МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный технический университет» (ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой Радиотехнические информационные системы
_____ Боев С.Ф.
«__» _____ 20 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

промежуточной аттестации: экзамен
«Вторичная обработка радиолокационной информации»

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Типы задач профессиональной деятельности: проектный, научно-исследовательский.

Разработаны в соответствие с рабочей программой дисциплины, утвержденной проректором по УР Майковой Э.Ю. «21» мая 2020г.,

Разработчик: к.т.н., доцент, профессор каф. РИС__ В.К. Кемайкин

Тверь, 20

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_1

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Этапы траекторной обработки данных радиолокационного наблюдения и их содержание
Правильный ответ:
1. Сбор данных
1.1. Инициализация системы
- Настройка радиолокационной станции и ее параметров (частота, мощность, режим работы).
- Проверка работоспособности системы и калибровка оборудования.

1.2. Получение сигналов
- Сбор отраженных сигналов от объектов (целей) с использованием радиолокационного оборудования.
- Регистрация временных меток, амплитуд и других параметров сигналов.

2. Обработка сигналов
2.1. Предварительная обработка
- Фильтрация сигналов для удаления шумов и помех.
- Декодирование сигналов для извлечения информации о времени прихода, частоте и фазе.

2.2. Вычисление параметров
- Определение расстояний до целей на основе времени задержки сигналов.
- Вычисление углового положения целей (Direction of Arrival, DoA) с использованием антенн и методов обработки сигналов.

3. Траекторная обработка
3.1. Идентификация целей
- Определение уникальных характеристик каждой цели, таких как скорость, направление движения и тип объекта.
- Применение алгоритмов распознавания для идентификации целей.

3.2. Построение траекторий

- Использование методов треангуляции и фильтрации (например, фильтры Калмана) для построения траекторий движения целей на основе полученных данных.
- Сглаживание и интерполяция траекторий для повышения точности.

4. Анализ и оценка

4.1. Оценка точности

- Анализ точности полученных данных и траекторий с использованием статистических методов.
- Оценка погрешностей измерений и их влияние на конечные результаты.

4.2. Визуализация данных

- Построение графиков и карт для визуализации траекторий и местоположения целей.
- Использование программного обеспечения для отображения данных в реальном времени.

5. Принятие решений

5.1. Оценка угроз

- Анализ траекторий и поведения целей для определения потенциальных угроз.
- Принятие решений о необходимости дальнейших действий (например, наблюдение, перехват).

5.2. Обратная связь

- Обновление алгоритмов обработки на основе полученных данных и результатов анализа.
- Внедрение новых методов и технологий для улучшения системы наблюдения.

6. Хранение и отчетность

6.1. Архивирование данных

- Сохранение обработанных данных для дальнейшего анализа и отчетности.
- Создание базы данных для хранения информации о целях и их траекториях.

6.2. Подготовка отчетов

- Формирование отчетов о наблюдениях, анализе и принятых решениях.
- Обмен информацией с другими подразделениями и службами.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Построение Калмановского алгоритма

Правильный ответ:

Основные этапы построения Калмановского алгоритма

1. Определение модели системы

Состояние системы:

- Обозначим вектор состояния системы как xk, где k — номер

временного шага.

- Состояние может включать такие параметры, как позиция, скорость и ускорение.

Модель состояния:

- Состояние на следующем временном шаге можно описать уравнением

$$\mathbf{x}_k = \mathbf{F}\mathbf{x}_{k-1} + \mathbf{B}\mathbf{u}_{k-1} + \mathbf{w}_{k-1}$$

- где:
  - F — матрица перехода состояния,
  - B — матрица управления,
  - uk−1 — вектор управления,
  - **w***k*−1 — вектор шума процесса (обычно предполагается, что он нормально распределен с нулевым средним и ковариационной матрицей **Q**).

