

007.52 (075)
У 912



№ 4303

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Технологический институт
Федерального государственного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
«Южный федеральный университет»**

Кафедра вычислительной техники

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по курсу
СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
И НЕЙРОКОМПЬЮТЕРЫ**

Для студентов специальности 230101
Вычислительные машины, комплексы, системы и сети
очной формы обучения

ФАВТ

Таганрог 2008

Рецензенты:

Зав. кафедрой информатики Таганрогского государственного педагогического института, доктор технических наук, профессор **Ромм Я.Е.**;
кафедра математики и информатики Таганрогского института управления и экономики, зав. кафедрой доктор технических наук, профессор **Карелин В.П.**

Чернухин Ю.В., Приемко А.А. Учебно-методическое пособие по курсу «Системы искусственного интеллекта и нейрокомпьютеры». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008.– 40 с.

В учебно–методическом пособии приведен план лекционной части дисциплины «Системы искусственного интеллекта и нейрокомпьютеры», тестовые задания и описание контрольных работ по курсу. Даны указания по выполнению заданий практической части курса, а также приведен глоссарий наиболее часто употребляемых терминов. Пособие предназначено для студентов очного обучения специальности 230101 «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети».

Табл. 8. Ил. 15. Библиогр.: 13 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Технологического института Южного федерального университета.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА.....	5
1.1. План лекционной части дисциплины.....	5
1.2. Примеры тестовых заданий и вопросы для самоконтроля по теоретической части курса.....	6
2. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ ПО КУРСУ.....	8
3. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ.....	9
3.1. Описание контрольных работ и методические указания по их выполнению.....	9
3.2. Задания к контрольным работам.....	11
3.3. Теоретический материал, необходимый для выполнения контрольной работы №1.....	15
3.3.1. Структура промышленного робота.....	15
3.3.2. Элементы манипуляционных систем.....	16
3.3.3. Состав, классификация и краткая характеристика приводов промышленных роботов.....	17
3.3.4. Рабочие органы промышленных роботов.....	18
3.3.5. Функциональные особенности очувствленных манипуляционных роботов.....	19
3.3.6. Структурная схема простейшего промышленного робота с рекуператором.....	20
3.3.7. Циклограмма работы очувствленного промышленного робота.....	21
3.3.8. Микропроцессорное управление в структуре ячеек роботизированных комплексов.....	22
3.3.9. Программирование микропроцессорного контроллера роботизированной ячейки.....	24
3.3.10. Организация подпрограммы задержки.....	27
3.4. Вопросы для самопроверки по контрольной работе №1.....	28
3.5. Теоретический материал, необходимый для выполнения контрольной работы №2.....	29
3.5.1. Метод адаптивного управления интеллектными роботами.....	29
3.5.2. Микропроцессорное управление интеллектными роботами.....	30
3.5.3. Нейросетевое моделирование поведения интеллектного робота.....	32
3.5.4. Нейросетевая система управления интеллектного робота.....	34
3.5.5. Элементы нейросетевой системы управления интеллектного мобильного робота.....	35
3.6. Вопросы для самопроверки по контрольной работе №2.....	36
4. ГЛОССАРИЙ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ.....	37
Библиографический список.....	39

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных направлений дальнейшего развития современной компьютерной техники является создание и исследование интеллектуальных систем, воспроизводящих функции естественного интеллекта. Использование этих систем в будущем позволит автоматизировать значительный объем работ, которые до сих пор мог выполнять только человек, и, как следствие, повысит производительность труда и облегчит его. В настоящее время такие системы получили название интеллектуальных агентов.

Интеллектуальные агенты уже начинают выходить за пределы научно-исследовательских лабораторий, однако методическое обеспечение, необходимое для их изучения в рамках учебного процесса, практически отсутствует. С целью восполнения этого пробела на кафедре вычислительной техники Таганрогского технологического института Южного федерального университета разработан и читается курс «Системы искусственного интеллекта и нейрокомпьютеры» (СИИ и НК).

Одна из основных особенностей этого курса состоит в том, что наряду с хрестоматийным материалом по основным идеям искусственного интеллекта, системам продукций и теоретическим основам построения нейронных сетей рассматриваются принципы построения нейросетевых систем управления адаптивных автономных мобильных роботов с элементами искусственного интеллекта. Такие роботы являются частным случаем интеллектуальных агентов. При этом изложение материала, касающегося адаптивных мобильных роботов, ведется на алгоритмическом, программном, аппаратном и программно-аппаратном уровнях. Данное обстоятельство позволяет студентам специальности «Вычислительные машины комплексы системы и сети» не только знакомиться с принципами работы интеллектуальных систем управления такими роботами, но и практиковаться в аппаратной или программно-аппаратной реализации таких систем в рамках курсовых и дипломных проектов.

Особое внимание области адаптивных мобильных роботов уделено потому, что такие роботы являются антропоморфными устройствами, предназначенными для воспроизведения физических и умственных функций человека. Они должны решать задачи восприятия внешней среды, осуществлять распознавание образов, представлять и обрабатывать знания и т.д., иными словами, решать практически все задачи искусственного интеллекта.

Задача курса заключается в том, чтобы на примере проблем робототехники и искусственного интеллекта проиллюстрировать методы проектирования программных, программно-аппаратных и аппаратных средств, решающих как классические задачи искусственного интеллекта, так и задачи управления адаптивными автономными роботами с элементами искусственного интеллекта.

Полученные знания должны использоваться студентами при выполнении курсовых и дипломных проектов, а также при изучении профилирующих дисциплин специальности 230101.

Курс базируется на дисциплинах: «Микропроцессорная техника», «Программирование», «Математические основы дискретной техники» и т.д.

В процессе изучения курса студентам необходимо выполнить четыре лабораторные и две контрольные работы.

Лекционная часть курса читается в течение двух семестров. В конце первого семестра студентами сдается теоретический зачет, а в конце второго - экзамен. Для допуска к зачету необходимо выполнить и сдать контрольную работу №1. Для допуска к экзамену необходимо сдать все лабораторные работы, а также контрольную работу №2.

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ КУРСА

В процессе изучения курса «Системы искусственного интеллекта и нейрокомпьютеры» рекомендуется составить конспект, в котором следует привести основные определения, алгоритмы, граф-схемы программ и структурные схемы изучаемых устройств. Текст должен дополнять эти данные и давать необходимые к ним пояснения.

При самостоятельном изучении дисциплины необходимо проконтролировать себя, отвечая на контрольные вопросы по каждой теме курса, а также выполнить и сдать на проверку до сессии две контрольные работы и четыре лабораторные.

1.1. Лекционная часть дисциплины

Курс читается в течение двух семестров в виде двух частей. Лекции первой части читаются на протяжении осеннего (седьмого) семестра, а лекции второй части в течение весеннего (восьмого) семестра.

ЧАСТЬ 1 . Системы искусственного интеллекта (36 часов в 7 семестре)

Лекция 1. Введение (2 ч).

Лекция 2. Интеллект естественный и искусственный (2 ч).

Лекция 3. Задачи искусственного интеллекта (ИИ) (2 ч).

Лекция 4. Системы продукции искусственного интеллекта (2 ч).

Лекция 5. Стратегии с возвратом в производственных системах (2 ч).

Лекция 6. Стратегии поиска на графах (2 ч).

Лекция 7. Стратегии эвристического поиска (2 ч).

Лекция 8. Разложение задач искусственного интеллекта на подзадачи (2 ч).

Лекция 9. Поиск на И/ИЛИ - графах (2 ч).

Лекция 10. Упорядоченный поиск на И/ИЛИ - деревьях (2 ч).

Лекция 11. Игровые системы искусственного интеллекта (2 ч).

Лекция 12. Эвристические процедуры игровых систем (2 ч).

Лекция 13. Искусственный интеллект игровых автоматов и интеллектуальных

роботов (2 ч).

Лекция 14. Интеллектуальные мобильные роботы (2 ч).

Лекция 15. Микропроцессорное управление интеллектуальными мобильными роботами (2 ч).

Лекция 16. Нейросетевое управление интеллектуальными мобильными роботами (2 ч).

Лекция 17. Распознающие системы (2 ч).

Лекция 18. Обучаемые системы (2 ч).

ЧАСТЬ 2. Нейрокомпьютеры (34 часа в 8 семестре)

Лекция 1. Введение (2 ч)

Лекция 2. Мозг и его клетки (2 ч).

Лекция 3. Физиологические, физические и математические модели нервных клеток (2 ч).

Лекция 4. Кибернетические модели нейронов (2 ч).

Лекция 5. Искусственные нейроны (2 ч).

Лекция 6. Цифровые динамические нейроэлементы (2 ч).

Лекция 7. Цифровые нейропроцессоры (2 ч).

Лекция 8. Базовые модели цифровых нейропроцессоров (2 ч).

Лекция 9. Элементная база цифровых нейрокомпьютеров (2 ч).

Лекция 10. Адаптивные нейропроцессорные ансамбли (2 ч).

Лекция 11. Динамические нейропроцессорные ансамбли (2 ч).

Лекция 12. Матричные нейропроцессорные ансамбли (2 ч).

Лекция 13. Вычислительные нейроструктуры цифровых нейрокомпьютеров (2 ч).

Лекция 14. Распознающие нейропроцессорные структуры цифровых нейрокомпьютеров (2 ч).

Лекция 15. Обучаемые нейропроцессорные структуры (2 ч).

Лекция 16. Сети Хопфилда (2 ч).

Лекция 17. Нейросетевая ассоциативная память (2 ч).

1.2. Примеры тестовых заданий и вопросы для самоконтроля по теоретической части курса

В конце 8 семестра студенты очной формы обучения должны сдать единый государственный экзамен, в программу которого входят вопросы по курсу СИИ и НК. Примеры тестовых заданий, а также вопросы для самоконтроля по первой и второй частям курса приведены ниже. Задания можно условно разделить на 4 типа.

К заданию первого типа приводится пять вариантов ответов, причем правильным является только один из них. Номер этого варианта и является ответом на вопрос.

Пример задания первого типа.

Кто является создателем перцептрона?

1. Тьюринг.
2. Буль.
3. Розенблатт.
4. фон Нейман.
5. Хопфилд.

Ответ: 3.

Ответом на задание второго типа является выбор правильной последовательности.

Пример задания второго типа.

Расположите в правильном порядке последовательность действий, протекающих в системе управления интеллектуального робота.

1. Перемещение в определенном направлении.
2. Восприятие внешней среды.
3. Формирование дискретной модели проходимости внешней среды.
4. Моделирование вариантов поведения.
5. Определение направления перемещения в среде.

Ответ: 2,3,4,5,1.

При ответе на задание третьего типа необходимо установить соответствие между заданными понятиями и их определениями.

Пример задания третьего типа.

Понятия:

- 1) дедукция
- 2) индукция
- 3) И/ИЛИ - граф
- 4) эффекторная подсистема
- 5) основная проблема искусственного интеллекта

Определения:

- А. Производство рассуждений от частного к общему
- Б. Производство рассуждений от общего к частному
- В. Структура данных, используемая для отображения взаимосвязи между исходными и результирующими задачами
- Г. Подсистема, осуществляющая перемещение интеллектуального робота во внешней среде
- Д. Отыскание универсального принципа обработки информации

Ответ: 1-Б,2-А,3-В,4-Г,5-Д.

Задание четвертого типа требует указания точного ответа, причем в отличие от задания первого типа варианты ответов не приводятся.

Например, «_____» – создатель перцептрона.

Ответ: Розенблатт.

Вопросы для самоконтроля по первой части курса

1. Как называется производство рассуждений от общего к частному, в форме, при которой путем умозаключений из двух исходных суждений получается третье суждение?

