоев, положение выключателей.



Фреймы «Оценивание Ответов Студентов»

Лекции

Особенности аппаратной части интеллектуальных датчиков

5.1. Интеллектуальные датчики

Интеллектуальный датчик - первичный преобразователь, выполняющий одну или несколько функций: линеаризацию, мас-штабирование, калибровку, нормализацию, фильтрацию, сжатие, устранение ошибок, статическую обработку, корректировку нулевого уровня, самодиагностику, обработку результатов измерений.

Структура интеллектуальных датчиков. Структурно рассматриваемые датчики состоят из двух взаимосвязанных блоков

(рис. 5.1): чувствительного элемента (сенсора) и преобразователя.

Последний комплектуется из программируемого микропроцессора с оперативным и постоянным модулями памяти, АЦП, сетевого контроллера связи с типовыми полевыми сетями.

Как сенсор, так и преобразователь датчика обычно имеют ряд вариантов исполнения, рассчитанных на различные свойства измеряемой и окружающей сред.

Варианты исполнения сенсора: различные методы восприятия измеряемых величин, в том числе разное соединение сенсора с конструкцией объекта измерения (фланцевое, вафельное, резьбовое); разный тип корпуса сенсора, определяемый давлением, температурой, помехами в месте измерения; разный материал корпуса сенсора (под обычную, химически агрессивную, абразивную, взрывоопасную, гигиеническую среды).

Варианты исполнения преобразователя: питание от внутреннего или внешнего источника, в том числе разные виды выходных сигналов и коммуникационных связей с полевыми сетями, разное

защитное исполнение от возможных помех и свойств окружающей среды.

Большинство производителей комплектуют датчики из сочетания разных вариантов сенсоров с разными вариантами преобразователей, рассчитанных на работу с данной серией сенсоров.

Благодаря этому удается наиболее точно и полно удовлетворить отдельным конкретным требованиям к прибору. Следует иметь в виду, что подобная, весьма технически рациональная гибкость построения датчиков обычно не позволяет дать оценку стоимости прибора без детального анализа выбранных вариантов составляющих его блоков.

В последнее время получают распространение **мультисенсорные датчики**, когда к одному преобразователю подключается ряд сенсоров, воспринимающих различные или однотипные величины. Так, *датчик расхода газа состоит из трех сенсоров: перепада давления на сужении, абсолютного давления и температуры в месте сужения. По всем ним преобразователь вычисляет значение расхода газа: многозонные (многоточечные) датчики температуры имеют в своем составе от нескольких до более десятка температурных чувствительных элементов и преобразователь по их значениям вычисляет профиль температуры в объекте или определенную функцию от ряда температурных сенсоров (например, среднюю температуру объекта).*

Функции, реализуемые в интеллектуальных датчиках.

Кроме обычных функций восприятия искомой величины и преобразования сигнала современные интеллектуальные датчики выполняют ряд других функций, существенно расширяющих их

возможности и улучшающих их технические характеристики.

Далее рассмотрены эти функции, которые в той или иной степени полноты свойственны современным интеллектуальным датчикам.

Функции преобразования. Датчик преобразует электрическую величину на выходе сенсора (обычно представленную в виде низковольтного аналогового, частотного или импульсного сигнала) и производит ее измерение. *При этом он выполняет коррекцию выходного значения по сопутствующим текущим показателям состояния измеряемой среды (например, по ее температуре и(или) давлению) в случае, если показания датчика зависят и от них.*

В приборе проводятся необходимые преобразования измерительной информации: усиление сигналов сенсора, стандартизация диапазонов выходных аналоговых сигналов, линеаризация и

фильтрация, расчет выходных значений по заданным алгоритмам, аналого-цифровое преобразование значений измеряемой величины.

Функции самодиагностики. В процессе работы датчики выполняют анализ своей работы: при возникновении различных сбоев, нарушений и неисправностей фиксируют их место возникновения и причину, определяют выход погрешности прибора за установленное значение, анализируют работу базы данных датчика, рассматривают правильность учета факторов, которые

корректируют выходные показания датчика. Датчик может выдавать оператору до 30 различных сообщений, конкретизирующих текущие особенности его работы и резко облегчающих и ускоряющих его обслуживание (при необходимости вмешательства сотрудников цеха контрольно-измерительных приборов в его работу). Обычно информация, выдаваемая датчиком об отдельных его неисправностях, подразделяется на два типа:

1) не критическая информация, когда датчик требует определенного обслуживания, но измеряемые им значения могут использоваться для управления;

2) критическая информация, когда выходные данные датчика неверны и либо требуется немедленное вмешательство оператора по приостановке использования его показаний, либо сам датчик переводит свой выход в постоянное безопасное для управления процессом значение и сообщает о необходимости срочного обслуживания прибора.

Информационные функции. Датчики хранят в своей памяти и по дистанционному запросу пользователя выдают все *данные, определяющие свойства, характеристики, параметры данного конкретного прибора*: его тип, заводской номер, технические показатели, возможные диапазоны измерения, установленную шкалу, заданные параметры настройки сенсора, работающую версию программного обеспечения, архив проведенных метрологических проверок, срок проведения следующей проверки датчика и т. д. Кроме того, датчики могут иметь архив текущих измеряемых и вычисляемых ими значений величин за заданный интервал времени.

Функции конфигурирования. В них входит дистанционное формирование или модификация пользователем основных *настроечных параметров датчика: установка нуля прибора, выбор*

заданного диапазона измерения, фильтрация текущих значений, выбор наименования единиц измерения, в которых датчик должен выдавать информацию, и т. п.

Функции форматирования. К ним относят автоматический анализ изменений измеряемой величины и текущего состояния среды измерения: определение выходов значений измеряемой

величины за заданные нормы, выдачу различных сообщений об изменениях значений измеряемой величины, проверку нахождения в допустимых диапазонах параметров измеряемой среды. Все эти функции дистанционно настраиваются пользователем.

Управляющие функции. В последнее время все большее число добавочных функций, непосредственно связанных с управлением технологическим процессом, стали возлагать на интеллектуальные датчики (особенно при их использовании с полевой сетью Foundation Fieldbus). Для реализации этих функций в память микропроцессора датчика прошивается соответствующий набор типовых программных модулей, а их инициация и параметризация проводятся дистанционно оператором с помощью простейшего графического конфигуратора. В качестве типовых программных модулей используются простейшие арифметические и логические операции, таймер, элемент чистого запаздывания, интегратор, варианты регуляторов: P , I , PI , PD , PID и другие функции, из которых легко набираются конкретные алгоритмы регулирования разных видов, блокировочные зависимости, алгоритмы смешивания и другие алгоритмы управления технологическими процессами.