Модель наблюдений:

- Наблюдения могут быть описаны следующим уравнением

$$\mathbf{z}_k = \mathbf{H}\mathbf{x}_k + \mathbf{v}_k$$

•

где:

  - H — матрица наблюдений,
  - **z***k* — вектор наблюдений,
  - **v***k* — вектор шума измерений (также нормально распределен с нулевым средним и ковариационной матрицей **R**).

2. Инициализация

- Задайте начальное состояние и его ковариацию:

x0=x^0(начальная оценка состояния)**x**0=**x**^0
(начальная оценка состояния)
P0=P0(начальная ковариация) **P**0=**P**0(начальная ковариация)

3. Прогнозирование

На каждом временном шаге выполняются следующие действия:

Прогноз состояния:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} = \mathbf{F}\hat{\mathbf{x}}_{k-1|k-1} + \mathbf{B}\mathbf{u}_{k-1}$$

Прогноз ковариации ошибки:

$$\mathbf{P}_{k|k-1} = \mathbf{F}\mathbf{P}_{k-1|k-1}\mathbf{F}^T + \mathbf{Q}$$

4. Обновление

После получения нового наблюдения **z***k* выполняются следующие шаги:

Вычисление ошибки предсказания:

$$\mathbf{y}_k = \mathbf{z}_k - \mathbf{H}\hat{\mathbf{x}}_{k|k-1}$$

Вычисление матрицы Калмана:

$$\mathbf{S}_k = \mathbf{H}\mathbf{P}_{k|k-1}\mathbf{H}^T + \mathbf{R}$$

$$\mathbf{K}_k = \mathbf{P}_{k|k-1}\mathbf{H}^T\mathbf{S}_k^{-1}$$

Обновление состояния:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k|k} = \hat{\mathbf{x}}_{k|k-1} + \mathbf{K}_k\mathbf{y}_k$$

Обновление ковариации ошибки:

$$\mathbf{P}_{k|k} = (\mathbf{I} - \mathbf{K}_k\mathbf{H})\mathbf{P}_{k|k-1}$$

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Необходимо обеспечить потенциальную разрешающую способность РЛС по дальности не хуже 30 м. Какова должна быть длительность немодулированного зондирующего импульса с прямоугольной огибающей?

Правильный ответ:
Чтобы обеспечить потенциальную разрешающую способность радиолокационной станции (РЛС) по дальности не хуже 30 метров, необходимо учитывать, что разрешающая способность по дальности определяется временем импульса. Для радиолокационных систем с прямоугольной огибающей импульса разрешающая способность ΔRΔ*R* может быть связана с длительностью импульса T*T* следующим образом:

$$\Delta R = \frac{c}{2B}$$

где:

- *c* — скорость света (приблизительно 3×108 м/с),
- *B* — полоса частот, которая может быть связана с длительностью импульса *T* через соотношение B≈1\T.

Для обеспечения разрешающей способности по дальности не хуже 30 м, мы можем выразить необходимую полосу частот *B*:

$$\Delta R = 30\,\text{м} \implies B = \frac{c}{2 \times 30} = \frac{3 \times 10^8}{60} = 5 \times 10^6\,\text{Гц} = 5\,\text{МГц}$$

Теперь, используя соотношение *B*≈*T*\1, можем найти необходимую длительность импульса:

$$T \approx \frac{1}{B} = \frac{1}{5 \times 10^6} = 2 \times 10^{-7}\,\text{с} = 200\,\text{нс}$$

Таким образом, длительность немодулированного зондирующего импульса с прямоугольной огибающей должна составлять не менее **200 наносекунд** для обеспечения разрешающей способности по дальности не хуже 30 метров.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_2

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Вектор состояния подвижного объекта и дифференциальные уравнения для переменных состояния.
Правильный ответ:

Вектор состояния

Вектор состояния **x** для подвижного объекта может быть представлен следующим образом:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x \\ v \end{bmatrix}$$

где:

- x — позиция объекта (например, в метрах),
- v — скорость объекта (например, в метрах в секунду).