2. Какую архитектуру имеют современные ЭВМ?
3. Как называется производство рассуждений от частного к общему в форме, при которой из двух исходных суждений получается третье?
4. Что понимается под задачей в ИИ ?
5. Как формулируется первый шаг процедуры ПРОДУКЦИЯ?
6. Графы какого типа используются для отображения взаимосвязи между исходными и результирующими задачами?
7. С чего начинается Альфа - Бета процедура организации конфликтных игр?

Вопросы для самоконтроля по второй части курса

1. Как называется тело нервной клетки?
2. Чем определяется степень возбуждения нервной клетки?
3. Чем обусловлены адаптивные свойства нервной ткани?
4. Какие нейрокомпьютеры классифицируются как сетевые?
5. Какая цель достигается подключением входного модуля к БИС нейропроцессора?
6. Как называется многолинейный МК с количеством линий передачи 4 или 6?
7. Какова основная трудность при построении ЦНП на базе транспьютеров?
8. Как называется устройство, осуществляющее численное интегрирование подынтегральной функции?
9. Как называется совокупность многовходовых взаимосвязанных нейронов?

2. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ ПО КУРСУ

Лабораторные занятия выполняются в 8-м семестре в виде четырех 4-х часовых работ, одного часа вводных занятий и одного 4-х часового итогового занятия. Лабораторный практикум предусматривает следующую тематику лабораторных работ:

Вводное занятие (1 час, [1, 7, 11, 12]);

1. Исследование нейроэлементов (4 часа, [7, 11]).

Цель работы

Ознакомление с программной средой NeurOS, изучение ее свойств, инструментария, методики синтеза различных моделей нейроэлементов, в частности, моделирование и исследование формальных нейронов с бинарной и логической выходными функциями активации.

2. Исследование динамических нейронов (4 часа, [7, 12]).

Цель работы

Моделирование и исследование адаптивных и неадаптивных моделей динамических нейронов. В процессе лабораторной работы необходимо исследовать функциональные возможности моделей динамических нейронов следующих типов:

- 1) неадаптивный динамический нейрон;
- 2) динамический нейрон с адаптацией по входу;
- 3) динамический нейрон с адаптацией по выходу;
- 4) динамический нейрон с адаптацией по входу и выходу одновременно.

3. Исследование нейросетевой ассоциативной памяти (4 часа [7]).

Цель работы

Создание и исследование искусственной нейронной сети с обратными связями. Пользуясь программной средой **NeurOs**, построить модель четырехнейронной сети, реализующей функции ассоциативной памяти. Для заданного в варианте входного вектора рассчитать синаптические коэффициенты сети. Провести серию экспериментов по распознаванию полного, неполного и зашумленного вектора данных.

4. Исследование нейросети перцептронного типа (4 часа, [7]).

Цель работы

Моделирование и исследование процедуры обучения искусственной нейронной сети перцептронного типа.

Итоговое занятие (4 часа [1, 7, 11, 12]).

Работы выполняются на программной среде **NeurOS**, реализуемой на компьютерах **IBM PC** под управлением ОС **Windows**. Все работы выполняются в лаборатории Г-412. Порядок оформления результатов выполнения лабораторных работ студентами приведен в сборнике их описаний [7].

3. КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ

3.1. Описание контрольных работ и методические указания по их выполнению

При изучении курса «Системы искусственного интеллекта и нейрокомпьютеры» необходимо выполнить две контрольные работы.

Контрольная работа №1(содержит два задания)

Первое задание посвящено изучению структуры промышленного робота (ПР) и связанного с ним технологического оборудования (ТО), изучению исполнительных устройств и систем управления промышленных роботов, а также изучению микропроцессорных контроллеров (МПК) как отдельных ПР, так и более сложных робототехнических комплексов(РТК).

При выполнении этого задания студент должен привести структурную схему предложенной роботизированной ячейки, подробно описать ее состав и принцип работы.

Особое внимание при этом следует уделить структуре и описанию принципа функционирования рекуперационного робота заданной конфигурации. При выполнении задания следует использовать учебное пособие [8] полностью и раздел 4 учебного пособия [9].

Второе задание предполагает программирование МПК рассмотренной в предыдущем задании РТЯ. При составлении программы необходимо привести циклограмму работы РТЯ, таблицу переходов ПР и таблицу смены состояний портов ввода-вывода МПК, граф-схему программы и саму программу, написанную на языке ассемблера МП Intel 8086/8088. Для успешной работы над заданием вполне достаточно материала, изложенного в учебном пособии [9].

Контрольная работа №2 (содержит два задания)

Первое задание посвящено изучению структуры микропроцессорной системы управления адаптивного автономного мобильного робота с элементами искусственного интеллекта. Студент должен привести алгоритм адаптивного управления и структурную схему реализующей ее МП-системы управления. Принцип функционирования этой системы необходимо рассмотреть на уровне граф-схемы программы МПК с учетом соответствующего варианта конфигурации модели внешней среды. Кроме того, необходимо составить граф-схему подпрограммы и саму подпрограмму определения направления перемещения робота в среде, исходя из заданного варианта кодирования таких направлений. При выполнении задания рекомендуется использовать первые 2 раздела учебного пособия [10].

Во втором задании необходимо изучить принципы построения нейрокомпьютерных контроллеров адаптивных интеллектуальных мобильных роботов, привести и описать структуру контроллера, выполненного на логических схемах замещения формальных нейронов. Исходя из заданной во внешней среде ситуации, построить радиальную модель среды, на которой показать путь достижения цели. При выполнении работы помимо двух последних разделов учебного пособия [10] рекомендуется использовать материал монографии [1].

При оформлении контрольной работы вначале нужно указать вариант задания и записать исходные данные, затем привести полные ответы по всем пунктам задания с необходимыми обоснованиями, пояснениями и ссылками на использованную литературу.

При оформлении текста обязательно оставлять поля. Все чертежи и схемы выполнять аккуратно в соответствии с правилами оформления технической документации.

В конце отчета по контрольной работе привести список использованной литературы.

3.2. Задания к контрольным работам

Контрольная работа №1

Задание 1. Подробно описать структуру и принцип действия роботизированной ячейки, состоящей из технологического оборудования, рекуперационного ПР и транспортного робота. Промышленный робот имеет 3 основные степени подвижности q_1 , q_2 , q_3 и внутреннюю степень подвижности q_4 схвата. Из основных степеней подвижности q_1 , q_2 – горизонтальные с электроприводом (q_1 – поступательная, q_2 – вращательная), а третья q_3 – вертикальная с пневмоприводом. Схват также снабжен пневмоприводом. Степени подвижности, по которым включен рекуператор и размещены датчики очувствления, определяются из табл. 1 в соответствии с величиной остатка от деления числа, образуемого двумя последними цифрами шифра студента, на 16.

Таблица 1

Величина остатка	Включение рекуператора	Наличие датчиков очувствления по степеням подвижности			
		q_1	q_2	q_3	q_4
0	q_1	нет	нет	нет	нет
1	q_1	нет	нет	нет	да
2	q_1	нет	нет	да	нет
3	q_1	нет	нет	да	да
4	q_1	нет	да	нет	нет
5	q_1	нет	да	нет	да
6	q_1	нет	да	да	нет
7	q_1	нет	да	да	да
8	q_2	да	нет	нет	нет
9	q_2	да	нет	нет	да
10	q_2	да	нет	да	нет
11	q_2	да	нет	да	да
12	q_2	да	да	нет	нет
13	q_2	да	да	нет	да
14	q_2	да	да	да	нет
15	q_2	да	да	да	да

Например, если две последние цифры образуют число меньше чем 16, т.е. 00, 01, ..., 15, то номер варианта соответствует этому числу, после удаления из его старшего разряда нуля. То есть числам 00, 01, ..., 09 соответствуют варианты 0, 1, ..., 9, а числам 10, ..., 15 – варианты 10, ..., 15 соответственно.

Если две последние цифры образуют число 16, то номер варианта – 0.

Если две последние цифры образуют число, большее 16-ти, то номер варианта равен числителю правильной дроби, получаемой при делении этого числа на 16. Например, пусть две последние цифры образуют число 69. Тогда, нормализуя дробь $\frac{69}{16}$, получим $4\frac{5}{16}$. Номер варианта равен числителю дроби, т.е. 5.

Задание 2. Составить программу работы МПК роботизированной ячейки, рассмотренной в предыдущем задании. Следует исходить из того, что МПК построен на основе МП Intel 8086/8088 и реализует алгоритм РТЯ, описанный в подразделе 4.3 учебного пособия [9]. Однако для данного задания дополнительно следует учитывать то, что перед выдвижением руки вперед вдоль q1 каретка должна сначала подняться вверх вдоль q3, а при возвращении робота в исходное состояние, она должна опуститься. При составлении подпрограммы задержки рассчитать ее параметры, используя заданное в табл. 2 значение (в секундах) временного интервала срабатывания неочувствленных звеньев ПР. Указанное значение находится на пересечении столбца и строки табл. 2. Причем, номер столбца должен соответствовать предпоследней цифре шифра, а номер строки - последней цифре шифра студента.

Таблица 2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,125	0,225	0,325	0,425	0,525	0,625	0,725	0,825	0,925	1,025
1	0,135	0,235	0,335	0,435	0,535	0,635	0,735	0,835	0,935	1,035
2	0,145	0,245	0,345	0,445	0,545	0,645	0,745	0,845	0,945	1,045
3	0,155	0,255	0,355	0,455	0,555	0,655	0,755	0,855	0,955	1,055
4	0,165	0,265	0,365	0,465	0,565	0,665	0,765	0,865	0,965	1,065
5	0,175	0,275	0,375	0,475	0,575	0,675	0,775	0,875	0,975	1,075
6	0,185	0,285	0,385	0,485	0,585	0,685	0,785	0,885	0,985	1,085
7	0,195	0,295	0,395	0,495	0,595	0,695	0,795	0,895	0,995	1,095
8	0,205	0,305	0,405	0,505	0,605	0,705	0,805	0,905	1,005	1,105
9	0,215	0,315	0,415	0,515	0,615	0,715	0,815	0,915	1,015	1,115

Контрольная работа №2

Задание 1. Привести структурную схему системы управления адаптивного транспортного робота (ТР) с элементами искусственного интеллекта и описать принцип ее работы. Привести и описать граф-схему алгоритма работы, построенного на базе МП Intel 8086/8088, МПК адаптивного робота. Размер массива целей и препятствий принять равным $16 \times M$, где M – количество 16-разрядных ячеек в массивах. Число M определить в соответствии со своим шифром из табл. 3. Составить граф-схему подпрограммы определения направления перемещения робота, используя заданное в табл. 4 кодирование разрядов оконечной (определяющей положение робота) ячейки массива целей.