Технические особенности использования интеллектуальных датчиков. Приведем краткое техническое сопоставление современных интеллектуальных датчиков с обычными, традиционными датчиками. Современные интеллектуальные датчики обеспечивают:

- *резкое уменьшение искажений измерительной информации на пути от датчика к контроллеру*, так как вместо низковольтного аналогового сигнала по кабелю, соединяющему датчики с контроллером, идут *цифровые сигналы*, на которые электрические и магнитные промышленные помехи оказывают несравнимо меньшее влияние;

- *увеличение надежности измерения благодаря самодиагностике датчиков*, так как каждый датчик сам оперативно сообщает оператору факт и тип возникающего нарушения, тем самым исключая использование для управления некачественных и(или) недостоверных измерений;

- возможность использования принципов измерения, требующих достаточно сложной вычислительной обработки выходных сигналов сенсора, но имеющих ряд преимуществ перед традиционно используемыми принципами измерения по точности, стабильности показаний, простоте установки и обслуживания датчика в процессе его эксплуатации;

- *возможность построения мультисенсорных датчиков*, в которых преобразователь получает и перерабатывает сигналы ряда однотипных или разнотипных чувствительных элементов;

о возможность проведения всей необходимой *первичной переработки измерительной информации* в датчике и выдачи им искомого текущего значения измеряемой величины в заданных единицах измерения;

- возможность передачи в систему автоматизации *не только текущего значения* измеряемой величины, но и *добавочных сигналов о выходе его за пределы заданных норм*, а также возможность передачи по сети не каждого текущего измеряемого значения, а только изменившегося по сравнению с предыдущим значения, или вышедшего за пределы заданных норм значения, или

значения, требующего управляющего воздействия;

- *наличие в датчике базы данных* для хранения значений измеряемой величины за заданный длительный интервал времени;

- возможность *дистанционно с пульта оператора* в оперативном режиме выбирать диапазон измерения датчика, *устанавливать ноль прибора*;

- возможность путем программирования работы датчика на достаточно простом технологическом языке *реализовывать в нем простые алгоритмы регулирования*, программного управления, блокировок механизмов;

- возможность строить достаточно простые цепи регулирования, программного управления, блокировок на *самом нижнем уровне управления из трех компонентов: интеллектуальных датчиков, полевой сети и интеллектуальных исполнительных механизмов*, не загружая этими вычислительными операциями контроллеры, что позволяет использовать мощность контроллеров для реализации в них достаточно сложных и совершенных алгоритмов управления.

Экономические аспекты использования интеллектуальных датчиков. Следует вначале специально отметить, что *стоимость современных интеллектуальных датчиков превышает стоимость обычных датчиков*, поэтому первоначальные затраты заказчиков на них возрастают. Однако общие затраты на систему автоматизации за все этапы ее жизненного цикла могут быть уменьшены по следующим обстоятельствам:

а) *уменьшается стоимость установки и обслуживания интеллектуальных датчиков за время эксплуатации;*

б) *увеличивается стабильность их работы, что приводит к экономии за счет более редких поверочных испытаний;*

в) *возникает экономия в стоимости кабельных линий, соединяющих измерительные средства с контроллерами, так как к одной шине можно подсоединить от восьми до порядка 100 датчиков, а также в стоимости контроллеров, потому что не требуется включать в них блоки ввода;*

г) *при применении на взрывоопасных производствах полевых сетей Profibus PA или Foundation Fieldbus H1 возникает экономия из-за уменьшения (или исключения) барьеров искробезопасности.* Кроме того, при применении интеллектуальных датчиков снижаются потери на производстве, вызванные использованием для управления неточных и неверных показаний датчиков.

Тенденции развития интеллектуальных датчиков. Тенденции развития рассматриваемого класса датчиков можно проследить по направлениям разработок ведущих приборостроительных фирм, а также по новым типам приборов, внедрение которых начинается на предприятиях.

Развитие многофункциональных свойств датчика. Перспективные разработки ведутся по реализации в датчике функции прогнозирования значения измеряемой величины, углублению

текущей самодиагностики датчика и на ее базе по прогнозированию в самом датчике возможной некорректной его работы и составлению рекомендаций по его обслуживанию, а также по адаптации шкалы датчика к диапазону изменения измеряемой величины. Кроме того, все больший объем задач по расчету показателей, обнаружению заданных событий, реализации задач управления перекладывается с контроллера на датчик. Ввиду этого сам термин «датчик» становится все более неполным и условным.

Миниатюризация датчика. Создание миниатюрных датчиков на базе ряда известных и частично новых методов измерения с использованием миниатюрных по размерам микропроцессоров позволяет выпускать промышленное оборудование с встроенными в него датчиками и создавать системы автоматического мониторинга работы машин и механизмов, которые определяют текущий износ отдельных узлов оборудования и, следовательно, повышают надежность его работы и совершенствуют имеющуюся на предприятиях систему обслуживания и ремонта оборудования.

Расширение видов связи датчика с контроллером. В настоящее время датчик связывается с контроллером либо через самостоятельный проводной канал аналоговых сигналов, либо через

общую для ряда датчиков цифровую проводную сеть. В случае значительного удаления датчиков от основных средств системы автоматизации датчик с помощью отдельных специальных средств

телемеханики может общаться с контроллером по радиоканалу. В ряде фирм *сейчас ведутся работы по созданию беспроводных датчиков, в которые встраиваются блоки коротковолновой радиосвязи (аналогичными блоками оснащаются и контроллеры).*

Предпосылками развития указанных типов датчиков служат, с одной стороны, наблюдающееся снижение стоимости средств коротковолновой радиосвязи и повышение надежности работы этих средств, а с другой - возникающая экономия затрат на проводную связь, упрощение монтажа системы и расширение возможных мест установки датчиков.

Приведем несколько примеров практического использования интеллектуальных датчиков.

1. Искусственный нос. Принцип действия искусственного носа показан на рис. 5.2. Среди пяти чувств чувство запаха наиболее загадочное.

Человеческий нос стал объектом исследования ученых и инженеров, специализирующихся в области высоких технологий и пытающихся понять, как нос функционирует. Такой повышенный

интерес к обонятельной системе человека возник в связи с последними достижениями в области проектирования электронного (искусственного) носа.

В классическом понимании электронный нос представляет собой мультисенсорное цифровое устройство, предназначенное для анализа содержимого воздушной среды путем классификации

запахов. Несмотря на то, что электронный нос сегодня не способен заменить человеческую обонятельную систему, сфера применения данной технологии достаточно широка.

В производственных целях возможности обонятельной системы человека широко используются во многих странах, например, для проверки различных продовольственных продуктов. Тренированный человеческий нос, детально изучив запахи продовольственных продуктов, таких, например, как зерно, соль, вино, водка, рыба, способен впоследствии определять их качество и свежесть. Аналогичным образом «нюхачи» оценивают перспективность того или иного парфюмерного запаха, обнаруживают фальсифицированные духи и дезодоранты.

Запахи учитываются также и врачами при выявлении общих заболеваний: такие болезни, как пневмония или диабет, вызывающие специфическое дыхание, или жидкие выделения с характерными запахами, могут быть замечены квалифицированными врачами.

Если искусственный интеллект электронного носа окажется способен классифицировать запахи подобным образом, то тогда электронный нос смог бы справиться с той же работой, причем гораздо лучшим образом.

Проблема состоит в том, что человеческая обонятельная система чрезвычайно субъективна: зачастую разные люди по-разному реагируют на одни и те же запахи. Электронный нос решает эту проблему, наверняка устанавливая «стандарт» для каждого требуемого запаха, например, строго определяя запах испорченного зерна.