Дифференциальные уравнения для переменных состояния

Для описания динамики подвижного объекта можно использовать дифференциальные уравнения, которые связывают изменения состояния объекта с его текущим состоянием и воздействующими на него силами. Рассмотрим простой случай без учета внешних воздействий (например, силы трения).

Уравнения движения

1. **Уравнение для позиции**:

$\dot{x}=v$

Это уравнение описывает, что скорость объекта равна производной его положения по времени.

2. **Уравнение для скорости**:

$\dot{v}=a$

Здесь a*a* — ускорение объекта. Если мы рассматриваем движение с постоянным ускорением, то это уравнение может быть дополнено уравнением, связывающим ускорение с внешними силами (например, $a=mF$, где F*F* — сила, действующая на объект, а m*m* — его масса).

Таким образом, система уравнений для подвижного объекта будет выглядеть следующим образом:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{v} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v \\ a \end{bmatrix}$$

Обобщение на многомерный случай

В многомерном случае вектор состояния может включать координаты в пространстве (например, x,y,z) и соответствующие скорости. Вектор состояния может быть записан как:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix}$$

В этом случае уравнения будут обобщены на каждую координату:

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \\ \dot{v_x} \\ \dot{v_y} \\ \dot{v_z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \\ a_x \\ a_y \\ a_z \end{bmatrix}$$

где a_x, a_y, a_z — компоненты ускорения.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Построить α- алгоритм.

Шаги построения α-алгоритма

1. **Определение системы**:
   - Определите вектор состояния системы x(t)**x**(*t*) и входные параметры (управление) u(t)**u**(*t*).
   - Запишите дифференциальные уравнения, описывающие

динамику системы.

2. **Формулировка задачи управления**:
   - Определите, какую цель вы хотите достичь. Например, перемещение объекта из одной точки в другую, минимизация времени или энергии, стабилизация системы и т.д.
3. **Определение функции стоимости**:
   - Задайте функцию стоимости JJ, которую необходимо минимизировать.
   - Функция потерь LL может быть составлена из различных компонентов, таких как отклонение от желаемого состояния и затраты на управление.
4. **Формулировка правил управления**:
   - Определите, как управление u(t)$\mathbf{u}(t)$ будет зависеть от состояния системы x(t)$\mathbf{x}(t)$. Например, можно использовать линейное управление
   - Здесь KK — матрица усиления.
5. **Решение уравнений состояния**:
   - Примените численные методы (например, метод Рунге-Кутты, метод Эйлера) для решения системы дифференциальных уравнений, чтобы получить траекторию состояния во времени.
6. **Оптимизация**:
   - Используйте методы оптимизации, чтобы найти оптимальное управление u∗, минимизирующее функцию стоимости JJ. Это может включать, например, градиентный спуск или другие алгоритмы оптимизации.
7. **Анализ результатов**:
   - Оцените полученные результаты, чтобы убедиться, что система ведет себя ожидаемым образом и достигнута ли цель управления.
   - Проверьте, что минимизирована функция стоимости JJ и выполнены все ограничения.

Пример α-алгоритма

Рассмотрим простой пример управления движением объекта:

1. **Определение системы**:
   - Вектор состояния
   - Уравнения движения:

$\dot{x}=v$, $\dot{v}=u$

2. **Формулировка задачи**:
   - Цель: переместить объект из начальной позиции x0$x0$ в конечную позицию xf за минимальное время.
3. **Определение функции стоимости**:

$$J = \int_0^T (x - x_f)^2 + \lambda u^2 \, dt$$

где λ — коэффициент, штрафующий за использование управления.

4. **Формулировка управления**:

- Управление будет зависеть от состояния: u=−Kx, где K — матрица усиления.