Таблица 3

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
М	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Таблица 4

Предпоследняя цифра шифра	Кодирование разрядов 16-разрядной оконечной ячейки массива целей															
	1 шаг с поворотом влево на угол							1 шаг прямо	1 шаг с поворотом вправо на угол							
	7 α	6 α	5 α	4 α	3 α	2 α	$\alpha=12^\circ$		$\alpha=12^\circ$	2 α	3 α	4 α	5 α	6 α	7 α	
0	1	2	3	4	5	6	7	8,9	10	11	12	13	14	15	16	
1	1	2	3	4	5	–	6,7	8,9	10,11	–	12	13	14	15	16	
2	1	2	3	4	–	–	5-7	8,9	10-12	–	–	13	14	15	16	
3	1	2	3	–	–	–	4-7	8,9	10-13	–	–	–	14	15	16	
4	–	1,2	3	4	5	6	7	8,9	10	11	12	13	14	15,16	–	
5	–	–	1-3	4	5	6	7	8,9	10	11	12	13	14	–	–	
													16			
6	1	2	3	4-6	–	–	7	8,9	10	–	–	11	14	15	16	
												13				
7	1	–	–	4	5	6	–	8,9	–	10	–	12	13	–	14	
	3					7				11				–	16	
8	1	–	–	–	5	6	7	8,9	10	11	12	–	–	–	13	
	4													–	16	
9	–	–	–	1-4	5	6	7	8,9	10	11	12	13	–	–	–	
												16				

Задание 2. Построить и описать структурную схему нейрокомпьютерного контроллера адаптивного интеллектуального мобильного робота, структура афферентного синтеза и структура принятия решений которого реализованы на логических схемах замещения формальных нейронов. Выбрать из табл. 6 свой вариант начальной ситуации взаимного расположения робота (Р), цели (Ц) и стационарных препятствий, изображенных в виде черных прямоугольников, во внешней среде (BC). Представить эту ситуацию в виде графовой модели радиально-

концентрического типа, показать на ней оптимальный путь достижения цели, изобразить новую ситуацию во внешней среде после перемещения робота на 1 шаг в выбранном направлении и построить радиально-концентрическую модель этой новой ситуации. При этом считать, что угол обзора сенсорной подсистемы робота равен B градусам. Число B определить в соответствии со своим шифром из табл. 5.

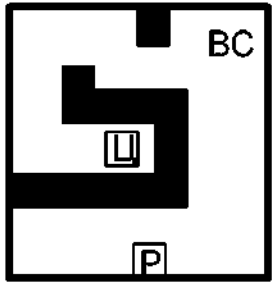
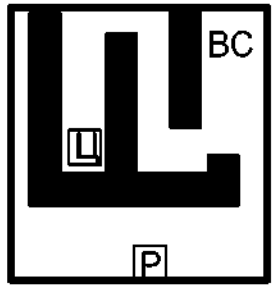
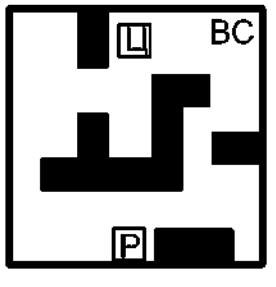
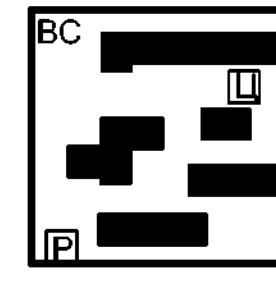
Таблица 5

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B	140	200	150	230	160	190	230	240	250	170

Таблица 6

Предпоследняя цифра шифра	Начальная ситуация в среде	Предпоследняя цифра шифра	Начальная ситуация в среде
0		5	
1		6	
2		7	

Окончание табл.6

3		8	
4		9	

3.3. Теоретический материал, необходимый для выполнения контрольной работы №1

3.3.1. Структура промышленного робота

В соответствии с ГОСТ 25686-85 под промышленным роботом (ПР) понимается стационарная или передвижная автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Основная особенность ПР заключается в том, что он предназначен для совместной работы с другим технологическим оборудованием и, по существу, представляет собой элемент этого оборудования, позволяющий создавать роботизированные технологические комплексы. По этой причине структуру ПР, работающего совместно с некоторым технологическим оборудованием (ТО), можно представить так, как это показано на рис. 1.

Из рис. 1 видно, что в общем случае технологическое оборудование состоит из тех же блоков и устройств, что и ПР. Как и ПР, оно включает в себя блок управления, привод, рабочие органы, которые подобно рабочему органу ПР взаимодействуют с объектом манипулирования. Технологическое оборудование имеет также свои датчики, определяющие положение его рабочих органов, т. е. датчики внутренней информации. Более того, исполнительные устройства, как ТО, так и ПР, управляются ЭВМ. Таким образом, единственное отличие промышленного робота от ТО заключается лишь в том, что он дополнительно содержит антропоморфную исполнительную систему – манипулятор.

Основными составными частями ПР являются манипулятор и устройство управления. В свою очередь, каждая из этих частей включает ряд блоков.

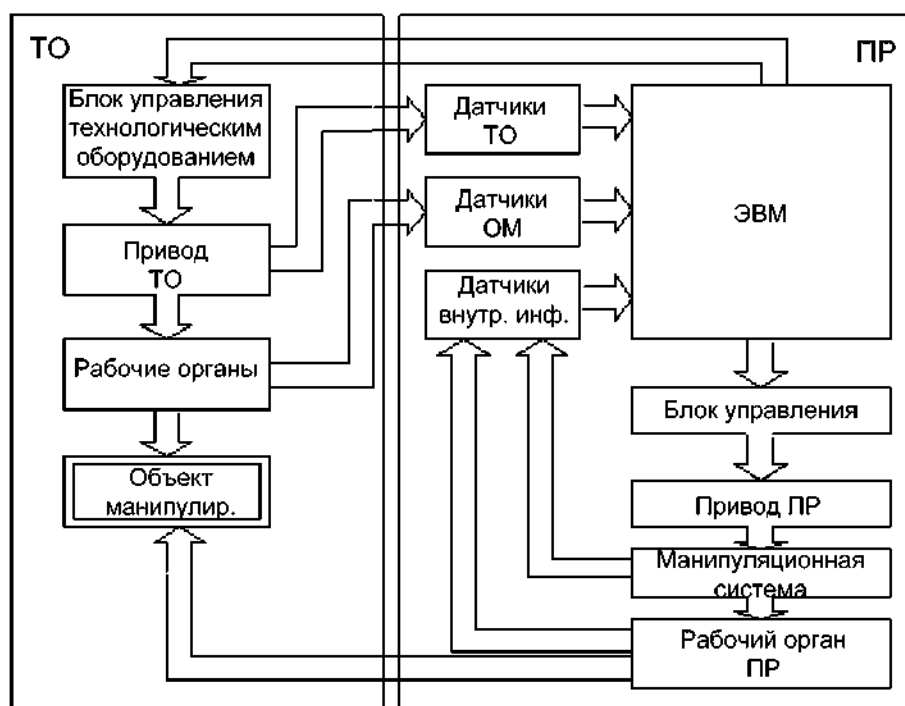


Рис. 1. Структура ПР

Манипулятор помимо собственно манипуляционной системы содержит рабочий орган, привод и устройство передвижения. Та часть устройства управления, которая вырабатывает управляющие сигналы для привода, рабочего органа, устройства передвижения, называется блоком управления.

Последовательность таких управляющих сигналов формируется в ЭВМ на основании программы, предварительно записанной в нее оператором через систему связи, и с учетом сигналов, поступающих от датчиков информационно-измерительной системы.

3.3.2. Элементы манипуляционных систем

Манипуляционная система представляет собой совокупность связанных между собой звеньев, образующих пространственный механизм с разомкнутой кинематической цепью, причем первое звено является основанием манипулятора, а последнее соединено с рабочим органом, непосредственно взаимодействующим с объектом манипулирования.

Под звеном понимается деталь или совокупность деталей, которые в процессе перемещения остаются жесткими, т. е. не изменяют размеров и формы.

Первое неподвижное звено манипуляционной системы называется стойкой или основанием.

Соединение двух соприкасающихся звеньев, допускающее их относительное движение, называют кинематической парой или просто парой.

Отдельное звено, как абсолютно твердое тело, имеет 6 степеней свободы: 3 независимых поступательных движения в направлении осей X, Y, Z. и 3 вращательных относительно их движения, определяемых углами Эйлера γ , θ , φ .

Совокупность линейных и полярных координат $x, y, z, \gamma, \theta, \varphi$ называется обобщенными координатами.

В свою очередь, минимальное количество обобщенных координат, полностью определяющих положение и возможные направления движения тела, называют числом его степеней свободы, или степеней подвижности.

3.3.3. Состав, классификация и краткая характеристика приводов промышленных роботов

Под приводом промышленных роботов понимается совокупность технических средств, предназначенных для приведения в движение всех звеньев манипуляционной системы и схвата рабочего органа в соответствии с требованиями производственного процесса.

В общем случае привод состоит из энергоустановки (преобразователя энергии) двигателей, передаточных механизмов и блока управления двигателями. Из устройства управления ПР на привод подаются командные сигналы (КС), а от звеньев манипулятора поступают сигналы обратной связи (ОС).

Основными параметрами привода являются: мощность, быстродействие и точность отработки командных сигналов. Для выбора того или иного привода при конструировании ПР наиболее существенным является вид энергоносителя. Поэтому одна из распространенных классификаций приводов основана на этом признаке. Характеризуя основные типы приводов, отметим следующее.

Пневматический привод прост, дешев и надежен. Отличается высоким быстродействием, но имеет серьезный недостаток, связанный с плохой управляемостью из-за используемого типа энергоносителя. Воздух сжимаем. Это затрудняет точное позиционирование по многим точкам рабочей зоны. Обычно позиционирование по каждой степени свободы производят в крайних точках и осуществляют его путем использования специальных тормозных устройств. Грузоподъемность ПР с пневмоприводом невелика (до 20 кг). Однако благодаря своим достоинствам этот тип привода получил широкое распространение. Как показывает статистика, 40–50 % мирового парка роботов используют пневмопривод.

Гидравлический привод сложен и дорог, но весьма эффективен для тяжелых и сверхтяжелых роботов. Он хорошо управляем, так как используемая в качестве энергоносителя жидкость несжимаемая. Поэтому легко обеспечивается позиционирование по многим точкам рабочей зоны, а

также контурное управление. Последнее обстоятельство обеспечивает применение гидропривода и в роботах со средней грузоподъемностью. Такой привод используется примерно в 30 % ПР мирового парка.

Электропривод имеет хорошую управляемость, простой подвод энергии, удобен в эксплуатации, но распространён меньше – всего лишь у 20 % ПР мирового парка. Причина сравнительно малого распространения электропривода заключается в том, что его массогабаритные характеристики хуже, чем у пневмо- и гидроприводов.

Комбинированный привод применяется в ПР менее часто, так как усложняет конструкцию и обслуживание робота, а также снижает надежность его работы.

3.3.4. Рабочие органы промышленных роботов

Рабочий орган промышленного робота представляет собой составную часть манипулятора, предназначенную для взаимодействия с объектами манипулирования или непосредственного выполнения технологических операций.

Рабочие органы делятся на захватывающие устройства и технологические инструменты. Причем технологические инструменты, как правило, не берутся захватами, а крепятся к манипулятору вместо них и представляют собой часть технологической оснастки. Поэтому сразу перейдем к рассмотрению основных типов захватывающих устройств (ЗУ).

Вакуумные ЗУ применяются для переноса деталей с ровными поверхностями и выполняются в виде вакуумных камер присосов. Камера крепится к кисти руки манипулятора при помощи шарнира. Захватывание и удержание детали осуществляется силой атмосферного давления $P_a > P_p$. Деталь может быть выполнена из любого материала. При манипулировании она не царапается.

Электромагнитные ЗУ используются для переноса деталей из ферромагнитных материалов. Захватывание и удержание объектов манипулирования обеспечивается электромагнитами. Такие ЗУ обладают большой силой притяжения на единицу площади и высоким быстродействием. Кроме того, они позволяют переносить фасонные объекты – с ребрами, резьбой и т. п. Их недостаток в ограниченности материалов деталей, а также в нагревании деталей от катушек электромагнита в остаточной намагниченности объектов манипулирования.

Механические неприводные ЗУ наиболее просты. Они выполняются в виде клещей, цанг, крюков и не предполагают для захвата, удержания и освобождения деталей каких-либо специальных управляющих сигналов. Подобные ЗУ применяются при больших количествах деталей малых масс и габаритов, в частности при складировании труб. Их недостаток состоит в возможности повреждения поверхности предметов манипулирования, а также в возможности повреждения самого захвата при захватывании и освобождении деталей.