В настоящее время различные прототипы электронного носа уже широко используются в промышленности. В частности, в агрокомплексе Швеции электронный нос применяется для независимого контроля качества зерна путем автоматической классификации проб зерна на кондиционное и испорченное (достоверность 90 %).

Внешний вид прототипа искусственного носа представлен на рис. 5.3.

2. Искусственное зрение. Принципы трехмерного зрения. До недавнего времени большинству столь необходимых в производстве систем трехмерного перемещения материалов были свойственны такие существенные недостатки, как высокая стоимость, трудность процесса установки, неспособность взаимодействовать с робототехническими комплексами и технологическое несоответствие неблагоприятным производственным условиям.

Недавно специалистами компании Brainintech была успешно завершена разработка роботизированной линии транспортирования деталей с управлением от системы трехмерного зрения. В основу системной архитектуры, использующей единственную обычную ПЗС-камеру, легли новые принципы определения положения и ориентации детали в трех измерениях (рис. 5.4).

Основное достоинство однокамерной системы компании Brainintech заключается в меньшей стоимости используемых компонентов и меньших затратах на установку и обслуживание по сравнению с традиционными стереоскопическими или лазерными триангуляционными системами. Кроме того, метод

компания Brainгесп отличается быстродействием и высочайшей надежностью, обеспечивая высокую точность при очень несложной процедуре калибровки. Компания Brainlec11, таким образом, стала способной поставлять весьма конкурентоспособную по цене и надежности продукцию на быстрорастущий рынок интегрированных производственных роботов, снабженных системами машинного зрения.

В настоящее время системы трехмерного зрения используются в основном в таких приложениях, как измерение истинной копланарности компонентов интегральных схем (полупроводниковая промышленность), волюметрический анализ паяльного состава (электронная промышленность), измерение зазоров, управление действиями сварочных, сборочных и герметизирующих роботов (автомобильная промышленность), а также контроль формы и сортировка (пищевая промышленность).

3. Микросенсорные кластеры. Кластер - это сложный программно-аппаратный комплекс, и задача построения кластера не ограничивается объединением большого количества процессоров в один сегмент.

Для того чтобы кластер быстро и правильно считал задачу, все комплектующие должны быть тщательно подобраны друг к другу с учетом требований программного обеспечения, так как производительность кластерного программного обеспечения сильно зависит от архитектуры кластера, характеристик процессоров, системной шины, памяти и интерконнекта. Использование тех или иных компонентов обусловлено задачей, для которой строится кластер. Для некоторых хорошо распараллеливаемых задач (таких, как рендеринг независимых сюжетов в видеофрагменте) основной фактор быстродействия -- мощный процессор, и производительность интерконнекта не играет основной роли. В то же время для задач гидро- и аэродинамики, расчета крэш-тестов важна производительность системной сети, иначе увеличение числа узлов в кластере будет мало влиять на скорость решения задачи.

Основными типами готовых решений в мировой практике являются: ¹

- промышленные кластеры для инженерных задач;
- кластеры для нефте- и газодобывающей промышленности;
- кластеры для исследований в области «наук о жизни», или life sciences (поиск новых лекарств, генетика, молекулярное моделирование, биоинформатика);
- кластеры для стратегических исследований (исследования погоды и климата, ядерная физика и физика частиц, космические исследования, оборонные программы);
- кластеры для индустрии развлечений (компьютерная графика и спецэффекты, компьютерные онлайн-игры);
- грид-решения;
- кластеры для высокопроизводительных вычислений в различных областях науки и образования.

Одиночные интеллектуальные датчики весьма полезны во многих ситуациях. Однако очень часто для реализации некоторых функций, таких, например, как предсказание погоды, требуется множество датчиков. В этих случаях необходима интеграция группы датчиков с несколькими вспомогательными компонентами. В результате появляется микросенсорный кластер. Компоненты микросенсорного кластера изображены на рис. 5.5.

Необходимы семь составляющих: несколько сенсоров, интерфейсная электроника, микроконтроллер или другие средства вычисления (с ассоциированной памятью), средства передачи информации и, возможно, получения команд или новых программ, источник питания, печатная плата и корпус. Физические, химические и другие величины из-за внешней среды (слева) превращаются в информацию, которая может передаваться человеку или системе (справа).

Наряду с концепцией микросенсорного кластера имеет место и другой распространенный подход к многосенсорным системам.

Многие серийные системы имеют узлы, выполняющие большинство означенных функций, но сенсоры связаны между собой, а не интегрированы. В подобных случаях протоколы, такие, как IEEE 1451.2, идентифицируют. Электронные таблицы преобразователя (Тгапзсіисег Е1есггопіс Вага S1теel\$ - ТЕІӘS) позволяют подключать различные датчики к одному и тому же узлу. В отличие от таких систем можно создавать компактные недорогие интегрированные системы датчиков на основе микропроцессорных кластеров, изготовленных с помощью имеющейся производственной технологии. Меньшая гибкость в замене сенсоров компенсируется меньшими размерами и более низкой стоимостью сенсорных кластеров.

5.2. Интеллектуальные аналого-цифровые преобразователи

Классификация аналого-цифровых преобразователей. Отличительной особенностью ИнСИ является способность *определять и использовать наилучший из числа возможных алгоритмов измерения, способность трансформации алгоритма измерений в процессе его выполнения.* Важным элементом таких ИнСИ является АЦП, к которому предъявляются высокие требования по *точности и надежности.* В связи с этим для работы в ИнСИ АЦП должны обладать в том числе и *надлежащим запасом отказоустойчивости, т.е. способностью продолжать функционирование при наличии отказавших компонентов.*

Широкое распространение находят АЦП на основе *активной отказоустойчивости,* когда при помощи средств самоконтроля (ССК) осуществляется *автоматическое обнаружение неисправностей, происходящих в АЦП, с последующим их устранением за счет реконфигурации устройства или замены отказавших АЦП на резервные.* С одной стороны, ССК позволяют сократить период скрытого отказа, уменьшают количество таких отказов и повышают *эффективность структурного резервирования.* С другой стороны, реализация функций самоконтроля и самодиагностики требует определенных затрат ресурсов, что приводит к росту суммарной интенсивности отказов и времени выполнения измерений, т. е. к снижению безотказности.

В связи с этим весьма актуальной является разработка функциональных схем высокоточных, отказоустойчивых АЦП, имеющих высокие значения достоверности самоконтроля, самодиагностики, обладающих способностью производить автокоррекцию погрешностей измерения и имеющих встроенные средства самокалибровки.

Обычно интеллектуальный датчик имеет АЦП и ЦАП в составе кремниевых чипов. Однако в реальности существуют серьезные технологические трудности, при которых необходимо *разъединение сенсора (датчика) от интеллектуальной части.* Тогда возникает *необходимость приборных интеллектуальных АЦП.*

Обычно принято классифицировать АЦП на последовательные, параллельно-последовательные и параллельные, в том числе:

. «умные» (AIS1\1);

- отказоустойчивые последовательные;

- резервируемые с реконфигурацией;
- с автоматической коррекцией динамических погрешностей и самоконтролем;
- повышенной точности и достоверности самоконтроля;
- со встроенным тестовым самоконтролем;
- с функциональным контролем;
- самоконтролирующие с замещением и др.