5. **Решение уравнений состояния**:
   - Используйте численные методы для решения системы уравнений, например, метод Рунге-Кутты.
6. **Оптимизация**:
   - Подберите K, минимизируя J с помощью методов оптимизации.
7. **Анализ результатов**:
   - Проверьте, достиг ли объект конечной позиции за минимальное время, и проанализируйте, как управление повлияло на динамику системы.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Проектируемая радиолокационная станция должна иметь разрешающую способность по дальности не хуже 140 м. Определить необходимую длительность импульса, если время восстановления разрядника, применяемого в качестве антенного переключателя, равно 0,2 мкс.

Для определения необходимой длительности импульса радиолокационной станции, исходя из заданной разрешающей способности по дальности и времени восстановления разрядника, можно воспользоваться следующими соотношениями.

Разрешающая способность по дальности ΔRΔR радиолокационной станции связана с длительностью импульса TT следующим образом:

$$\Delta R = \frac{c \cdot T}{2}$$

где:

- c — скорость света в вакууме, примерно равная 3×1083×108 м/с.
- T — длительность импульса.

Решим это уравнение для T:

$$T = \frac{2 \cdot \Delta R}{c}$$

Теперь подставим значения. У нас есть разрешающая способность по дальности ΔR=140 м:

$$T = \frac{2 \cdot 140\,\text{м}}{3 \times 10^8\,\text{м/с}} = \frac{280}{3 \times 10^8} \approx 9.33 \times 10^{-7}\,\text{с} = 0.933\,\mu\text{s}$$

Теперь, учитывая, что время восстановления разрядника tвост=0.2 μs, длительность импульса должна быть больше, чем это время, чтобы разрядник успел восстановиться после предыдущего импульса.

Таким образом, длительность импульса должна быть:

$$T \geq t_{\text{восст}} = 0.2\,\mu s$$

Поскольку рассчитанная длительность импульса $T \approx 0.933 \mu s$ больше времени восстановления разрядника, то она удовлетворяет условиям.

Вывод

Необходимая длительность импульса радиолокационной станции должна составлять не менее $0.933 \mu s$.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_3

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Принципы классификации объектов по данным радиолокационного наблюдения

Правильный ответ:

1. Анализ сигналов

- **Характеристики отражения**: Объекты различаются по их способности отражать радиоволны. Это может включать в себя такие параметры, как площадь рассеяния (RCS), угол отражения и поляризация.
- **Динамика движения**: Изучение изменений в сигналах, связанных с движением объектов, позволяет выделить различные типы объектов (например, движущиеся суда, самолеты, автомобили и т.д.).

2. Функции распределения

- **Статистические методы**: Использование статистических моделей для анализа распределения отражаемых сигналов, что помогает в выделении различных классов объектов на основе их характеристик.
- **Модели распределения**: Применение моделей, таких как нормальное или логнормальное распределение, для описания вариаций в сигналах от различных объектов.

3. Обработка изображений

- **Фильтрация и улучшение**: Применение фильтров для улучшения качества радиолокационных изображений и выделения объектов.
- **Сегментация**: Разделение изображения на области, соответствующие различным объектам, что облегчает их классификацию.

4. Машинное обучение и искусственный интеллект

- **Классификационные алгоритмы**: Использование алгоритмов машинного обучения, таких как деревья решений, нейронные сети, SVM (методы опорных векторов) для классификации объектов на основе обучающих данных.

- **Обучение на примерах**: Создание обучающих выборок с метками для различных типов объектов, что позволяет алгоритмам обучаться и улучшать точность классификации.

5. Физические характеристики объектов

- **Размер и форма**: Классификация объектов на основе их размеров и формы, которые могут влиять на их радиолокационные характеристики.
- **Материал**: Различные материалы имеют разные коэффициенты отражения, что также может быть использовано для классификации.

6. Контекстуальная информация

- **Динамика окружающей среды**: Учет факторов окружающей среды, таких как погодные условия и рельеф местности, которые могут влиять на радиолокационные данные.
- **Исторические данные**: Использование данных о поведении объектов в прошлом для улучшения классификации.