Механические приводные ЗУ помимо собственно захватывающих и зажимающих элементов включают также приводные устройства. Наиболее распространены клещевые приводные ЗУ с пневмо – или гидроприводом в захвате. Конструкция одного из таких ЗУ приведена на рис. 2.

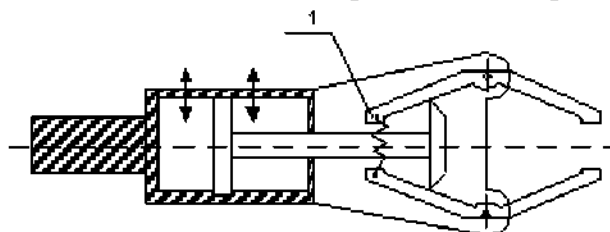


Рис. 2. Клещевое приводное ЗУ с пневмо - или гидроприводом

В исходном состоянии губки под действием пружины 1 разжаты. При зажимании поршень идет влево и сводит губки, а при разжимании он перемещается вправо.

3.3.5. Функциональные особенности осязательных манипуляционных роботов

Прежде всего отметим, что манипуляционные роботы можно разделить на неосознательные и осязательные. Основным преимуществом неосознательных манипуляционных роботов является их простота, а недостатком – относительно низкая производительность.

Указанного недостатка лишены осязательные манипуляционные роботы за счет сокращения суммарного времени выполнения каждого цикла, которое достигается введением в структуру робота дополнительных датчиков. Уменьшение времени выполнения цикла, в свою очередь, ведет к увеличению производительности промышленного робота.

При этом использование датчиков в структуре ПР позволяет не только повысить его производительность, но и улучшить эксплуатационные характеристики за счет обеспечения возможности применения более удобного в эксплуатации электропривода.

В то же время использование электропривода связано с тем, что энергия двигателя используется нерационально. Действительно, чем выше скорость работы робота, тем большую энергию потребляет двигатель при перемещении руки. Одновременно с этим увеличивается та кинетическая энергия, которую необходимо гасить демпферами упоров. Нагрузка на упоры возрастает. Могут возникать колебания руки в точках позиционирования. Для устранения этих колебаний необходимы дополнительные меры.

Ситуация несколько упрощается, если использовать дистанционные бесконтактные датчики, т.е. такие датчики (индуктивные, емкостные, ультразвуковые), которые срабатывают до соприкосновения фиксатора руки с упором. При этом двигатель выключается с упреждением и некоторое

время рука движется по инерции, ослабляя тем самым воздействие на соответствующий демпфер.

Однако расстояние, на котором работают бесконтактные датчики, ограничено. Одним из методов устранения отмеченных трудностей использования электропривода в цикловых ПР может служить применение рекуператоров механической энергии. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

3.3.6. Структурная схема простейшего промышленного робота с рекуператором

Структурная схема простейшего ПР с рекуператором имеет вид, показанный на рис. 3.

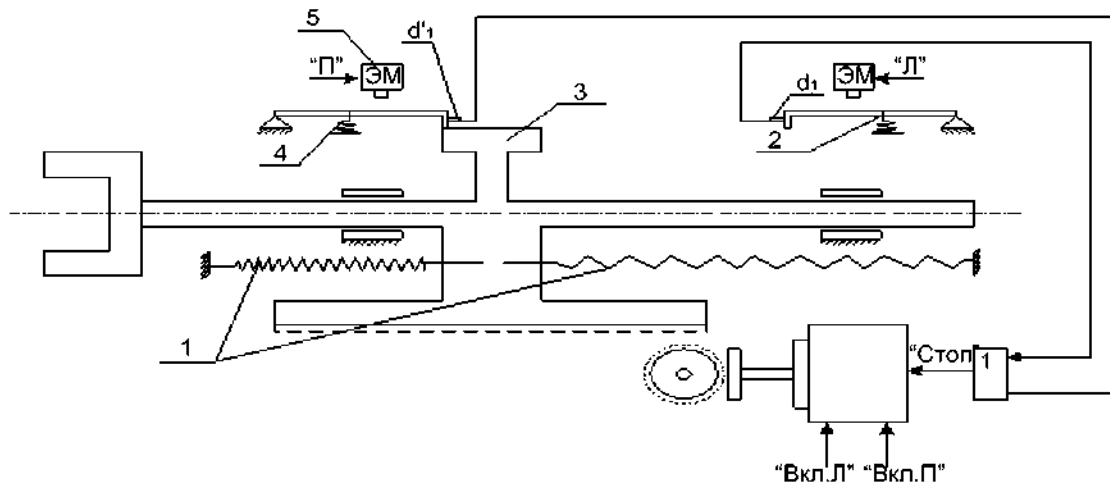


Рис 3. Структурная схема простейшего ПР с рекуператором

В качестве рекуператоров здесь используются пружины 1, запасующие энергию при перемещении подвижного звена. Фиксация положения руки в двух крайних точках осуществляется при помощи подвижных кронштейнов 2, приходящих в зацепление с выступами фиксатора 3.

В исходном состоянии каждый из кронштейнов 2 под действием пружины 4 занимает нижнее положение и тем самым удерживает руку за соответствующий выступ головки фиксатора. Сигналы начала движения подаются при этом не на входы двигателя, а на входы электромагнитов 5. Каждый из двух электромагнитов (ЭМ) содержит обмотку, сердечник и якорь. Причем в качестве якорей служат подвижные кронштейны, расположенные по отношению к сердечникам ЭМ так, что при срабатывании электромагнита соответствующий кронштейн притягивается к его сердечнику, идет вверх и освобождает тем самым фиксатор руки. Работает ПР с рекуперацией энергии следующим образом.

Пусть в исходном состоянии рука занимает крайнее левое положение. Левая пружина при этом сжата, а правая растянута и стремится переместить руку вправо. Однако левый кронштейн удерживает её в исходном состоянии.

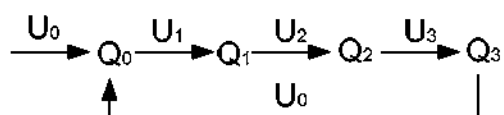
Единичный сигнал начала перемещения вправо поступает на обмотку левого ЭМ.

При срабатывании электромагнита левый кронштейн идет вверх, освобождает фиксатор и рука под действием сжимающейся правой пружины движется вправо. Следует иметь в виду, что потенциальная энергия сжимающейся пружины расходуется не только на преобразование в кинетическую энергию движения руки, но и на преодоление сил трения, а также на растягивание правой пружины. Поэтому после прохождения точки равновесия рука будет тормозиться. Если не принять специальных мер, то фиксатор 3 не дойдет до правого кронштейна и рука не зафиксируется в крайнем правом положении. В качестве такой специальной меры используется включение двигателя на довольно короткое время Δt_D через время Δt , прошедшее после поступления единичного сигнала "П" начала перемещения.

Под действием работающего на временном интервале Δt_D двигателя рука доходит до правого кронштейна и фиксируется им в крайнем положении. В момент касания фиксатора с кронштейном, или немного раньше, срабатывает датчик очувствления, и единичный сигнал с его выхода отключает двигатель. Перемещение закончилось. Теперь левая пружина растянута и тянет руку влево. Правая пружина сжата, а правый кронштейн удерживает фиксатор в правом положении. Такое состояние ПР сохраняется до поступления сигнала "Л" перемещения влево. Данное перемещение осуществляется аналогично описанному, но происходит в обратном направлении и заканчивается фиксацией руки в крайнем левом положении.

3.3.7. Циклограмма работы очувствленного промышленного робота

Пусть манипуляционный робот должен работать в соответствии со следующей циклограммой:



переходя из одного состояния в другое под действием управляющих сигналов U_i , и должен решать задачу снятия детали с некоторого подающего устройства и сбрасывать их в бункер.

В исходном состоянии Q_0 рука выдвинута, губки схвата разведены. С поступлением управляющего сигнала "Пуск" последовательность состояний, определяемая циклограммой, начинает циклически изменяться. Причем в состоянии Q_1 рука выдвинута вперед, схват раскрыт; в состоянии Q_2 рука выдвинута вперед, схват сведен; в состоянии Q_3 – рука вдвинута, схват сведен.

Предполагается, что с приходом в состояние Q_1 рука достигает подающее устройство так, что снимаемая деталь вводится этим устройством в пространство между губками схвата. Губки при этом сводятся до тех пор, пока не захватят деталь. Если деталь в схват не попала, то губки разводятся,

некоторое время остаются в разведенном состоянии и сводятся. Такие "хватательные" движения происходят до тех пор, пока деталь не окажется в схвате. В момент захвата срабатывает датчик очувствления, рука вдвигается, схват разжимается и деталь падает в находящийся под ним бункер.

3.3.8. Микропроцессорное управление в структуре ячеек роботизированных комплексов

В качестве примера рассмотрим роботизированную технологическую ячейку, представленную на рис. 4. Эта ячейка состоит из технологического оборудования ТО, транспортного робота ТР и промышленного робота ПР, управляемого микропроцессорным контроллером МПК, построенным на основе МП КР580ВМ80А. Как видно из рис. 4, контроллер управляет не только звеньями манипуляционной системы ПР, но и служит для согласования его работы с работой ТО и ТР, т.е. управляет согласованной работой всей РТЯ. По этой причине МПК содержит 3 порта вывода П1, П2, П3. Ввиду того, что в каждом из этих портов используется не более трех двоичных разрядов, на рис. 4 изображены лишь левые их половины ($1/2$ П1, $1/2$ П2, $1/2$ П3).

Оборудование РТЯ имеет очувствление, включающее датчики d_1 , d_2 , d_3 . Для приема информации от датчиков и ввода её в процессор МПК используются порты ввода ПВ2, ПВ3, ПВ4. Порт ввода ПВ1 применяется для хранения сигналов "Пуск", "Стоп".

Датчик d_1 контролирует наличие на рабочей позиции в РТЯ транспортного робота ТР. Он срабатывает ($d_1 = 1$) в тот момент, когда ТР занимает требуемое положение и остается в единичном состоянии до тех пор, пока транспортный робот не покинет РТЯ. Этот датчик имеет 2 чувствительных элемента, расположенных в фиксаторах Φ_1 , Φ_2 роботизированной ячейки. Выходы чувствительных элементов соединены с входами первой схемы совпадения $\&_1$. По этой причине сигнал $d_1 = 1$ на выходе $\&_1$ может появиться тогда и только тогда, когда одновременно срабатывают фиксаторы Φ_1 , Φ_2 . Текущее значение состояний датчика d_1 записывается в порт ввода ПВ2 и используется контроллером для формирования соответствующих управляющих воздействий. Датчик d_2 сигнализирует о появлении на выходе ТО очередной детали, т.е. той детали, которую ПР должен перенести в бункер ТР. Выход d_2 соединен с портом ввода ПВ3 так, что состояние второго датчика постоянно фиксируется ПВ3.

Датчик d_3 срабатывает тогда и только тогда, когда переносимая ПР деталь находится в схвате и надежно удерживается в нем. Чувствительные элементы этого датчика расположены на внутренних поверхностях губок схвата и своими выходами соединены с входами схемы совпадения $\&_2$. Выход конъюнктора $\&_2$ подключен к входу ПВ4 и, следовательно, состояние датчика d_3 постоянно фиксируется в порте ввода ПВ4.