Двухканальный отказоустойчивый последовательный АЦП.

Рассмотрим функциональную схему двухканального отказоустойчивого последовательного АЦП (ДО АЦП) (рис. 5.6), построенного на основе замещения одного неисправного АЦП на работоспособный по результатам самоконтроля с последующим использованием принципа последовательного опроса датчика неисправного канала. Устройство содержит основные узлы: два АЦП, первые входы которых подсоединены к выходам соответствующих датчиков.

На рис. 5.6 приведена функциональная схема последовательного АЦП, работающего следующим образом.

Цикл преобразования происходит за $(p + 1)$ тактов, где p - число рабочих тактов, а $(p + 1)$ - контрольный такт. При включении электропитания формируется сигнал «сброс», который устанавливает триггеры Т1 и Т2 в состояние 0. Работа АЦП без самоконтроля за p тактов производится от регистра последова-

Пвх2

Ии ву

вх1 АЦП] ЦК1 1

1

нд- -I I

Ё I ПВХ2

ПВх1 АЦП2 ЦК2 Вуї

-Ы '

ШII

Посл. 1 Посл. 2

УУ Отказ

Рис. 5.6. Блок-схема ДО АЦП

тельных приближений (РПП), который преобразует последовательный код, поступающий на триод В РПП, в параллельный код.

Регистр последовательных приближений содержит вход С для тактовых импульсов, входы разрешения преобразования $E1\bar{E}_1$ и сброса S При статических уровнях 0 на входах $E121$) и S по спаду отрицательного тактового импульса триггеры РПП устанавливаются в начальное состояние: на выходе 1 - уровень «0», на

выходах со второго по +1 -- уровень «I». Компаратор КН, производит сравнение измеряемого и компенсирующего напряжений.

Если $I_{3M} > (I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12})$, входы присоединяются к выходам противоположных датчиков устройством управления УУ и двумя одинаковыми цифровыми коммутаторами (ЦК, и ЦК).

Устройство работает следующим образом. По сигналу «сброс», формируемому при включении электропитания устройства, производится установка в 0 триггеров АЦП и УУ. Сигнал «начало преобразования» (НП), поступающий на входы двух АЦП и УУ, устанавливает в последнем параллельный режим опроса датчиков, и в АЦП начинается процесс преобразования измеряемого сигнала в двоичный код с сокращенным циклом кодирования и самоконтролем в процессе его функционирования. По окончании преобразования коды от АЦП через соответствующие коммутаторы ЦК, и ЦК, поступают в буферные регистры двух внешних устройств (ВУ, и ВУ). В случае если в процессе преобразования, например в АЦП, сформируется сигнал «не годен» (НГ), то по этому сигналу при помощи УУ АЦП, перейдет в режим последовательного опроса датчика Д. Так как сигнал НГ, в АЦП, блокирует сигнал НП, то сигнал от датчика Д, поступит на второй вход АЦП. После преобразования этого сигнала в код он записывается при помощи ЦК, в буферный регистр ВУ. Аналогично работает в режиме последовательного опроса датчика Д, первый преобразователь АЦП, в случае формирования в АЦП, сигнала «не годен» (НГ).

Предложенную функциональную схему ДО АЦП можно применять при компоновке различных п-канальных отказоустойчивых АЦП. При этом выход из строя одного любого АЦП в каждом входящем в состав устройства ДО АЦП не нарушает работоспособность и самоконтроль всего устройства. Применение предложенного ДО АЦП по сравнению с использованием двух самоконтролирующихся резервированных АЦП с замещением (четыре АЦП с двумя цифровыми контроллерами ЦК, ЦК) при параллельном опросе датчиков позволяет получить выигрыш в оборудовании в 1,6 - 1,8 раза (с учетом усложнения АЦП и введения УУ).

Весьма оперативно ДО АЦП производит реконфигурацию устройства при отказах по результатам самоконтроля каждого АЦП, что существенно увеличивает среднее время наработки на отказ и снижает затраты на техническое обслуживание.

Аналого-цифровой преобразователь со встроенным тестовым самоконтролем приведен на рис. 5.7. Компаратор КН, через элемент И, устанавливает старший разряд триггера в состояние 1 и в то же время подготавливает следующий разряд к следующему приближению, сбрасывая его в состояние 0. В результате за p тактов производится определение всех разрядов АЦП, при этом $(t+1)$ -й резистор 212 резистивной матрицы 12-212 РМ подключен через ключ $K_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, к корпусной шине.

При самоконтроле на $(p + 1)$ -м такте $(t + 1)$ -й резистор 212 резистивной матрицы 12-212 через ключ $K_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, подключается к источнику эталонного напряжения положительной полярности $P_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$.

При этом на выходе резистивной матрицы 12-212 РМ, формируется компенсирующее напряжение $I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} / K_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, где $I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$ - напряжение младшего разряда, а на выходе резистивной матрицы 12-212 РМ, устанавливается компенсирующее напряжение $P_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} - I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} / K_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, за счет подключения $(t + 1)$ -го резистора 212 резистивной матрицы 12-212 РМ, к источнику эталонного напряжения отрицательной полярности $-P_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$. Таким образом, за счет использования $(t + 1)$ -х резисторов 212 резистивных матриц 12-212 РМ, и РМ, и дополнительного компаратора КН, самоконтроль АЦП производится за один контрольный такт. При этом при формировании сигнала «АЦП не годен» дальнейшая работа неисправного АЦП запрещается за счет сигнала запрета на входе элемента И.

Наличие динамических погрешностей, возникающих при аналого-цифровом преобразовании, обусловленных инерционностью элементов АЦП и изменением измеряемого сигнала за время его

измерения, является основным недостатком АЦП. Вследствие этого естественно стремление к уменьшению динамической погрешности за счет своевременной коррекции.

На рис. 5.8 приведена функциональная схема АЦП, где регистр выполняет также и функцию двоичного реверсивного счетчика.

Работа АЦП в режиме коррекции динамических погрешностей аналогична его работе в режиме самоконтроля. При помощи компараторов КН, и КН, производится проверка соотношений между измеряемым $E/\text{Ш}$ и компенсирующими напряжениями $I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} \pm I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$. Если $I/I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} > I/\text{Комп} + I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, то сигнал с выхода компаратора КН, через элементы НЕ, И,, опрашиваемые элементом задержки ЭЗ,, увеличивает код в регистре - реверсивном счетчике на единицу в младшем разряде. Если же $I/3M < I/\text{Комп} - I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, то сигнал с выхода компаратора КН, через элемент И,, запрашиваемый элементом задержки ЭЗ,, уменьшает код в регистре - реверсивном счетчике на единицу в младшем разряде.

Работа АЦП без самоконтроля производится следующим образом. При логическом уровне 0 на выходах E121) и S по спаду отрицательно тактового импульса на выходах с 1 по п триггеров РПП установится код 01111, а на выходах с 1 по п - код 111 1.