7. Кросс-данные

- **Интеграция данных с других сенсоров**: Использование данных с других сенсоров (например, оптических, инфракрасных) для повышения точности классификации объектов.
- **Мультимодальная классификация**: Объединение данных из различных источников для более точной идентификации объектов.

8. Алгоритмы обработки сигналов

- **Демодуляция и декодирование**: Применение алгоритмов для извлечения информации из радиолокационных сигналов, что позволяет улучшить классификацию.
- **Анализ временных и частотных характеристик**: Использование методов анализа сигналов для выявления уникальных признаков объектов.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Адаптивный метод сопровождения маневрирующей цели.

Правильный ответ:

1. Моделирование динамики цели

- Модели движения: Использование различных моделей для описания движения цели, включая линейные и нелинейные модели. Например, можно использовать модели с постоянной скоростью, модели с изменением скорости или более сложные модели, учитывающие ускорение и маневры.
- Адаптация модели: Модели могут адаптироваться в реальном времени на основе наблюдаемых данных о движении цели.

2. Фильтрация и оценка состояния

- Фильтры Калмана: Применение фильтров Калмана для оценки состояния цели на основе наблюдаемых данных. Фильтры могут быть адаптированы для учета маневров цели, например, с использованием

расширенных или укороченных фильтров Калмана.
- Нелинейные фильтры: Использование методов, таких как фильтры частиц, для обработки нелинейных и негауссовских данных.

3. Адаптивные алгоритмы
- Обучение на лету: Алгоритмы могут адаптироваться на основе новых данных, получаемых в процессе слежения. Например, использование методов машинного обучения для улучшения предсказаний о движении цели.
- Адаптивная фильтрация: Изменение параметров фильтрации в зависимости от изменяющихся условий и поведения цели.

4. Прогнозирование траектории
- Методы предсказания: Использование алгоритмов для предсказания будущих позиций цели на основе ее текущего состояния и динамики. Это может включать экстраполяцию на основе предыдущих наблюдений.
- Обработка неопределенности: Учет неопределенности в прогнозах, что особенно важно при маневрировании целей.

5. Обработка данных и интеграция сенсоров
- Мультимодальные данные: Интеграция данных с различных сенсоров (радиолокационных, инфракрасных, оптических) для повышения точности отслеживания.
- Синхронизация данных: Обеспечение синхронизации данных с разных источников для более точного отслеживания.

6. Учет контекста и среды
- Анализ окружающей среды: Учет факторов окружающей среды, таких как препятствия, рельеф местности и погодные условия, которые могут повлиять на движение цели.
- Исторические данные: Использование исторических данных о поведении цели для улучшения алгоритмов отслеживания.

7. Оптимизация управления
- Управление ресурсами: Оптимизация использования доступных ресурсов для слежения за целью, включая выбор оптимальных режимов работы сенсоров.
- Реакция на изменения: Быстрая адаптация к изменениям в поведении цели и окружающей среде.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Определить скорость вращения антенны РЛС кругового обзора, если время обзора 6 с.

Правильный ответ:
Скорость вращения антенны радиолокационной станции (РЛС) кругового обзора можно определить, зная время одного полного оборота. Если время обзора составляет 6 секунд, это означает, что антенна делает полный оборот

за это время.
Скорость вращения ω (в радианах в секунду) можно рассчитать по формуле:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

где:

- T — время одного полного оборота (в секундах),
- 2π — полный угол в радианах (360 градусов).

Подставим значение времени:

$$\omega = \frac{2\pi}{6} \approx 1.0472\,\text{рад/с}$$

Теперь, если нужно перевести скорость вращения в обороты в минуту (об/мин), используем следующую формулу:

$$\text{об/мин} = \omega \cdot \frac{60}{2\pi}$$

Подставим значение:

$$\text{об/мин} = 1.0472 \cdot \frac{60}{2\pi} \approx 10\,\text{об/мин}$$

Таким образом, скорость вращения антенны РЛС кругового обзора составляет примерно 1.05 рад/с или 10 об/мин.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_4