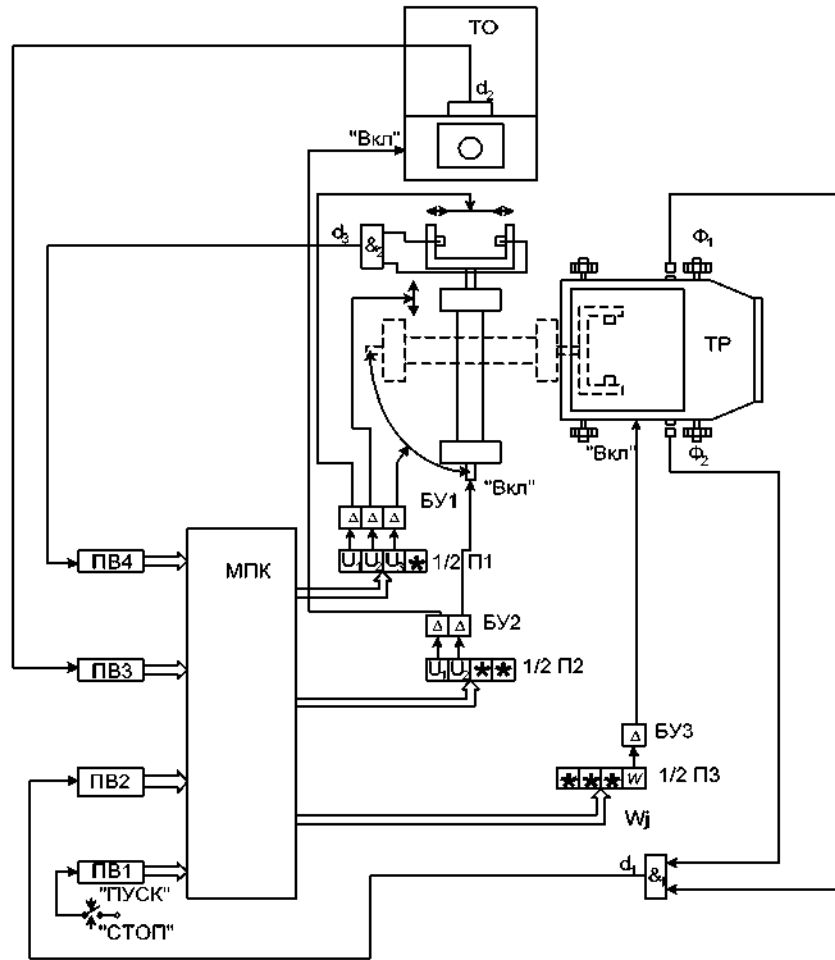


Рис. 4. Структура роботизированной технологической ячейки

Отметим, что ТО и ТР, как правило, имеют собственные системы управления СУ, которые включаются при поступлении единичных сигналов на их входы "Вкл." Запуск ПР также осуществляется путем подачи единичного сигнала на его вход "Вкл." После включения ТО на его выходе периодически появляются готовые детали. Включение ПР приводит к тому, что робот начинает циклически снимать детали с выхода ТО и переносить их в бункер неподвижного ТР. Включение системы управления транспортного робота означает отъезд ТР из РТЯ, его автоматическое движение к пункту выгрузки деталей, собственно выгрузку и возвращение на рабочую позицию в РТЯ. После срабатывания фиксаторов система управления ТР должна отключаться, а сам ТР должен находиться в неподвижном состоянии до прихода следующего сигнала включения его СУ.

Важным при этом является то, что показанный на рис. 4 МПК одновременно выполняет функции контроллера как промышленного робота, так и РТЯ в целом. Он должен не только управлять работой оцувствленного ПР рассмотренным в подразд. 3.3.7 способом (датчики оцувствления ПР, кроме d_3 , и соответствующие порты ввода на рис. 4 опущены), но и осуществлять координацию его перемещений в соответствии с действиями остального оборудования ячейки. По этой причине он должен одновременно формировать 3 управляющих вектора: вектор $u = [u_1, u_2, u_3]$ управления

состояниями $Q = [q_1, q_2, q_3]$ промышленного робота, вектор $V = [v_1, v_2]$ управления включением-выключением ТО и ПР, а также вектор $W = [w]$ включения-выключения системы управления ТР. Очевидно, что необходимость организации взаимодействия оборудования РТЯ не может не влиять на программирование контроллера. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

3.3.9. Программирование микропроцессорного контроллера роботизированной ячейки

Пусть необходимо запрограммировать МПК так, чтобы рассматриваемая РТЯ работала в соответствии со следующим алгоритмом.

1. В исходном состоянии система управления ТО выключена, ПР выключен, система управления ТР выключена. Заранее задано количество деталей N , которое необходимо поместить в бункер ТР, и введен параметр L , определяющий текущее количество деталей в бункере. В исходном состоянии $L = 0$.

2. Если $d_1 = 1$, то система управления ТР выключается, включается ПР, СУ, ТО и осуществляется переход на следующий шаг алгоритма. В противном случае происходит возврат на шаг 1 и РТЯ ждет прихода и фиксации ТР.

3. Если $d_2 = 1$, то ПР выполняет цикл съема и переноса очередной детали с ТО в бункере ТР. Параметр L при этом увеличивается на единицу ($L = L + 1$) и осуществляется переход на следующий шаг. В противном случае, т.е. когда $d_2 = 0$, ПР находится в исходном состоянии и ждет срабатывания датчика d_2 .

4. Если $L = N$, то ПР останавливается, СУ ТО выключается, включается СУ ТР и осуществляется переход на следующий шаг данного алгоритма. В противном случае, т.е. когда $L < N$, осуществляется возврат на шаг 3.

5. Если поступила команда “Стоп”, то осуществляется отключение оборудования ячейки. В том случае, когда этой команды нет, а в ПВ1 находится код команды “Пуск”, происходит переход на шаг 2 и все описанные действия повторяются.

Граф-схема программы МПК, построенного на основе МП КР580ВМ80А и реализующего данный алгоритм, приведена на рис. 5. Цепочка операторов 2 – 5 этой граф-схемы используется для перевода оборудования РТЯ в исходное состояние. Далее осуществляется проверка условия вершины 6. Если условие $d_1 = 0$ выполнено, то исходное состояние остается неизменным. При нарушении условия 6 операторами 7, 8 в порт вывода П2 заносится соответствующее значение вектора V . Для определенности положим, что вектор V формируется в соответствии с табл. 7, вектор W определяется по табл. 8, а последовательность управляющих векторов u_j , изменяющих и фиксирующих состояния Q_j ПР при переносе

деталей из ТО в ТР, формируется в соответствии с циклограммой, рассмотренной выше.

После занесения в П2 соответствующего значения вектора V управление передается операторной вершине 9, в соответствии с которой в счетчик E заносится значение N . Далее проверяется условие 10. В случае его выполнения ПР ждет появления детали на выходе ТО. В момент появления детали условие $d_2 = 0$ нарушается и управление передается вершине 11. При этом осуществляется вызов подпрограммы работы ПР, формирующей требуемую последовательность векторов u_j .

После завершения подпрограммы *CALL* 1 оператор 12 осуществляет вычитание единицы из содержимого счетчика E . Если результат вычитания не равен нулю, то условная вершина 13 производит переход на метку М4. Работа цепочки операторов 10, 11, 12 повторяется до тех пор, пока не выполнится условие $E = 0$. При выполнении этого условия операторы 14, 15 осуществляют загрузку в порт вывода ПЗ значения вектора $V = 10N$ в соответствии с табл. 7. Следующий оператор 16 проверяет наличие сигнала “Стоп”. Если такой сигнал поступил, то программа идет на конец. В противном случае управление переходит на цепочку операторов 17, 18, которые реализуют временную задержку на то время Δt_{TP} , которое необходимо транспортному роботу для выезда из пределов РТЯ.

Таблица 7

Состояние порта вывода	Состояние порта ввода	1	2	3	4	5	6	7	8	$V_{(16)}$
		v_1	v_2	*	*	*	*	*	*	
П2	ПВ1=0	0	0	0	0	0	0	0	0	00
	ПВ1=1	1	1	0	0	0	0	0	0	С0

Таблица 8

Состояние порта вывода	Значение К	1	2	3	4	5	6	7	8	$W_{(16)}$
		*	*	*	w	*	*	*	*	
ПЗ	$K > N$	0	0	0	0	0	0	0	0	00
	$K = N$	0	0	0	1	0	0	0	0	10

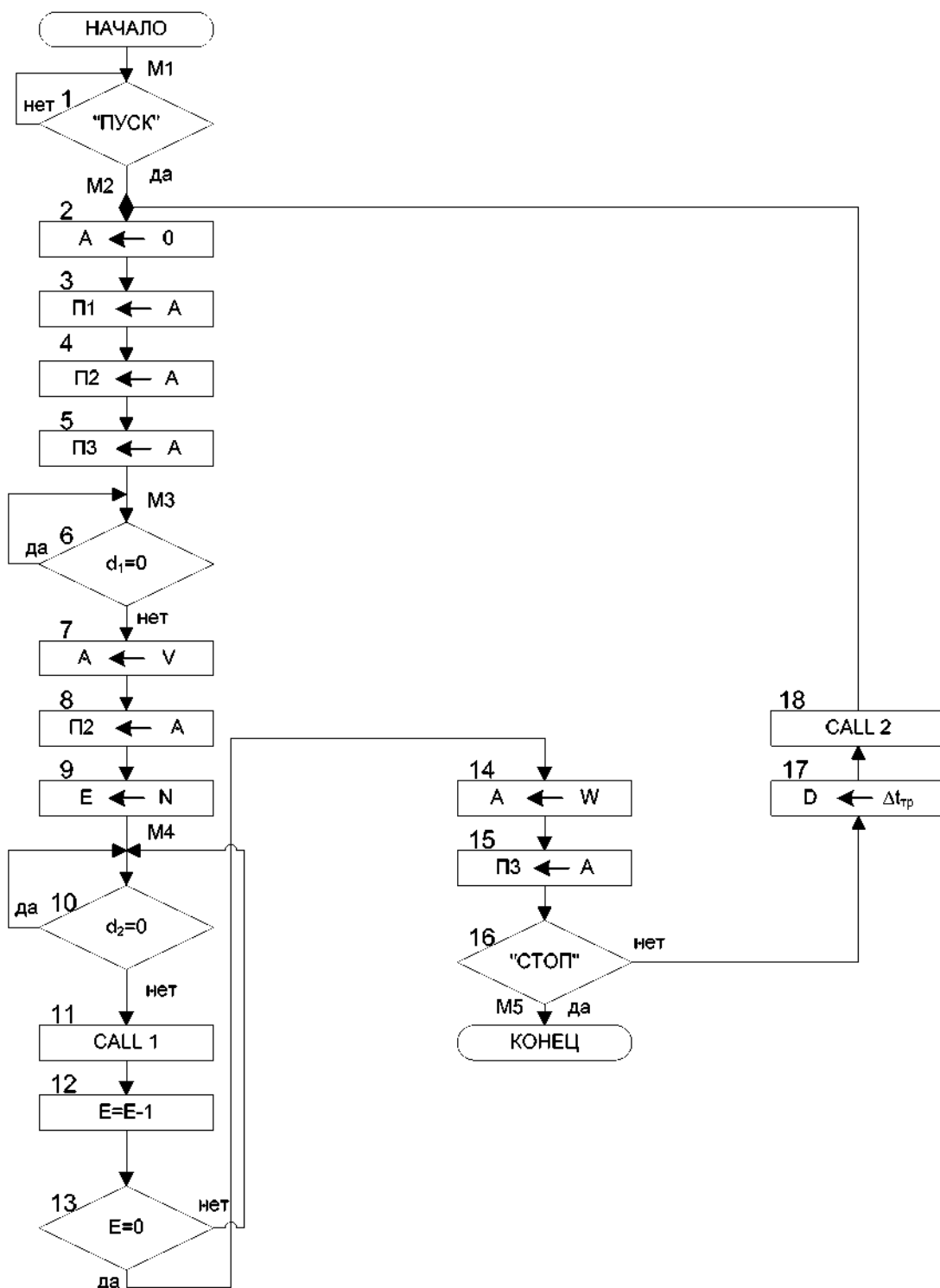


Рис. 5. Граф - схема программы управления роботизированной ячейкой

После окончания подпрограммы задержки *CALL 2* операторная вершина 18 передает управление на метку M2. Технологическое оборудование и промышленный робот при этом переходят в исходное состояние и остаются в нем до возвращения ТР. После прихода и фиксации положения ТР в РТЯ условие вершины 6 нарушается, осуществляется переход к вершине 7, и все описанные действия повторяются.