На выходе ЦАП, сформируется напряжение $0,51/I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, а на выходе ЦАП, - $0,5 (D, - I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12})$. Если $I/I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} < 0,5C_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, то сигнал с выхода компаратора КН, через элемент И, установит триггер старшего разряда в состояние 0 (так как $\text{Щ}, - I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}, S 0,5 \text{ Шт}$) и на выходах триггеров с 1 по п РПП сформируется код 0111 1, а следующий тактовый импульс установит код 100111 1. Дальнейшее управление РПП будет осуществляться компаратором КН, (при $I/I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} < 0,5C_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, - состояние 1, при ПШ 2 $0,5C_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, - состояние 0). Если $I/I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} < 0,5\text{Щ}_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, то сигнал с выхода компаратора КН, через элемент И, сохранит

триггер старшего разряда в состоянии 0 (так как поступает сигнал запрета на выдачу кода из реестра во внешнее устройство). Если после проведения коррекции $I/\{M, + I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} > I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} > P_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} - I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, то триггер Тостанется в состоянии 0 и (п + 2) - тактовый импульс через элемент И, сформирует сигнал на считывание кода из регистра во внешнее устройство.

Таким образом, в рассмотренном АЦП динамическая погрешность уменьшается на величину младшего разряда на такте коррекции, после которого осуществляется самоконтроль устройства, что существенно повышает достоверность информации, выдаваемой из АЦП во внешнее устройство. Технические реализации различных схем коррекции выходного кода в конце цикла преобразования при величине динамической погрешности, превышающей величину младшего разряда АЦП, подробно рассмотрены ранее.

Самоконтроль последовательных АЦП повышенной точности. На рис. 5.9 приведена функциональная схема АЦП повышенной точности с самоконтролем. Повышение точности достигается за счет того, что старший разряд АЦП в процессе уравнивания измеряемого напряжения не участвует, а используется только для определения знака разности между измеряемым и компенсирующими напряжениями. Кодирование измеряемого напряжения производится со второго старшего разряда, так как при $1/I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} > 0,5 I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, кодируется не напряжение $P_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, а напряжение $11, < I/\text{Ш}$, которое по своему значению не превышает $0,51/I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$.

В результате погрешность преобразования находится в интервале $0 < \gamma_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} < 0,5\gamma_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, где $\gamma_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$ - максимальное значение среднеквадратической погрешности АЦП. С целью упрощения АЦП при самоконтроле проверка условия $I/\text{Ш} < I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} + I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$ заменена на проверку $(I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} - I/I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}) > P_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12} - I/\text{комп} - I_{1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}$, что не требует дополнительных электроэлементов компаратора, переключателей и резистивной матрицы 12-212.

При $I_{i, < \dots} + (I_{i, < \dots}, 2 I_{i, < \dots}, 2 \text{ ПКOMP} - I_{i, < \dots}, \text{элементы } I_i \text{ и } I_i$, оказываются открытыми и код в регистре _ реверсивном счетчике не изменяется. Если после проведения коррекции $I_{i, < \dots} > P_{i, < \dots} + P_{i, < \dots}$, или $I_{i, < \dots} < I_{\text{Комп}} - I_{i, < \dots}$, где $I_{i, < \dots}$ _ компенсирующее напряжение после проведения коррекции, то элемент I_i , опрашиваемый элементом ЭЗ, установит триггер Тв состояние 1 и (п + 2)-тактовый импульс через элемент I_i , сформирует $P_{i, < \dots} < 0,5 I_{i, < \dots}$. На выходах триггеров с 1 по п РПП сформируется код 111 1, а следующий тактовый импульс установит код 10111 1. Дальнейшее управление РП П будет осуществляться компаратором КН, (при $P_{i, < \dots} - I_{i, < \dots} < 0,5 I_{i, < \dots}$ состояние 1, при $P_{i, < \dots} - I_{i, < \dots} < 0,5 P_{i, < \dots}$ состояние 0). В результате за п тактов в соответствии с алгоритмом поразрядного уравнивания определяются все разряды АЦП.

При самоконтроле на (п + 1)-м такте в случае, если $I_{i, < \dots} < 0,5$ (ДТ, (т + 1)-й резистор 212 резистивной матрицы 12-212 ЦАП, отключается через ключ К, к источнику эталонного напряжения отрицательной полярности $P_{i, < \dots}$, а (т + 1)-й резистор 212 резистивной матрицы 12-212 ЦАП, через ключ К, остается подключенным к корпусной шине. Тогда на выходе ЦАП, формируется напряжение $1_{i, < \dots} - E_{i, < \dots}$, а на выходе ЦАП, _ напряжение $P_{i, < \dots} - P_{i, < \dots} - I_{i, < \dots}$.

Затем производится сравнение напряжений $I_{i, < \dots}$ и $I_{i, < \dots} - I_{i, < \dots}$, компаратором КН, а напряжений $\Psi_i - 1_{i, < \dots}$ и $\Psi_i - I_{i, < \dots} > P_{i, < \dots} - E_{i, < \dots}$ компаратором КН. Если $I_{i, < \dots} > P_{i, < \dots} - \text{ПКOMP} - E_{i, < \dots}$, ИЛИ $P_{i, < \dots} - 1_{i, < \dots} < P_{i, < \dots} - I_{\text{Комп}} - I_{i, < \dots}$, то формируется сигнал «годен», ЕСЛИ

Рис. 5.9. Аналого-цифровой преобразователь с автоматической коррекцией динамических погрешностей и самоконтролем

Пизм $I_{\text{Комп}} - I_{\text{мл.р}}$ или Пэт- Пизм $S_{\text{дэт}} - \text{Пкомп} - \text{Пмлр}$ то формируется сигнал «НЕ годен». Последний через элементы ИЛИ, I_i , опрашиваемые на (п + 1)-м такте с задержкой, определяемой элементом ЭЗ, поступает на табло индикации. В случае если $P_{i, < \dots} > 0,5 I_{i, < \dots}$, то (т + 1)-й резистор 212 резистивной матрицы К-212 ЦАП, подключается через ключ К, к корпусной шине, а (т + 1)-й резистор 212 резистивной матрицы К-212 ЦАП, подключается через ключ К, к источнику эталонного напряжения отрицательной полярности ШТ. При этом напряжение на выходе будет $P_{i, < \dots} - I_{\text{Комп}} - P_{i, < \dots}$, а на выходе ЦАП, - $P_{i, < \dots} - I_{i, < \dots}$. Если $\Psi_i - 1_{i, < \dots} > P_{\text{комп}} - I_{\text{мл.р}}$ ИЛИ $(\text{Пэт} - \text{Пизм} > \text{Пэт} - \text{Пкомп} - \text{Пмлр})$ то формируется сигнал «НЕ годен», который через элементы ИЛИ, I_i , поступает на табло индикации.

Съем кода из АЦП осуществляется узлом выдачи кода ВК. При $I_{i, < \dots} < 0,5 I_i$, триггер старшего разряда РПП устанавливается в состояние 0, а коды остальных разрядов снимаются с выходов элементов НЕ, НЕ,. При $I_{i, < \dots} < 0,5 \Psi_i$, триггер старшего разряда РПП устанавливается в состояние 1, а коды остальных разрядов снимаются с выходов триггеров РПП. Для этого в узел ВК введен элемент «сложение по модулю 2» (М2), нулевой выход которого разрешает съем информации с элементов И8 I_i , а «единичный» выход -съем информации с элементов И9 ИЦ.

