

## Экзаменационные вопросы

### по курсу «Сенсорные и управляющие системы роботов» (МГТУ «СТАНКИН», группы АДМ-21-05 & АДМ-21-06)

#### Тема 1. Этапы развития.

1. Кто придумал термин «робот»? Когда это слово появилось в русском языке? Определения (ГОСТ): робот, промышленный робот, робототехнический комплекс, робототехническая система, робототехническое устройство, мобильный робот, мобильная платформа – перечислите основные отличия.
2. Исследовательские проекты: Стэндфордский проект-1 (1968г.), Стэндфордский проект-2 (1969г.), Центральная исследовательская лаборатория фирмы «Хитачи» (Япония, 1971г.), Электротехническая лаборатория (Япония, 1971г.) – **перечислить основные функции** данных робототехнических систем (РТС).
3. Чем объясняется появление нового направления в робототехнике – экстремальная робототехника, в чём отличие от иных направлений? Этапы развития экстремальной робототехники. Что такое реконфигурируемые роботы, в каких случаях применения они необходимы? Почему реконфигурируемыми могут быть только модульные роботы?
4. Перечислите 4 основные задачи системы технического зрения (СТЗ), решённые в научном исследовании ИППИ АН СССР, которое было представлено на IV Международной объединённой конференции по искусственному интеллекту и в фильме к данной теме. Какие методы получения, обработки и анализа изображений были использованы.
5. Приведите 4 основных закона робототехники, кем и когда они были сформулированы. Приведите определения из ГОСТ понятий сервисные роботы, сервисный профессиональный и сервисный персональный робот. Объясните исполнение требований 4-х основных законов робототехники в перечисленных типах роботов. Коллаборативные роботы (определение из лекции) и сервисные роботы - что общего и чем отличаются.
6. Перечислите особенности, которыми должны обладать учебные роботы. Учебный робот – это коллаборативный, сервисный профессиональный или сервисный персональный робот? Обоснуйте. Приведите 4 основных закона робототехники, укажите автора и сопоставьте исполнение их требований с данным типом роботов.
7. Территориально-распределённая учебно-научная Интернет-лаборатория: цель создания таких лабораторий, функциональное назначение и методы реализации.

#### Тема 2. Сенсорные системы мобильных роботов.

8. Органы чувств у человека и их технические аналоги. Восприятие через раздражение. Сравнение биологических систем с их техническими аналогами, основное отличие. Определение (ГОСТ) системы управления, сенсорного управления. Роль сенсорной системы в системе управления (СУ) мобильного робота. Что такое датчик (определение).
9. Что такое датчик (определение). Классификация датчиков по виду входной (измеряемой) и выходной величины, по принципу действия (примеры). Три класса датчиков по типу представления выходной величины (примеры). Объясните требования, предъявляемые к датчикам (зачем это требуется, к чему приведёт их несоблюдение – конкретно для каждого).
10. Проприоцептивные и экстероцептивные датчики, примеры применения. Перечислите основные типы экстероцептивных датчиков, используемых в мобильной робототехнике и их функциональное назначение; приведите примеры и особенности их использования.
11. Концевые датчики, типы: достоинства и недостатки. Назначение и принцип действия. Схемы подключения к микропроцессору. Применение в мобильной робототехнике (это проприоцептивные или экстероцептивные датчики?). К какому классу по принципу действия (генераторный или параметрический) относятся датчики из вашего примера и почему? Использование режимов «прерывание» в микропроцессоре. «Дребезг» контактов, влияние и устранение.