3.3.10. Организация подпрограммы задержки

Граф-схема подпрограммы задержки, ориентированная на МП КР580ВМ80А, может иметь вид, показанный на рис.6. Эта граф-схема составлена в предположении, что в регистре D хранится двоичная величина, равная Δt_j , а в регистровую пару HL заносится такое число $R_{(16)}$, при котором время работы МП по внутреннему циклу подпрограммы задержки точно равно заранее выбранной единице измерения времени, например 1 мкс. Число $R_{(16)}$ рассчитывается при этом следующим образом.

Пусть время выполнения подпрограммы от операторной вершины 2 граф-схемы рис.6 до условной вершины 5 той же граф-схемы составляет τ_{MKS} (это время можно вычислить на основе данных о количестве тактов, необходимых процессору для выполнения каждой команды, например для МП Intel8086 эти данные приведены в [13]), а время выполнения операторов 1, 6, 7 составляет τ'_{MKS} . Тогда для достижения равенства

$$r_{(10)} \tau_{MKS} + \tau'_{MKS} = 10^3_{MKS} = 1 \text{ мкс.} \quad (1)$$

необходимо выполнить R внутренних циклов подпрограммы. Шестнадцатеричное число $R_{(16)}$ определяется из соотношения

$$R_{(16)} = r_{(10)} = (10^3 - \tau') / \tau. \quad (2)$$

Если окажется, что требуемая единица измерения задержек Δt_j настолько велика, что рассчитанное в соответствии с (2) число $R_{(16)} > FFFF_{(16)}$, где $FFFF_{(16)}$ – максимально возможное для регистровой пары HL шестнадцатеричное число, то следует найти еще одно число $P_{(16)}$, удовлетворяющее равенству

$$P_{(16)} = R_{(16)} - FFFF_{(16)}, \quad (3)$$

и построить подпрограмму задержки в соответствии с граф-схемой, показанной на рис.7.

Вначале эта подпрограмма описанным способом выполняет $FFFF_{(16)}$ циклов, т.е. в HL загружено число $FFFF_{(16)}$. После выполнения условия $(A) = 0$ условная вершина 7 осуществляет проверку на ноль содержимого регистра В. Ввиду того, что в данном случае условие $(B) = 0$ выполняется, то в HL загружается число $P_{(16)}$, изменяется содержимое регистра В (содержимое регистра В увеличивается на единицу) и подпрограмма переходит на метку М2.

После этого к уже выполненным $FFFF_{(16)}$ внутренним циклам начинают добавляться еще $P_{(16)}$ циклов. В момент окончания данного процесса вновь выполняется условие $(A) = 0$. Однако следующее за ним условие $(B) = 0$ теперь не выполняется и управление по этой причине передается на операторные вершины 10, 11, которые проверяют условие $(D) = 0$. Если $(D) \neq 0$, подпрограмма переходит на метку М1 и описанный процесс обработки

$R_{(16)} = FFFF_{(16)} + P_{(16)}$ внутренних циклов повторяется. Подпрограмма задержки будет работать до тех пор, пока содержимое счетчика D не обратится в ноль. При выполнении равенства $(D) = 0$ подпрограмма оканчивает свою работу.

Следует отметить, что при небольших $P_{(16)}$ можно использовать и первую граф-схему (рис.6), но в последовательность операторов 2, 3, 4, 5 при этом необходимо ввести дополнительные буферные команды, например команды пересылки из некоторого свободного регистра общего назначения (РОН) в некоторую ячейку оперативной памяти и обратно. Иными словами, это должны быть такие команды, которые, не меняя сути выполнения подпрограммы задержки Т1, приводили бы к требуемому увеличению времени выполнения внутреннего цикла.

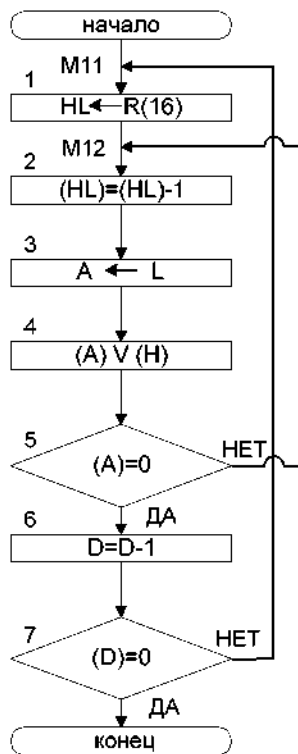


Рис. 6. Граф-схема для короткого цикла задержки

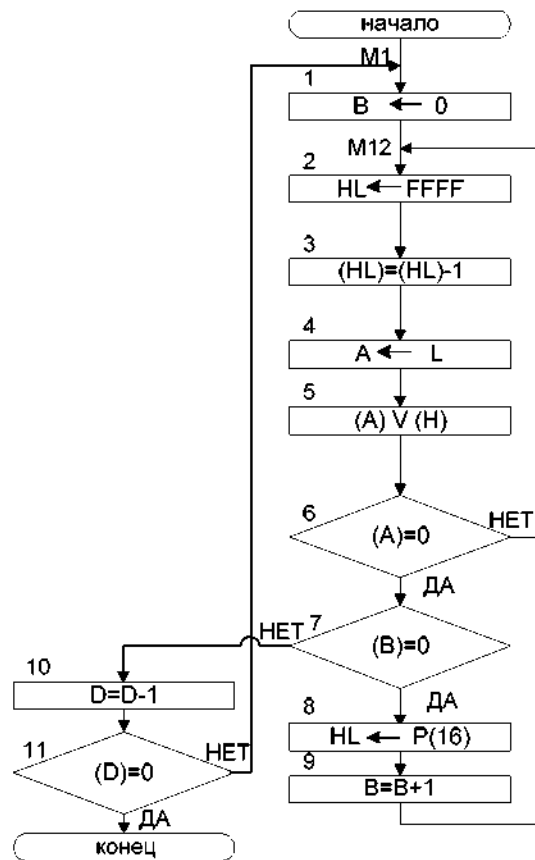


Рис.7 Граф-схема для длинного цикла задержки

3.4. Вопросы для самопроверки по контрольной работе №1

После выполнения контрольной работы №1 студенту необходимо ее защитить. При этом защита проходит с использованием специализированной программной среды, проверяющей знания студента при помощи вопросов, охватывающих теоретический и практический материал контрольной работы.

Ниже приведены примеры некоторых из вопросов.

1. С чем соединяется привод ТО?
2. В чем состоит основная особенность ПР?
3. Как называется универсальный агрегатный узел, обладающий функциональной полнотой и конструктивной завершенностью?
4. На вход какого блока ТО подаются управляющие воздействия с выхода ЭВМ ПР ?
5. Куда подаются воздействия с рабочего органа ПР?
6. Какое действие выполняется в первом пункте алгоритма функционирования РТЯ ?
7. Какое действие выполняется во втором пункте алгоритма функционирования РТЯ ?

3.5. Теоретический материал, необходимый для выполнения контрольной работы №2

3.5.1. Метод адаптивного управления интеллектуальными роботами

Метод адаптивного управления интеллектуальными мобильными роботами можно сформулировать следующим образом.

В процессе взаимодействия с априори неформализованной внешней средой, в системе управления роботом периодически, перед каждым элементарным действием его исполнительной подсистемы, воспроизводится план среды, формируемый при помощи сенсорной подсистемы. Этот план отображает взаимное расположение цели, препятствий, робота и свободных для движения участков среды с учетом трудности их преодоления.

Изобразим дискретную модель внешней среды робота (\overline{W}_1) в виде графа G . Для этого разобьем внешнюю среду S на дискретные участки ΔS_j и каждому такому участку поставим в соответствие вершину \overline{U} графа G . Вершины, соответствующие соседним участкам, соединим ребрами. В результате получим модель \overline{W} в виде плоского однородного графа $G(\overline{U}, Q)$, где \overline{U} – множество вершин \overline{U}_j , Q – множество ребер, связывающих вершины, соответствующие соседним участкам внешней среды.

Шаблон соседства графа $G(\overline{U}, Q)$, т.е. множество вершин, инцидентных одной вершине, зависит от формы тех участков, на которые разбивается внешняя среда.

Возможна дискретизация среды на 6-угольники, 8-угольники и т.п.

В дальнейшем будем считать, что внешняя среда S разбита на квадраты ΔS_j , каждый из которых отображается в соответствующую вершину графовой модели $G(\overline{U}, Q)$ (рис. 8).

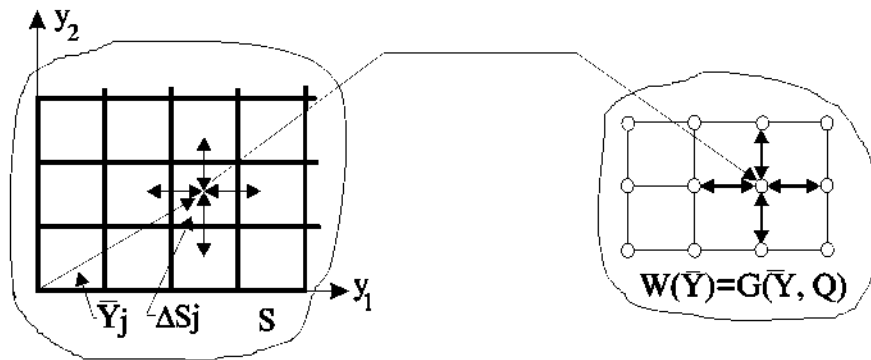


Рис. 8. Дискретизация внешней среды по четырехточечному шаблону

Если некоторый участок ΔS_j свободен для движения ИР, будем обозначать его светлой вершиной, если занят – темной, а если он является целевым, то обозначим его двойным кружком.

Тогда конфигурация графовой модели внешней среды может иметь вид, показанный на рис. 9, где через $\bar{Y}_{цi}$ обозначена вершина, определяющая положение цели, а через $\bar{Y}_{пi}$ и $\bar{Y}_{сi}$ – вершины, определяющие положение участков, занятых препятствиями и свободных участков.

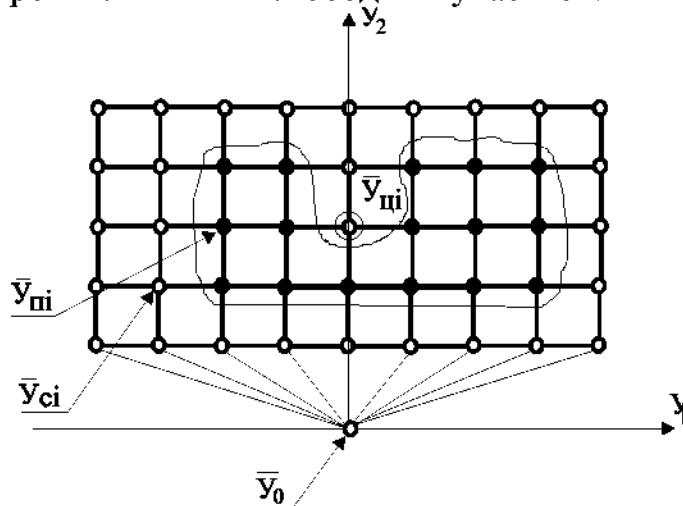


Рис. 9. Конфигурация графовой модели внешней среды

Далее на сформированном плане отыскивается градиент функционала, определяемого множеством возможных траекторий достижения цели. Подробно процесс его отыскания описан в [1]. После этого формируется и обрабатывается вектор элементарного перемещения в среде, направленный вдоль вектора антиградиента функционала, найденного на плане среды в системе управления робота.