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Постановка задачи в марковской теории фильтрации координат и параметров движения объектов по данным траекторных наблюдений.
Правильный ответ:
В условиях динамической среды часто возникает необходимость отслеживания и оценки состояния движущихся объектов на основе последовательных наблюдений. Для решения этой задачи эффективно применяется марковская теория фильтрации, которая позволяет оценивать состояние системы с учетом неопределенности, связанной как с динамикой объекта, так и с шумами в наблюдениях.
1. Определение системы и состояния
Рассмотрим объект, движущийся в пространстве. Состояние объекта в момент времени *t* описывается вектором состояния:

$$\mathbf{x}_t = [x_t, y_t, v_x, v_y]^T$$

где:

- (xt,yt) — координаты объекта,
- (vx,vy) — компоненты скорости объекта по координатам x и y.

Наблюдения, получаемые от сенсоров, обозначим вектором:

$$\mathbf{z}_t = [z_{x,t}, z_{y,t}]^T$$

где Zx,t и Zy,t — измеренные координаты объекта.
2. Модель динамики объекта
Динамика объекта может быть описана марковским процессом. Мы будем использовать линейную модель состояния, которая учитывает как движение объекта, так и случайные влияния (шума):

$$\mathbf{x}_{t+1} = \mathbf{F}\mathbf{x}_t + \mathbf{w}_t$$

где:

- **F** — матрица перехода состояний, которая описывает, как состояние объекта изменяется с течением времени. Например, для простейшего случая движения с постоянной скоростью она может выглядеть следующим образом:

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

с Δt — интервал времени между наблюдениями,

- $\mathbf{w}t$ — вектор случайного шума, который моделирует неопределенности в динамике (предполагается, что $\mathbf{w}t \sim N(0,Q)$, где Q — ковариационная матрица шума).

3. Модель наблюдений

Наблюдения связаны с состоянием объекта через линейное уравнение:

$$\mathbf{z}_t = \mathbf{H}\mathbf{x}_t + \mathbf{v}_t$$

где:

- **H** — матрица наблюдений, которая может быть записана как:

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

- $\mathbf{v}t$ — вектор случайного шума наблюдений (предполагается, что $\mathbf{v}t \sim N(0, R)$, где R — ковариационная матрица шума наблюдений).

4. Цель фильтрации

Целью задачи является оценка состояния объекта $\mathbf{x}t$ на основе последовательности наблюдений $\{\mathbf{z}1,\mathbf{z}2,\ldots,\mathbf{z}t\}$. Мы стремимся вычислить апостериорное распределение состояния:

$$p(\mathbf{x}_t|\mathbf{z}_1, \mathbf{z}_2, \ldots, \mathbf{z}_t)$$

5. Алгоритм фильтрации

Процесс фильтрации включает два основных этапа: предсказание и обновление.

- Этап предсказания:

На каждом шаге времени мы предсказываем состояние и ковариацию на основе предыдущего состояния:

$$\mathbf{x}_{t|t-1} = \mathbf{F}\mathbf{x}_{t-1|t-1}$$

$$P_{t|t-1} = \mathbf{F}P_{t-1|t-1}\mathbf{F}^T + Q$$

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Алгоритмы сопоставления и привязки отметок к траектории
Правильный ответ:
1. Алгоритмы сопоставления
Сопоставление отметок к траектории может осуществляться с использованием различных методов, включая:

- **Методы на основе расстояния**:
  - **Евклидово расстояние**: Один из простейших подходов, который измеряет расстояние между точками на траектории и метками. Если расстояние меньше заданного порога, метка считается сопоставленной с точкой траектории.
  - **Метрики на основе времени**: учитывают временные метки, чтобы сопоставить точки, которые были измерены в близкие моменты времени.
- **Алгоритмы на основе графов**:
  - **Алгоритм Дейкстры или A***: используется для нахождения кратчайшего пути между точками на графе, представляющем траекторию и метки. Это может быть полезно, если траектория представляет собой сложную сеть.
- **Сопоставление на основе признаков**:
  - **Методы машинного обучения**: Использование алгоритмов, таких как k-ближайших соседей (k-NN) или поддерживающие векторные машины (SVM), для классификации и сопоставления меток на основе извлеченных признаков из траектории.