12. Резистивный датчик силы (на примере FSR 402: Sparkfun, США). Назначение и принцип действия, достоинства и недостатки. Схемы подключения к микропроцессору. К какому классу по принципу действия (генераторный или параметрический) относится этот датчик и почему? Приведите пример использования в робототехнике (это проприоцептивный или экстероцептивный датчик?).
13. Акселерометр, гироскоп – назначение, принцип действия. В чём отличие измерений по разным осям у акселерометра? К какому классу по принципу действия (генераторный или параметрический) относятся эти датчики и почему? МЭМС. Схемы подключения датчиков к микропроцессору. Применение в мобильной робототехнике (это проприоцептивные или экстероцептивные датчики?).
14. Оптический одометр: назначение и принцип действия; это проприоцептивный или экстероцептивный датчик? Зачем в датчике HOA0901-11 два канала? Укажите назначение 3-го (центрального на схеме) фотодетектора. Что такое триггер Шмидта и его назначение в данной схеме? В чём принципиальное отличие установки одометра на оси колёс и на оси электродвигателей? Методы определения скорости и пройденного пути.
15. Одометр на эффекте Холла: назначение и принцип действия; это проприоцептивный или экстероцептивный датчик? Зачем два канала? Зачем АРУ? В чём преимущество одометров на датчике Холла по сравнению с оптическими одометрами, недостатки? В чём принципиальное отличие установки одометра на оси колёс и на оси электродвигателей? Методы определения скорости и пройденного пути.
16. Инфракрасные датчики движения (PIR-датчики): назначение и принцип действия. Почему используется ИК-излучение с длиной волны именно  $\lambda = 7 \div 14$  мкм? Для чего используется линза Френеля в датчике? Область использования PIR-датчиков в робототехнике (это проприоцептивный или экстероцептивный датчик?).
17. Инфракрасные датчики препятствия (датчик линии): назначение и принцип действия (на примере датчика YL-63). Достоинства и недостатки. Почему в датчике используется ИК-излучение? Особенности использования датчика. Объяснить принцип использования датчика для организации движения мобильного робота по полосе. Это проприоцептивный или экстероцептивный датчик? Схемы подключения к микропроцессору, в чём отличие.
18. ИК-датчик расстояния типа GP2DXX (Sharp). Это проприоцептивный или экстероцептивный датчик? Принцип работы, достоинства, недостатки и способы их компенсации. Триангуляция. Каким образом в датчике исключается воздействие постороннего излучения на показания датчика? Типовая зависимость напряжения на выходе датчика от расстояния до объекта. Процесс калибровки, зачем нужна калибровка? Аппроксимация функции преобразования датчика. Схема подключения к микропроцессору.
19. Сканирующие лазерные дальнометры (два типа – два способа определения дальности). Особенности использования, разрешающая способность. Расчёт времени для получения «дальностного» изображения формата NxM пикселей с помощью данного устройства. Проблемы использования в мобильной робототехнике для организации автономного движения. Это проприоцептивные или экстероцептивные датчики?
20. Лидар: принцип работы, достоинства, недостатки. Отличие от сканирующих лазерных дальнометров. Области применения. Формирование карты дальностей. Проблемы использования лидаров в мобильной робототехнике.
21. Что такое звук, звуковая волна (формула)? Градации по частотному диапазону. Распространение звуковой волны в различных средах. Влияние внешних факторов. Технические решения генерации ультразвука; объяснить зависимость максимального значения частоты генерируемой звуковой волны от метода. Использование ультразвука в робототехнике.
22. Принцип действия ультразвуковых датчиков расстояния типа HC-SR04, SRF-05, достоинства и недостатки. Объяснить работу датчиков по приведённым в лекциях временным диаграммам. Факторы, влияющие на показания ультразвуковых датчиков. На какой параметр датчика влияет качество отражающей поверхности (гляцевая или

матовая)? Особенности использования УЗ датчика расстояния типа HC-SR04, SRF-05. Схема подключения к микроконтроллеру.

23. Принцип действия ультразвуковых датчиков типа HC-SR04, SRF-05, достоинства и недостатки. Объяснить работу датчиков по приведённым в лекциях временным диаграммам. Факторы, влияющие на показания ультразвуковых датчиков. Схема подключения к микроконтроллеру. Какой параметр сигнала на выходе УЗ-датчика пропорционален расстоянию. Чем определяется кратность (дискретность) вычисления расстояния микропроцессором?
24. Принцип действия ультразвуковых датчиков типа HC-SR04, SRF-05, достоинства и недостатки. Объяснить работу датчиков по приведённым в лекциях временным диаграммам. Объяснить принцип организации движения по коридору мобильного робота с использованием 2-х УЗ-датчиков.
25. Назначение микроконтроллера (микропроцессора) в системе управления робота. Целевое назначение каналов прерывания в микроконтроллерах. Какие факторы влияют на величину допустимого расстояния от МР до препятствия для исключения столкновения? Способы подключения датчиков с аналоговым и цифровым выходом к микропроцессору в системе управления робота. Подключение нагрузки к микропроцессору – особенности, нагрузочная способность. Индикация светодиодом. Способы увеличения нагрузочной способности микропроцессора.
26. Назначение микроконтроллера (микропроцессора) в системе управления робота. Какие факторы влияют на величину допустимого расстояния от МР до препятствия для исключения столкновения? Подключение нагрузки к микропроцессору – особенности, нагрузочная способность. Подключение светодиода, электромагнитного реле (объяснить назначение элементов схемы). Подключение электродвигателя: принцип управления скоростью вращения вала электродвигателя посредством ШИМ-модуляции.
27. Обработка сигналов датчиков. Виды шума. Помехоустойчивость, количественная мера (объяснить получение значений в формуле). Методы повышения помехоустойчивости. Методы фильтрации шума, «окно» фильтрации, принцип выбора параметров фильтра. Объяснить алгоритм фильтрации шума методом вычисления среднего арифметического цифрового одномерного сигнала бесконечной длины.