3.5.2. Микропроцессорное управление интеллектуальными роботами

При построении микропроцессорного контроллера для управления интеллектуальным роботом (ИР) необходимо учитывать то обстоятельство, что для битовой обработки графовой модели \bar{W}_i , содержащей значения вершин 0, 1, 2, необходимо ее представлять в виде двух бинарных массивов. Первый

1. В массиве цели определяется адрес той ячейки, в которой находится целевая единица и из этой ячейки делается шаг вверх, вниз, вправо и влево (правила, подобные тем, что используются в игре в “Восемь”).
2. Производится конъюнкция элементов массива $M_{цi}$ и $M_{пi}$.
3. Каждая из оставшихся после конъюнкции в массиве $M_{ц}$ единиц снова распространяется на один шаг вверх, вниз, вправо и влево.
4. Вновь осуществляется конъюнкция массивов $M_{ц}$ и $M_{п}$.
5. Описанные действия продолжают до попадания первой единицы в нижнюю ячейку Y_0 массива $M_{ц}$, отождествляемую с местоположением $X_{pi} = Y_0$ робота в среде.
6. Номер единичного разряда в ячейке Y_0 определяет направление вектора u_i^{opt} .
7. После выполнения шага ΔX_{pi} в направлении $u_i = u_i^{opt}$ определяется новое содержимое массивов ($M_{ц(i+1)}, M_{п(i+1)}$) и осуществляется переход на шаг 1.

3.5.3. Нейросетевое моделирование поведения интеллектуального робота

Суть нейросетевого подхода к решению рассматриваемой задачи управления ИР состоит в том, что графовая модель \bar{W}_i строится в виде нейросети, процессы в которой самопрограммируются под влиянием воспринимаемой из внешней среды информации. Вычислительные процессы в нейросети во многом подобны нейронным процессам в мозге.

Поясним данное обстоятельство на конкретном примере (рис. 11). Сеть НС в данном случае состоит из 45 - процессорных нейроэлементов $НЭ_j$ ($j=1\div 45$). Каждый элемент $НЭ_j$ отображает состояние соответствующего ему участка ΔS_j среды S . Дополнительный элемент $НЭ_0$ отображает положение Y_0 робота. Система координат является радиальной и связана с корпусом ИР. Нейросеть отображает внешнюю среду в той же системе координат.

Пусть сенсорная система робота построена так, что осуществляет классификацию участков внешней среды по алгоритму:

$$\bar{L}(\bar{Y}_i) = \begin{cases} 0, & \text{если } Y_i \in \{\bar{Y}_{pi}\}; \\ 1, & \text{если } Y_i \in \{\bar{Y}_{ci}\}; \\ 2, & \text{если } Y_i \in \{\bar{Y}_{цi}\}. \end{cases}$$

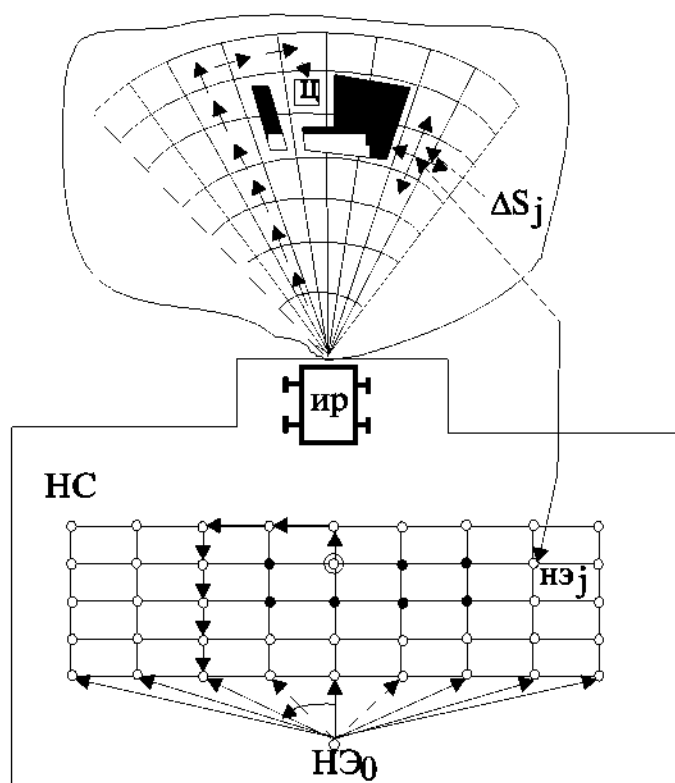
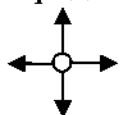


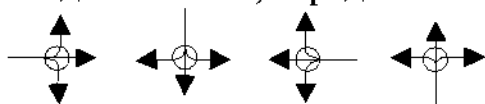
Рис.11. Отображение конфигурации внешней среды в нейросетевой системе управления МР

В момент времени t_i каждый элемент $НЭ_j$ находится во взаимно - однозначном соответствии с единственным участком внешней среды ΔS_j и выполняет следующие операции:

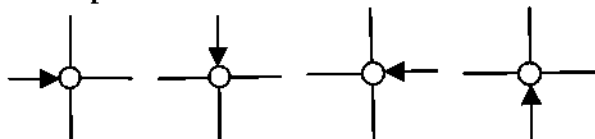
1. Если $\bar{Y}_{ji} \in \{\bar{Y}_{ц}\}$, то $НЭ_j$ генерирует выходные сигналы во всех определяемых шаблоном соседства направлениях:



2. Если $\bar{Y}_{ji} \in \{\bar{Y}_{сi}\}$, то соответствующий $НЭ_j$ открыт и проводит любой входной сигнал, передавая его на связанные с ним другие $НЭ$:



3. Если $\bar{Y}_{ji} \in \{\bar{Y}_{пi}\}$, то соответствующий $НЭ_j$ закрыт и осуществляет блокирование входных сигналов по всем направлениям:



В качестве элемента собственного положения $НЭ_0$ используется многостабильный триггер, содержащий N входов и N выходов (в данном случае $N=9$). Многостабильный триггер воспринимает и фиксирует только

первый сигнал, поступивший на его входы. Остальные входные сигналы игнорируются.

Работу нейросети, состоящей из НЭ_j и НЭ₀, можно описать следующим образом. Окружающая робот внешняя среда воспринимается сенсорной системой и представляется ею в виде значений функции $\bar{L}(\bar{Y}_i)$. Значения $\bar{L}(\bar{Y}_i)$, в свою очередь, отображаются в соответствующие процессоры НЭ_j и тем самым настраивают их так, чтобы свободным участкам среды соответствовали открытые НЭ_j, запрещенным – закрытые, а целевому – генерирующий НЭ_j.

Сигналы с выхода генерирующего НЭ_j распространяются по сети в виде волны, обтекающей заблокированные элементы. Процессор НЭ₀ фиксирует то направление, по которому пришел первый сигнал. Очевидно, что этот сигнал прошел по кратчайшей траектории T_i^{opt} , а направление, по которому он поступил в НЭ₀, соответствует $u_i^{opt} = u_i$.

Именно в этом направлении ИР перемещается в среде на один шаг со скоростью $V_i = \rho u_i$.

После окончания перемещения сенсорная система воспринимает новое расположение препятствий и цели относительно робота. Описанные действия продолжаются до достижения роботом целевого объекта.

3.5.4. Нейросетевая система управления интеллектуального робота

Структура одной из простейших нейросетевых систем управления интеллектуального мобильного робота может быть представлена в виде схемы, показанной на рис.12.

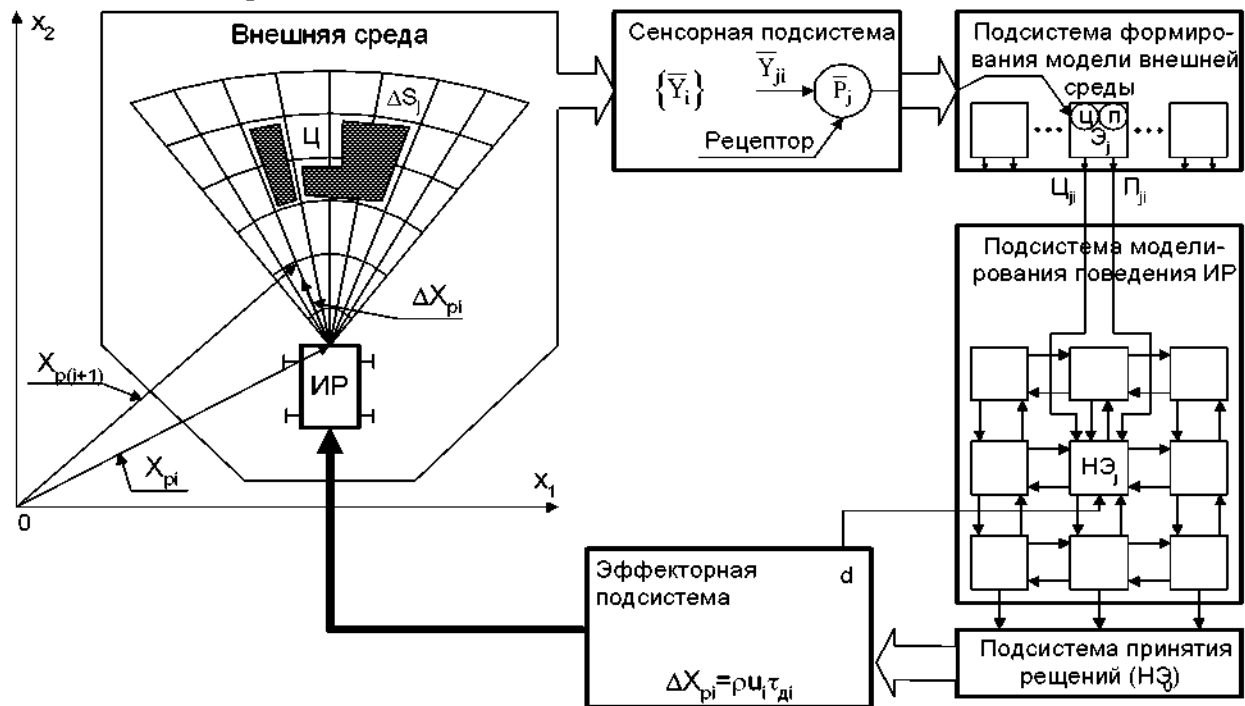


Рис. 12. Структура нейросетевой системы управления интеллектуального мобильного робота

Сенсорная подсистема осуществляет классификацию участков внешней среды. По результатам этой классификации подсистема формирования модели внешней среды настраивает элементы подсистемы моделирования поведения ИР. После этого подсистема моделирования поведения ИР вырабатывает различные варианты траекторий, ведущих к цели, а подсистема принятия решений фиксирует направление первого шага оптимальной (в смысле длины) траектории. В этом направлении происходит перемещение ИР его эффекторной подсистемой.

3.5.5. Элементы нейросетевой системы управления интеллектуального мобильного робота

Функциональная схема отдельного нейроэлемента НЭ_j, выполняющего рассмотренные операции, очень проста и состоит из двух последовательно включенных логических элементов. Эта схема изображена на рис.13.