Таким образом, использование в данном АЦП одних и тех же преобразователя ЦАП2 и компаратора КН2 как при основной работе, так и при самоконтроле повышает достоверность контроля и не требует дополнительных электроэлементов для самоконтроля.

Функциональный контроль последовательных АЦП.

Анализ технических решений тестового метода самоконтроля АЦП показывает, что он требует дополнительного времени и оборудования. С целью исключения дополнительного времени для самоконтроля зачастую стремятся проводить самоконтроль АЦП в реальных условиях работы, т. е. в процессе его функционирования, когда неисправности обнаруживаются в момент первого проявления на контролируемых выходах. Это позволяет также сократить число проверок, проводимых с помощью внешних средств тестового контроля перед применением такого АЦП по назначению.

На рис. 5.10 приведена функциональная схема АЦП с сокращенным циклом кодирования и самоконтролем в процессе его функционирования. Аналого-цифровой преобразователь формирует сигнал «конец преобразования», как только разность между компенсирующим и измеряемым напряжениями становится меньше напряжения младшего разряда.

Работа такого АЦП производится следующим образом. При поступлении сигнала НП триггер Т1 устанавливается в состояние 1, а триггер Т2 - в состояние 0, на входе S РПП появляется разрешающий уровень 0 и на выходе РПП формируется код 0111 1.

В преобразователях «код - ток», образованных на ключах и резистивных матрицах 12-212, (т + 1)-е резисторы 212 подсоединяются к выходной в каждом преобразователе «код - ток».

Рис. 5.10. Аналого-цифровой преобразователь с функциональным самоконтролем

В результате на выходах ЦАП, и ЦАП, формируются соответственно напряжения $I/Комп + I/,,,,,$ и $I/Комп - П,,,,,$ (последнее формируется за счет операционного усилителя ОУ2, инвертирующий вход которого подсоединен к выходной шине преобразователя «код - ток», а суммирующий вход - к источнику эталонного напряжения ($I,, - I/,,,,,$)). При этом компараторы КН, и КН, работают следующим образом: КН, формирует уровень Т при $I/тм > Птн + I/,,,,,$ и О при $I/ВМ S I/комп + I/,,,,,$ а КН, формирует уровень 1 при $Ц I,,, 2 2 I/Комп - П,,,,,$ и О при $I/I,,, < I/Комп - ПМР$. Управление работой РПП до момента, когда $I],<,,,,, - П,,,,, < I/ ,Ш < П комп + I/,,,,,$ осуществляется от компаратора КН,. В момент времени, когда $Ы ,МП - E/,,,,, S ПШ S E/,<,,,,,+ I/м,,,$ на выходе КН, формируется уровень 0, а на выходе КН, - уровень 1. На выходе элемента ИЛИ, будет уровень 0, который через элементы НЕ, и ИЛИ, установит триггер Т1 в состояние 0, и преобразование закончится. В случае если разность между компенсирующим и измеряемым напряжениями в конце последнего п-го такта будет больше напряжения младшего разряда, то после п-го такта сигнал, пройдя через элементы НЕ,, ЭЗ, И,, установит триггер Т1 в состояние 0, а триггер Т2 - в состояние 1 для индикации «АЦП НЕ годен».

Для иллюстрации процесса кодирования рассмотрим преобразование измеряемого напряжения $I/,,,,,= 4,99 В$ при числе разрядов $п = 10$. На первом такте в РПП установится код 0111 1. На выходах ЦАП, и ЦАП, установятся 5,0 и 4,98 В соответственно.

На выходе КН, сформируется уровень 0, так как напряжение 4,99 В < 5,0 В, а на выходе КН, - уровень 1, так как 4,99 В > 4,98 В.

На выходе элемента ИЛИ, будет уровень 0, а через элементы НЕ, и ИЛИ, триггер Т1 установится в состояние 0, и преобразование закончится. Измеряемое напряжение 4,99 В будет преобразовано

в код 01111 за один такт.

Таким образом, введение дополнительных электроэлементов: преобразователя ЦАП,, компаратора КН, и логических элементов И, ИЛ И, НЕ позволяет осуществить процесс кодирования напряжений Пизм с самоконтролем в процессе функционирования АЦП и не требует дополнительного времени для самоконтроля.

5.3. Интеллектуальные интерфейсы

Одним из ключевых, определяющих моментов проектирования ИнСИ является выбор совокупности унифицированных аппаратурных, программных и конструктивных средств, необходимых для реализации алгоритмов взаимодействия различных функциональных устройств. Такими средствами являются интерфейсы.

Стандартизации в интерфейсе обычно подлежат: форматы передаваемой информации, команды и состояния, состав и типы ли-ний связи, алгоритм ФУНКционирования, передающие и приемные электронные схемы, параметры сигналов и требования к ним, конструктивные решения. Выделяют четыре основные функции интеллектуального интерфейса.

1. Функция общения. Предполагается, что непрограммирующий пользователь будет общаться с ЭВМ на ограниченном ЕЯ.

Ограниченность языка состоит том, что он используется для определенной цели - формулировки задач, которые должна решать ЭВМ. Правда, спектр задач при массовом внедрении ЭВМ в различные виды человеческой деятельности может быть весьма широким. Ведь с помощью ЭВМ уже сейчас решаются не только вычислительные задачи, но и задачи, связанные с проведением логических рассуждений, информационным поиском, делопроизводством и другими типами человеческой деятельности. Поэтому ЕЯ, который допустим на входе интеллектуального интерфейса, не может быть слишком бедным. Его ограниченность проявляется не в объеме словаря, а скорее в организации текстов, вводимых пользователем в ЭВМ. Важно, чтобы вводимый текст был понятен для ЭВМ.

Термин «понимание» требует уточнения, что и будет сделано далее, а пока его можно воспринимать на уровне инТУИЦии.

При реализации функции общения важную роль играют средства графического отображения информации и возможность замены текстов совокупностью действий («опредмечивание» текста, о чем будет говориться ниже). Поэтому система общения, входящая в интеллектуальный интерфейс, - это не только система общения на основе текстовых сообщений, но и всевозможные системы ввода-вывода речевых сообщений, средства графического взаимодействия и средства типа курсора.

2. Функция автоматического синтеза программы. Сообщение пользователя должно преобразовываться в рабочую программу, которую ЭВМ может выполнить. Это заставляет иметь в составе интеллектуального интерфейса средства для реализации в ЭВМ процедур, которые обычно выполняет человек-программист.

Для того чтобы это стало возможным, необходимо уметь перевести исходное сообщение пользователя на некоторый точный язык спецификаций, а затем породить из этой записи рабочую программу. Подобное преобразование требует специальных знаний, которые должны иметься в памяти ЭВМ.

3. Функция обоснования. Пользователь, не разбирающийся или плохо разбирающийся в том, как ЭВМ преобразует его задачу в рабочую программу и какие методы она использует для получения решения, вправе потребовать от ЭВМ обоснования полученного решения. Он может спросить ЭВМ, как она преобразовала его задачу в программу, какой метод использовала для нахождения решения, как это решение было получено и как оно было интерпретировано на выходе.