### **Тема 3. Сенсорные системы роботов: зрение человека и система технического зрения (СТЗ)**

28. Основные отличия СТЗ и системы зрения человека с точки зрения получения, передачи и обработки видеoinформации. Сопоставление сетчатки глаза человека и фотоматрицы – сходство и различие в сравнении с работой фотоаппарата.
29. Строение глаза человека. Функции палочек и колбочек, их распределение в глазу человека, влияние на разрешающую способность. Фовеа-область, жёлтое пятно, слепое пятно. Что такое ганглиозная клетка? Объяснить соотношение количества рецепторов и ганглиозных клеток. Особенность расположения на сетчатке рецепторов на периферии и в зоне фовеа-области, влияние на чувствительность и на разрешающую способность. Чем объясняется большой динамический диапазон чувствительности рецепторов глаза?
30. Микродвижения глаз человека и их характеристика. Как можно исключить влияние дрейфа осей глаз человека (остановить проекцию изображения на сетчатке)? Эффект «пустого поля», эффект образования «комет», инерционность восприятия и критическая частота слияния мельканий. Движение глаз при рассматривании объектов – в чём особенность. Какой вывод можно сделать из анализа этих эффектов с точки зрения прохождения и обработки сигналов (опыты А.Л.Ярбуса), обосновать.
31. Закон Вебера-Фехнера. Что такое «константность восприятия». Контрастная чувствительность. «Латеральное торможение» и два способа вычисления Лапласиана (пространственный и пространственно-временной); что у человека?
32. Геометрический (структурный) шум фотоматриц и его наличие/отсутствие в глазу человека. Объяснить почему использование пространственного метода вычисления Лапласиана не удаляет влияние геометрического (структурного) шума фотоматриц, а

использование пространственно-временного – удаляет (почему не образуются «ложные» контуры). Объяснить процесс расфокусирования цифрового изображения формата  $N \times N$  пикселей.

33. Объяснить метод преобразования контурного изображения (Лапласиан) в исходное растровое (математические операции). Объяснить почему использование в этих вычислениях Лапласиана, полученного пространственно-временным методом, удаляет влияние геометрического (структурного) шума фотоматриц, а пространственным – не удаляет.