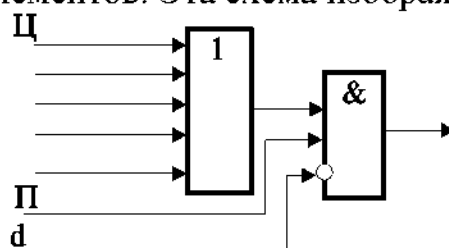


Рис.13. Функциональная схема отдельного нейроэлемента

На нем приняты обозначения:

Ц – вход информации о цели,

П – вход информации о препятствии,

d – сигнал сброса возбуждения сети.

Единичное значение сигнала d подается на все НЭ после окончания очередного перемещения робота в среде на один шаг ΔX_{pi} .

Изображая НЭ в виде элемента сети подсистемы моделирования поведения ИР, получим схему, приведенную на рис.14. В качестве СПР может служить нейросетевой ансамбль, выполняющий функции многостабильного триггера (рис.15).

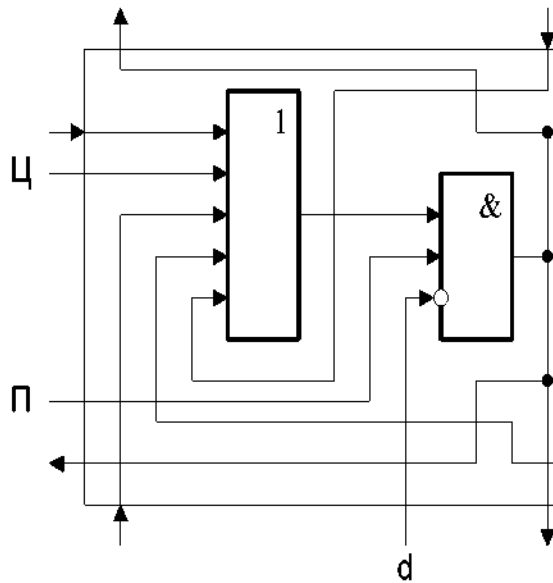


Рис. 14. Элемент сети подсистемы моделирования поведения интеллектуального робота

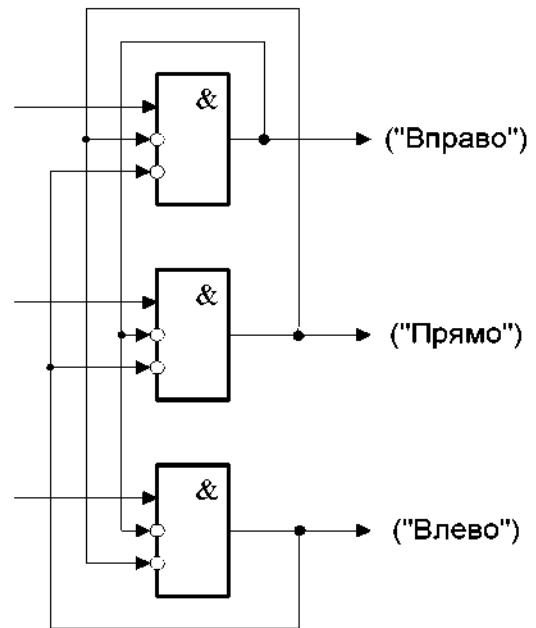


Рис. 15. Нейросетевой ансамбль, выполняющий функции многостабильного триггера

Входы этой схемы соединены с выходами НЭ₁, находящимися в нижней строке подсистемы моделирования поведения ИР.

В начальном положении на все входы многостабильного триггера поступают нулевые значения, которые передаются на его выходы.

Как только подсистема моделирования вариантов поведения смоделировала оптимальную траекторию движения к цели на выходе одного из НЭ, подключенных к многостабильному триггеру, появляется единичное значение, которое, попадая на вход одного из элементов, образующего триггер, переводит его в единичное состояние и одновременно по обратной связи блокирует поступление единичных сигналов на остальные элементы нейросетевого ансамбля, выполняющего функции многостабильного триггера.

3.6. Вопросы для самопроверки по контрольной работе №2

1. В чем суть метода адаптивного управления интеллектуальными роботами?
2. Какие основные подсистемы входят в систему управления интеллектуального робота?
3. В каком виде представляется дискретная модель внешней среды интеллектуального робота?
4. На участки какой формы может дискретизироваться внешняя среды интеллектуального робота?
5. Как интеллектуальный мобильный робот определяет направление шага траектории, ведущей к цели?
6. Как представляется графовая модель внешней среды в микропроцессорной системе управления интеллектуального робота?

7. Как программно организуется процесс поиска единичного вектора направления движения к цели на текущем шаге в системе управления интеллектуального робота?

4. ГЛОССАРИЙ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ

Адаптивная реакция – процесс плавного понижения выходной импульсации в ответ на длительный стационарный стимул. Типом адаптивных реакций являются так называемые "on", "off" и "on-off" – ответы нейронов.

Аксон – длинный (длиной до 1м) отросток нейрона с ветвлениями на конце. По нему передается возбуждение от сомы к другим нервным клеткам через синаптические контакты (синапсы).

Backtrack – рекурсивная процедура, определяющая работу системы продукций с возвращениями.

Градуальный нейрон – нейрон, входные и выходные величины которого являются континуальными.

Дедукция - отражение одного из фундаментальных свойств человеческого мозга производить рассуждения от общего к частному в форме, при которой путем умозаключений из двух исходных суждений (посылок) получается третье суждение, называемое заключением (выводом).

Дендрит – короткий отросток диаметром менее 1 мкм, отличающийся сложным характером ветвления. Основная функция дендрита состоит в восприятии сигналов от других нейронов и передаче их в сому.

Задача ИИ – различие между желаемым и воспринимаемым состояниями внешнего мира.

И/ИЛИ-граф – структура данных, используемая для отображения взаимосвязи между исходными и результирующими задачами.

Игровое дерево – дерево И/ИЛИ - типа, вершины которого обозначают все возникающие в игре ситуации, а дуги соответствуют тем правилам, которые могут применять соперники в каждой из игровых ситуаций.

Индукция – отражение одного из фундаментальных свойств человеческого мозга производить рассуждения от частному к общему.

Интеллект – совокупность умственных способностей, связанных с познавательной деятельностью, включая способность к приобретению и накоплению знаний.

Интеллектуальный робот – мобильное устройство, создаваемое для выполнения полезной работы в агрессивных, недоступных человеку средах.

Искусственный интеллект – дисциплина, изучающая концептуальные, алгоритмические, программные и аппаратно-программные способы воспроизведения интеллектуальных свойств человека и животных.

Классифицирующий нейропроцессорный ансамбль – система, решающая задачу распознавания в случаях, когда количество распознаваемых классов больше двух.

Матричный нейроансамбль – совокупность многовходовых взаимосвязанных нейронов.

Мембрана – оболочка, покрывающая клетку.

Мотонейрон – нервная клетка, передающая результаты обработки информации непосредственно на исполнительные системы организма.

Нейрокомпьютер – самопрограммирующийся параллельный автомат неалгоритмической обработки информации. Вместо программирования в нейрокомпьютерах используется специальный режим, называемый режимом обучения.

Нейронный ансамбль – элементарное объединение нервных клеток, являющееся единицей нервной системы.

Обучающая выборка – совокупность предварительно отобранных из распознаваемых классов таких образов (картинок, символов и т.п.), которые наиболее полно характеризуют классы.

Перцептрон – распознающая система, включающая слой сенсорных элементов, слой ассоциативных элементов и обучаемый классификатор.

Продукция – правило, определяющее действие в определенных условиях (ситуация – действие).

Рецепторные нейроны – нервные клетки, воспринимающие энергетические воздействия внешней среды.

Решение задачи ИИ – такое изменение внешней ситуации, при котором различие между действительным и желаемым состояниями мира устраняется.

Система продукционных правил – согласованная система правил, в каждом из которых определяется условие применимости соответствующего правила и действие, которое должно быть предпринято, когда оно применимо.

Система управления интеллектуального робота – интеллектуальная автоматическая система, управляющая роботом и состоящая в простейшем случае из сенсорной подсистемы, подсистемы формирования модели внешней среды, подсистемы моделирования поведения, подсистемы принятия решений и эффекторной подсистемы.

Сома – тело клетки, в котором действует генетический и метаболический механизмы, необходимые для поддержания жизнедеятельности клетки.

Спайк – нервный импульс, передающий возбуждение на другие клетки.

Стратегия с возвращением – последовательный выбор и испытание различных допустимых продукционных правил.

Транспьютер – многолинейный микрокомпьютер, имеющий 4 или 6 линий последовательной передачи данных.

Формальная логика – основа компьютерной техники, базирующаяся на дедуктивном выводе.

Формальный нейрон – нейрон со знаковой активационной функцией.

Цифровой интегратор – устройство, осуществляющее численное интегрирование подынтегральной функции.

Цифровой нейропроцессор – универсальный элемент процессорного типа, операционный базис которого включает такие специфические операции, как формальный нейрон, суммирующий нейрон, динамический нейрон и т.п., а также такие крупные математические операции, как скалярное произведение двух векторов, цифровое интегрирование и другие.

Библиографический список

1. Чернухин Ю.В. Искусственный интеллект и нейрокомпьютеры. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1997. – 273 с.
2. Нильсон Н. Принципы искусственного интеллекта. – М.: Мир, 1985. – 373 с.
3. Лорьер Ж. Системы искусственного интеллекта. – М.: Мир, 1991. – 568 с.
4. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей. – М.: Изд. Дом «Вильямс», 2001. 287 с.
5. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. – М.: Мир, 1992. – 240 с.
6. Чернухин Ю.В. Методическое пособие по курсу искусственный интеллект и управление роботами. – Таганрог: ТРТИ: 1993. – 27 с.
7. Чернухин Ю.В., Гузик В.Ф., Самарин М.А. Лабораторный практикум по курсу “Системы искусственного интеллекта и нейрокомпьютеры”. Ч. 2. Исследование цифровых моделей нейронов и нейронных сетей. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1997. – 85 с.
8. Чернухин Ю.В. Введение в робототехнику. – Таганрог: ТРТИ, 1990. – 46 с.
9. Чернухин Ю.В. Микропроцессорное управление цикловыми роботами. – Таганрог: ТРТИ, 1992. – 89 с.
10. Чернухин Ю.В. Микропроцессорное и нейрокомпьютерное управление адаптивными мобильными роботами. – Таганрог: ТРТИ, 1993. – 91 с.
11. Чернухин Ю.В. Нейропроцессоры. – Таганрог: ТРТУ, 1994. – 175 с.
12. Чернухин Ю.В. Нейропроцессорные ансамбли. – Таганрог: ТРТУ, 1996. – 149 с.
13. Скэнлон Л. Персональные ЭВМ IBM PC и XT. Программирование на языке ассемблера: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 336 с.

Чернухин Юрий Викторович
Приемко Андрей Анатольевич

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по курсу
“СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА
И НЕЙРОКОМПЬЮТЕРЫ”

Ответственный за выпуск
Редактор
Корректор

Чернухин Ю.В.
Проценко И.А.
Чиканенко Л.В.

ЛР №020565 от 23.06.1997 г. Подписано к печати 15.10. 2008 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. п.л. – 2,5. Уч. - изд.л. – 2,3.
Заказ № Тираж 200 экз.
«С»

Издательство Технологического института
Южного федерального университета
ГСП 17 А, Таганрог, 28, Некрасовский, 44

Типография Технологического института
Южного федерального университета
ГСП 17 А, Таганрог, 28, Энгельса,1