2. Алгоритмы привязки
Привязка отметок к траектории включает в себя установление связи между наблюдениями и заранее известными метками или контрольными точками. Основные подходы включают:

- **Фильтрация Калмана**:
  - Используется для оценки состояния движущегося объекта на основе последовательных наблюдений. Алгоритм может быть адаптирован для привязки наблюдений к известным меткам, обновляя предсказанное состояние на основе новых данных.
- **Системы позиционирования**:
  - Использование GPS или других систем позиционирования для привязки отметок к конкретным координатам на траектории. Это может быть дополнено фильтрацией для повышения точности.
- **Оптимизация на основе вероятностных моделей**:
  - **Скрытые марковские модели (HMM)**: используются для моделирования последовательностей наблюдений. Можно использовать для привязки меток к состояниям в модели,

основанной на вероятностных переходах.

- **Оптимизация по методу наименьших квадратов**:
  - Используется для минимизации разницы между предсказанными и наблюдаемыми значениями, что позволяет точно привязать метки к траектории.

3. Примеры применения

- **Робототехника**: В мобильной робототехнике алгоритмы сопоставления и привязки используются для навигации роботов в неизвестных средах, где они должны идентифицировать и отслеживать ключевые точки.
- **Геоинформационные системы (ГИС)**: Привязка отметок к географическим координатам для анализа пространственных данных и картографии.
- **Спортивный анализ**: Отслеживание и анализ движения спортсменов с использованием датчиков и камер для сопоставления их движений с заранее известными метками на поле.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Какая из двух радиолокационных систем характеризуется меньшим временем обнаружения цели? Первая радиолокационная система имеет узкий иглообразный луч, сканирующий по азимуту на 360 и углу места (винтовой обзор). Вторая состоит из двух РЛС – кругового обзора и высотомера.

Правильный ответ:

Для оценки времени обнаружения цели радиолокационных систем необходимо учитывать несколько факторов, включая тип обзора, ширину луча, скорость сканирования и характеристики самой цели.

1. **Первая радиолокационная система**:
   - Узкий иглообразный луч позволяет более точно определять местоположение цели, однако такой луч обычно требует больше времени для полного сканирования пространства, особенно если он сканирует по азимуту на 360° и углу места (винтовой обзор).
   - Время обнаружения может быть увеличено из-за необходимости полного оборота антенны для поиска цели.
2. **Вторая радиолокационная система**:
   - Состоит из двух РЛС: одна с круговым обзором, которая может быстро охватывать пространство, и высотомер, который может определять высоту цели.
   - Круговой обзор позволяет быстро обнаруживать цели в горизонтальной плоскости, что значительно сокращает время обнаружения по сравнению с иглообразным лучом, который требует более тщательной настройки.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_5

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Линейные и нелинейные алгоритмы обработки
Правильный ответ:
Линейные алгоритмы
Определение: Линейные алгоритмы — это алгоритмы, которые выполняют операции последовательно, шаг за шагом, где время выполнения пропорционально количеству входных данных. Они обычно имеют сложность O(n), где n — количество элементов во входных данных.
Характеристики:

- **Простота**: Линейные алгоритмы часто проще в реализации и понимании.
- **Предсказуемость**: Время выполнения линейного алгоритма легко предсказать, так как оно зависит от размера входных данных.
- **Применение**: Линейные алгоритмы хорошо подходят для задач, где данные можно обработать последовательно, например, в поиске, сортировке и фильтрации.

Примеры:

1. **Линейный поиск**: Поиск элемента в неотсортированном массиве, который проходит через каждый элемент последовательно.
2. **Сортировка вставками**: Алгоритм, который последовательно вставляет элементы в отсортированную часть массива.
3. **Суммирование элементов**: Подсчет суммы всех элементов в массиве.