Таким образом, в функцию обоснования входит и функция объяснения, характерная для со-временных экспертных систем, и функция доверия, цель которой повысить степень доверия пользователя к ЭВМ.

4. Функция обучения. Когда пользователь впервые подходит к ЭВМ, он вправе ожидать, что сведения о работе с нею он сможет получить достаточно легко. Для бытовых приборов, с которыми он до этого сталкивался, достаточно прочитать несложную и небольшую инструкцию, чтобы сразу понять, как надо обращаться с этим прибором. Электронно-вычислительная машина, конечно, сложнее всех тех приборов, с которыми человек сталкивался в быту. ИнстРУКЦия, которая позволила бы пользователю овладеть всеми возможностями ЭВМ, понять основные принципы работы с ней, оказалась бы слишком объемной и неудобной для него.

Поэтому ЭВМ новых поколений снабжаются специальными средствами (тьюторами), с помощью которых пользователь постепенно постигает способы работы с ЭВМ и тонкости успешного общения с ней.

Таким образом, интеллектуальный интерфейс имеет структуру, показанную на рис. 5.11. Центральное место в этой структуре занимает база знаний. В ЭВМ прежних поколений такого блока не было. Его появление связано с тем, что для выполнения всех перечисленных ранее функций интеллектуального интерфейса необходимы специальные знания. *Для системы общения это словари и знания о том, как понимаются тексты, графические изображения и предметные действия, как анализируется речь и как синтезируются ответы пользователю, как соотносятся между собой различные типы информации, используемой для общения.*

Для решателя это знания о переводе входных сообщений в текст на языке внутренних представлений (языке спецификаций), об извлечении программы из этих текстов, о правилах рассуждений и логического вывода, о методах решения задач в данной проблемной области. Для системы обоснования это знания о том, как отвечать на вопросы пользователя, как обосновывать полученное решение.

Рис_5_11_ Структура интеллектуального интерфейса

Наконец, для системы обучения это знания о том, как учить пользователя, как учитывать его реакцию при обучении и его психологические особенности.

Таким образом, интеллектуальный интерфейс есть по сути некоторая логическая машина, сложность которой куда выше сложности обычной вычислительной машины. На рис. 5.11 машина выделена штриховой линией. В правой части рис. 5.11 показана классическая ЭВМ, на которой происходит выполнение программы, подготовленной интеллектуальным интерфейсом. При аппаратной реализации обе ЭВМ могут быть реализованы в рамках единой системы. Выбор той или иной архитектуры зависит от конкретных инженерных решений, которые в данной статье не затрагиваются.

Проблема понимания. Основным содержанием функции общения является процедура понимания ЭВМ вводимых в нее текстов. К сожалению, ни в лингвистике, ни в психологии, ни в философии термин «понимание» не получил точной интерпретации. Поэтому дадим его интерпретацию, удобную для разработчиков интеллектуальных систем. Введем *семь уровней понимания, характерных для интеллектуальных интерфейсов*, точно поясняя на каждом уровне его содержание.

На *нулевом уровне понимания* система способна отвечать на сообщения пользователя безо всякого анализа их сути. На этом уровне понимание как таковое у системы отсутствует. В общении людей между собой нулевому уровню понимания соответствует так называемый фактический диалог, когда разговор поддерживается без анализа сути высказываний собеседника за счет чисто внешних форм поддержки диалога.

Организация системы общения с таким уровнем понимания весьма проста. На вход лингвистического блока поступает входной текст (рис. 5.12).

Рис. 5.12. Интерфейс нулевого уровня

Рис. 5.13. Интерфейс первого уровня

В этом тексте выделяются заранее заданные маркеры, которыми могут быть конкретные слова или выражения или стандартные компоненты в синтаксической структуре предложения. На каждый такой маркер в памяти ЭВМ хранится конструкция ответного сообщения. Оно может быть стандартным или иметь «пустые» места, заполняемые стандартным образом выделенными в тексте маркерами.

На втором уровне понимания используется структура, показанная на рис. 5.13. Новым в этой структуре является блок пополнения текста. В его функции входит автоматическое пополнение текста за счет хранящихся в памяти ЭВМ процедур пополнения. Примерами подобных процедур могут служить правила вывода ПФЛ, к которым относятся логики времени, пространства, причинно-следственных связей и т. п.

Третий уровень понимания реализуется структурой системы, похожей на структуру, показанную на рис. 5.14. Отличие состоит в процедурах, реализуемых блоком вывода ответа. Формируя ответы, этот блок использует теперь не только информацию, хранящуюся в базе данных, куда введено расширенное внутреннее представление исходного текста, но и некоторую дополнительную информацию, хранящуюся в базе знаний (рис. 5.15). Эта априорно хранимая в памяти системы дополнительная информация есть знание системы о типовых сценариях ситуаций и процессов, характерных для той предметной области, с которой работает система.

На третьем уровне понимания сохраняются все предыдущие процедуры П₁, П₂ и П₃. Процедура, которая ранее реализовалась в блоке вывода ответа, усложняется и заменяется на процедуру, учитывающую необходимость работы с базой знаний. На первом уровне понимания система становится способной отвечать на все вопросы, ответы на которые есть во введенном в нее тексте. Рис. 5.14. Интерфейс второго уровня

Если система способна давать любые такие ответы, то она «овладела» первым уровнем понимания. Для того чтобы в системе общения была реализована возможность подобной работы с текстом, необходима структура, показанная на рис. 5.13. На этом рисунке приведены лингвистический процессор, блок вывода ответа и база данных. В базу данных вводится входной текст, преобразованный в лингвистическом процессоре в некоторое внутреннее представление. Это внутреннее представление может быть любым, но важно, чтобы в лингвистическом процессоре были реализованы процедуры, позволяющие выявить глубинную синтаксическую структуру вводимых в ЭВМ предложений, а также структуру межфразовых связей в тексте. На современном уровне наших знаний об анализе измерений процедуры достаточно хорошо известны и реализованы в ряде практически действующих систем. Знание глубинной синтаксической структуры позволяет блоку вывода ответа соотнести внутреннее представление вопроса КО с внутренним представлением текста КТ и найти то предложение, в котором содержится ответ на введенный вопрос, либо убедиться, что такого предложения нет. Две последние процедуры характеризуют работу блока вывода ответа.

Сценарии могут иметь самую разную форму. Для четвертого уровня понимания общая структура системы остается такой же, как и на рис. 5.15. Меняется только процедура, реализуемая блоком вывода ответа. Эта процедура обогащается за счет введения в нее эффективных средств дедуктивного вывода в базе знаний. Кроме сценариев хранится и иная информация, отражающая свойства отдельных объектов, фактов и явлений, характерных для ПО, с которой работает система, а также совокупность различных закономерностей, характерных для процессов, протекающих в ней.

Вся эта информация априори закладывается в виде некоторых внутренних формализованных представлений в базу знаний.

Сейчас используется несколько форм представления знаний в базах знаний. Наиболее популярны продукционные системы и фреймы. Продукционные системы особенно удобны для дедуктивного вывода, так как каждая продукция представляет собой некоторое правило вывода вместе с условиями его применения.