#### **Тема 4. Технические средства формирования и обработки видеосигналов.**

34. Как 3D-поле электромагнитного излучения (свет) вводится в ЭВМ (форма представления, принцип технического решения). Какая информация при этом теряется? Что такое цифровое изображение, растровое изображение, пиксель. Деление изображений по типу представления данных в ЭВМ. Как это согласуется с определением цифрового изображения? Операции над цифровым изображением, переполнение разрядной сетки целочисленных значений, представление разностного изображения (с отрицательными значениями) в виде растрового изображения для восприятия человеком.
35. Парадигма Марра. В каких случаях могут образовываться значения, выходящие за разрядную сетку целочисленных значений, и почему их можно так «обрезать», в каких случаях? Что такое растровое изображение? Раскройте назначение уровней восходящей информационной линии «иконическое представление объектов (растровое изображение, неструктурированная информация) символическое представление (векторные и атрибутивные данные в структурированной форме, реляционные структуры)».
36. Пять способов ввода двумерного поля изображения в ЭВМ. Оптико-механическая система сканирования, зависимость её конструкции от типа используемого датчика видеосигнала. Сравните эти способы получения двумерного поля изображения по отношению к параметру «отношение сигнал/шум». С каким шумом идёт борьба? Из-за чего возникает геометрический шум?
37. Оптико-механическая система сканирования изображений для формирования видеосигнала при параллельном сканировании изображения линейкой фотодатчиков и при использовании фотоматриц. Сравните схемы, в том числе по отношению к параметру «отношение сигнал/шум».
38. Принцип работы ПЗС и КМОП фотоматриц. Почему в ПЗС образуются дефекты: смаз, блюминговый эффект. Как на качество ПЗС-фотоматрицы влияет коэффициент передачи заряда. В чём конструктивно основное отличие КМОП и ПЗС фотоматриц? Чем это лучше? Почему КМОП-матрицы не имеют дефекта «смаз»? Геометрический шум: природа возникновения и методы его компенсации. Как определяется разрешение фотоматрицы.
39. Принцип работы фото- и телекамер, объектив и его назначение, фокусное расстояние, угол поля зрения объектива (широкоугольный, телеобъектив). Что такое действительное и мнимое изображение? Назначение диафрагмы объектива. Что такое глубина резкости, от чего зависит? Что такое идеальная физическая модель объектива, достоинства и недостатки. Как реализуется выдержка в фотоаппарате с фотоматрицей?
40. Объектив и его назначение. Светосила, относительное отверстие, глубина резкости, разрешающая сила объектива. Как измеряется разрешающая сила объектива, в каких единицах? Зачем так много линз в реальном объективе?
41. Объектив и его назначение. Аберрации: сферическая, кома, хроматическая, ахроматическая, кривизна поля изображения, дисторсия. Причины возникновения аберраций. Каким образом можно компенсировать хроматические и геометрические искажения оптики? Оцените возможность использования СТЗ в качестве измерительного устройства.
42. Дискретизация аналогового сигнала, сущность теоремы Котельникова. Объясните действие реле при реализации дискретизации (на рисунке соответствующего слайда). Происходит ли потеря информации при дискретизации и почему? Как реализуется

требование теоремы Котельникова при технической реализации преобразования аналогового сигнала в цифровую форму. Назначение устройства выборки и хранения (УВХ).

43. Квантование сигнала, шаг квантования, ошибка квантования. Чем отличается линейное квантование от нелинейного? Для чего используется нелинейное квантование? Метод реализации нелинейного квантования. Происходит ли потеря информации при квантовании и почему? Почему возникает ошибка квантования?
44. Устройства преобразования аналогового сигнала в цифровую форму, зачем это нужно. АЦП параллельного и последовательного действия. Какую функцию выполняет УВХ, сравните его параметры для АЦП параллельного и последовательного действия. Опишите, каким образом выполняется сравнение входного сигнала с опорным напряжением в АЦП параллельного и последовательного действия и как формируется опорное напряжение в обоих случаях. Чем отличаются линейные и нелинейные АЦП и как реализуется нелинейность в АЦП параллельного действия?
45. Устройства преобразования цифрового сигнала в аналоговую форму (ЦАП), зачем это нужно. Опишите процесс преобразования цифрового кода в аналоговый сигнал. В чём заключается основное требование к устройству суммирования токов, уменьшающее влияние сопротивления нагрузки на результат преобразования.
46. Частота кадров в телевидении и кино. Взаимосвязь с критической частотой слияния мельканий (КЧСМ) в глазу человека. Способы учёта КЧСМ в телевидении и кино. Чересстрочная и прогрессивная развёртки, какая развёртка используется в современном телевидении. Для чего нужна синхронизация видеосигналов передатчика и телевизионного приёмника? Какие синхроимпульсы замешиваются в видеосигнал и для чего?