Фреймовые представления намного богаче продукционных. Но за это богатство приходится платить менее эффективными процедурами вывода.

Между этими двумя основными формами представления знаний существует немало переходных смешанных форм, которые многим исследователям кажутся наиболее удобными.

На пятом уровне понимания процедура дедуктивного вывода еще более расширяется. К *дедуктивному выводу добавляются средства правдоподобного вывода. Среди них вывод по нечетким схемам, вероятностный вывод, вывод по аналогии и вывод по ассоциации.* Эти «экзотические» схемы вывода в последнее время активно изучаются. Сейчас уже можно говорить о том, что подобные методы, моделирующие особенности человеческих рассуждений, прежде всего рассуждений специалистов в данной проблемной области, начинают внедряться в практику построения интеллектуальных систем.

Рис. 5.15. Интерфейс третьего уровня

Рис. 5.16. Интерфейс шестого уровня

На шестом уровне понимания схема несколько видоизменяется (рис. 5.16). В нее *добавляется блок пополнения базы знаний.* Здесь база знаний становится открытой. Система становится способной пополнять ее, извлекая новые закономерности и знания из наблюдений за содержанием базы данных и обработки этих наблюдений. Другими словами, *система становится способной к индуктивному выводу.*

Таким образом, уровни понимания сведены к виду реакции системы общения на вопросно-ответное отношение. Другими словами, предполагалось, что именно режим взаимодействия «вопрос-ответ» является основным для системы общения. На самом деле в зависимости от характера использования ЭВМ в системе общения интеллектуального интерфейса могут реализоваться и другие отношения, отличные от вопросно-ответного. *Если же ЭВМ используется лишь для выполнения программ, имена которых сообщает ей пользователь, то реализуется отношение «запрос-действие», получившее наибольшее развитие в измерительных системах.*

Можно предполагать, что намечающийся в системах общения симбиоз речевого ввода-вывода, графики и непосредственного моторного воздействия на изображение на экране с помощью «мышки» в корне изменят саму тактику общения. Особенно большие надежды специалисты возлагают на машинную графику в соединении с моторным каналом ввода-вывода.

База знаний.

Положение в области баз знаний таково, что следует говорить о наступлении периода создания промышленных образцов подобных систем. Эти системы реализуются либо чисто программно, либо программно-аппаратными средствами, получившими название машин баз знаний. *В стандартный набор процедур, образующих базу знаний, входят процедуры ввода и кодировки информации, процедуры проверки введенной информации на непротиворечивость с ранее записанной информацией, процедуры корректировки знаний, процедуры пополнения знаний, подобные тем, которые упоминались в связи с описанием уровней понимания, процедуры реализации вопросно-ответного отношения.* В ближайшем будущем к этим процедурам будут добавлены *средства для диалогового взаимодействия инженера по знаниям с экспертом-специалистом в некоторой проблемной области, с помощью которых станет возможным «добывать знания» у эксперта.*

Решатель. Основная задача решателя состоит в преобразовании исходного описания задачи или задания на выполнение некоторой программы в рабочую программу для ЭВМ. Математически эта задача сводится к переводу исходного описания в некоторое промежуточное формализованное описание (описание на языке спецификаций, в качестве которого чаще всего выступает исчисление предикатов первого порядка или некоторое подмножество формул, допустимых в подобном исчислении). Подобная формализация рассматривается как теорема. Доказательство теоремы можно

найти в рамках формальной системы, все компоненты которой хранятся в базе знаний. Средства вывода входят в решатель. Построенный вывод (при положительном результате доказательства) позволяет извлечь из него рабочую программу, нужную пользователю.

Эта система должна обеспечить пользователя развернутыми ответами на его вопросы следующих типов. «Что есть X?»», «Как получен Y?»», «Почему получен K а не X?»», «Зачем получен Y'?»», «Как устроен Z?»». Вопросы первого типа требуют от системы выдачи всей информации об интересующем пользователя предмете. Они предполагают обращение к базе данных или базе знаний.

Часто эту подсистему называют системой доверия. Она как бы демонстрирует пользователю свою эрудицию, широту своих знаний. *Вопросы второго типа касаются самой процедуры получения некоторого результата.* В существующих сейчас системах ответы на подобные вопросы являются прерогативой подсистемы объяснения. Эти *ответы формируются решателем, в котором сохраняется «трек» его деятельности по синтезу программы и ее реализации.* Как правило, полный трек пользователя не интересует, в нем слишком много избыточной и несущественной информации, поэтому обычно заранее строятся «заготовки» объяснений для тех мест, которые имеют принципиальное значение. Чаше всего это места «разветвлений процесса», а также всевозможные условия на выбор того или иного метода решения задач. Эти заготовки на-полняются решателем конкретным содержанием при решении конкретной задачи.

Вопросы третьего типа более сложны. Система должна не просто выдать трек решения или последовательность означенных заготовок, но и обосновать невозможность получения альтернативного решения, о котором спрашивает пользователь. Для того чтобы ответить на подобный вопрос, системе иногда надо провести опровергающий вывод по методу обратной волны, т. е. допустив истинность альтернативного решения, показать, что для него нет подходящих исходных данных. В других случаях система должна проверить условия выбора при тех альтернативных переходах, при которых вместо пути, ведущего к решению K возникает возможность движения по пути, ведущему к решению X, и выдать пользователю обоснование сделанного выбора.

В системах обучения (тьюторах) современных интеллектуальных средств и систем используются старые идеи программированного обучения, ориентированного на адаптацию к ученику.

В систему априори закладывается сценарий обучения, пути в котором соответствуют разной скорости обучения. В программах обучения используются подсказка, пояснение, фиксация ошибок, повторение непонятого места «другими словами» и многие другие приемы, характерные для методики обучения человека.

Сегодня существуют легко приспособляемые интеллектуальные интерфейсные блоки для первичных преобразователей, которые обеспечивают множество наиболее полезных свойств, предусмотренных стандартами типа IEEE 1451.2. Адаптивные возможности этих блоков позволяют соединять их с широким набором типов датчиков. Этот подход обеспечивает некоторые важные черты технологий интеллектуальных датчиков (ИД), такие, как специальные *электронные таблицы для конкретного датчика* и *возможности самоидентификации*, не заставляя производителей датчиков переделывать свою продукцию в целях тесной интеграции с микроэлектронным интеллектом внутри своего датчика.

Кажется парадоксальным, когда ИД выглядят перспективными с позиций дистанционного доступа, специальных электронных таблиц датчика и возможностей сетевого интерфейса, и в то же время экономические и технические барьеры делают их неприемлемыми. Этот парадокс может быть разрешен *благодаря использованию «интеллектуальных и адаптируемых» сенсорных интерфейсов.* Существует множество приложений, где возможности технологий ИД были бы весьма полезными. Однако вместо того чтобы пытаться заставить производителей компонентов датчиков вводить «интеллектуальные»

версии Каждого датЧИКг1 В СВОИ каталоги, возможно, было бы лучше подумать об использовании интеллектуальных и адаптивных интерфейсных узлов для датчиков. Такие интеллектуальные интерфейсы позволили бы использовать привычные, существующие компоненты датчиков там, где требуются «интеллектуальные», сетевые датчики.