#### **Тема 5. Последовательность процедур обработки сигналов и изображений в системах технического зрения.**

47. Парадигма Марра, что такое «парадигма». Что такое «растровое изображение»? Краткая характеристика уровней обработки изображений согласно парадигме Марра (объяснить назначение среднего и высокого уровней обработки, вид данных на входе и выходе).
48. Предобработка изображений – назначение. Объясните фильтрацию методом связности: объяснить на примере, цель такой фильтрации.
49. Что такое сегментация изображения, её назначение. Цель сегментации, физическое обоснование сегментации (на каком свойстве изображений основано). Объяснить, каким образом сегментация изображений приводит к сокращению его описания? Определение сегментации по Хоровицу и Павлидису. Объяснить на примере, как Вы понимаете эти 4 условия.
50. Классификация методов сегментации по признаку однородности и по форме представления результата (2 формы представления). Приведите пример применения какого-либо критерия однородности L. Четыре группы методов поэлементной маркировки и их краткое описание, особенности.
51. Сущность методов порогового ограничения. Методы выбора порога, гистограмма яркостей, адаптивный порог, аппроксимация пороговой функции. Достоинства и недостатки. Объясните алгоритм построения гистограммы частот значений яркости 0, 1, 2, ..., K для изображения формата NxN пикселей.
52. Сущность методов наращивания областей (на примере). Достоинства и недостатки применительно к СТЗ для мобильных роботов. Сущность методов последовательного деления областей (на примере). Достоинства и недостатки применительно к СТЗ для мобильных роботов.
53. Сущность методов выделения границ (контуров). Понятие контура, модель контурного элемента изображения. Почему модель содержит параметр W, что он характеризует? Определения: контурный элемент изображения, контур, графический препарат, сегментный препарат (объяснить).

54. Дифференциальные операторы. Операторы выделения контуров: Робертса, Превитта, Собеля, Лапласиан – свойства, особенности, достоинства, недостатки. Влияние флуктуационного шума, помехоустойчивость. Фильтрация флуктуационного шума (временная и пространственная), «Окно фильтрации».
55. Масочные операторы выделения контуров – принцип действия. Объясните почему, с увеличением размера масочного оператора повышается его помехоустойчивость, какой параметр при этом ухудшается. Напишите формулу вычисления скалярного произведения вектора отсчётов функции яркости  $E_{\psi}$  размерностью  $5 \times 5$  и вектора весовых  $a_i$  коэффициентов маски  $M$ . Что в результате: скаляр, вектор, матрица?
56. Расчёт весовых коэффициентов масочного оператора выделения контуров. Объясните получение 2-х уравнений (условий) для вычисления весовых коэффициентов вектора-модели контура. Что означает выделенная жирным шрифтом часть выражения на слайде 14 Темы 5b: «Маски представляют собой некоторый конечный набор моделей контура, выраженных в виде **нормированных векторов**  $\{M_k\}$  **в том же базисе, что и  $E_{\psi}$** ».
57. Принцип действия операторов разложения по базисным функциям двумерного фрагмента изображения. Основной недостаток. Объясните почему повышение требований по помехоустойчивости приводят к снижению разрешающей способности операторов выделения контуров?
58. На основе использования какого свойства контура (границы) выполняется связывание контурных элементов. Метод кластерного анализа для построения графического препарата. Объясните за счёт чего при использовании метода кластерного анализа для связывания контурных элементов упрощается алгоритм связывания по сравнению с алгоритмом аппроксимации, основанном на методе наименьших квадратов.
59. Получение графического препарата методом прослеживания границ. Каким образом в данном методе определяется момент завершения отслеживаемого контура? Какой основной недостаток у этого метода. Помехоустойчивость метода.
60. Получение сегментного препарата методом параллельной обработки изображений. Цель такого способа обработки. Пирамидальный процессор, что на входе и на выходе каждого уровня иерархии. Объясните увеличение вариантов идентификации анализируемого фрагмента изображения до 144-х ситуаций при 72-х масках. Как называется результат обработки исходного изображения на первом уровне иерархии.

#### Порядок проведения экзамена (предварительный, уточнение на консультации).

Экзамен проводится **в очном** формате в здании ЦТПО РГГУ. Экзаменационный билет включает 5 вопросов: по одному по каждой из 5 тем. На подготовку письменных ответов даётся 90 минут. Очередность приёма экзамена преподавателем определяется согласно номерам в списке, который будет выслан старостам в день консультации.

Письменные ответы должны быть сформулированы кратко, по существу и должны быть обоснованы.

Консультация проводится в дистанционном режиме с использованием **Discord** в соответствии с расписанием, составленным деканатом.

Составил:

Профессор МГТУ «СТАНКИН»,  
д.т.н.

28.12.2022г.

В.П.Андреев