Нелинейные алгоритмы
Определение: Нелинейные алгоритмы — это алгоритмы, которые обрабатывают данные не последовательно и могут включать более сложные структуры данных, такие как деревья, графы и т.д. Время выполнения может варьироваться в зависимости от структуры данных и алгоритма, и сложность может быть O (n log n), O(n^2) и выше.
Характеристики:

- **Сложность**: Нелинейные алгоритмы могут быть более сложными в реализации и понимании, но часто более эффективны для больших объемов данных.
- **Гибкость**: они могут обрабатывать данные более эффективно, используя различные стратегии, такие как деление и завоевание, динамическое программирование и жадные алгоритмы.
- **Применение**: Нелинейные алгоритмы применяются в задачах, где данные имеют сложные взаимосвязи или структуры, например, в графах, деревьях и оптимизационных задачах.

Примеры:

1. **Сортировка слиянием**: Делит массив на под массивы, сортирует их и затем объединяет, имея сложность O (n log n).
2. **Алгоритм Дейкстры**: используется для нахождения кратчайшего пути в графе, имеет сложность O(V^2) или O (E log V) в зависимости от реализации.
3. **Динамическое программирование**: Решение задач оптимизации, таких как задача о рюкзаке, где результаты подзадач используются для построения решения общей задачи.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Алгоритм сопровождения траектории

Правильный ответ:

Основные компоненты алгоритма сопровождения траектории

1. Сенсоры и сбор данных:
   - Используются различные сенсоры и устройства для получения информации о положении объекта. Это могут быть камеры, лидары, ультразвуковые датчики, GPS и др.
   - Данные могут включать координаты, скорость, направление и другие параметры.
2. Предобработка данных:
   - Данные, полученные от сенсоров, могут содержать шум и ошибки. Поэтому их необходимо фильтровать и обрабатывать для повышения точности.
   - Используются методы, такие как фильтрация Калмана или медианная фильтрация, для сглаживания данных.
3. Определение состояния объекта:
   - На основе собранных данных алгоритм определяет текущее состояние объекта, включая его позицию, скорость и направление.
   - Используются математические модели движения, такие как уравнения кинематики.
4. Отслеживание траектории:
   - Алгоритм отслеживает изменения состояния объекта во времени, создавая его траекторию.
   - Для этого могут использоваться различные методы, такие как:

        - Методы на основе фильтрации (например, фильтр Калмана).
        - Методы на основе предсказания (например, предсказание на основе модели движения).
        - Алгоритмы машинного обучения (например, нейронные сети для предсказания будущих позиций).
5. Коррекция и обновление:
    - Алгоритм постоянно обновляет свои оценки на основе новых данных, корректируя траекторию в реальном времени.
    - Используются методы коррекции, чтобы учесть возможные ошибки в измерениях или изменения в движении объекта.

Применение алгоритмов сопровождения траектории

1. Робототехника:
    - Используются для навигации мобильных роботов, позволяя им следовать заданной траектории или избегать препятствий.
2. Автономные транспортные средства:
    - Алгоритмы отслеживания траектории помогают автомобилям определять свое местоположение и планировать маршруты.
3. Компьютерное зрение:
    - Используются для отслеживания движущихся объектов в видео, например, в системах видеонаблюдения или при анализе спортивных событий.
4. Аэрокосмические технологии:
    - Применяются для отслеживания полетов дронов и других летательных аппаратов.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Определить время обзора РЛС с круговым методом обзора и количество импульсов, попадающих на цель за время прохода ее лучом, если скорость вращения антенны 15 об/мин, ширина ДНА в азимутальной плоскости 3,5гр., частота повторения зондирующих импульсов 700 Гц.

Правильный ответ:

1. Определение времени обзора

Время обзора (T) — это время, за которое антенна РЛС совершает полный оборот (360 градусов). Скорость вращения антенны задана как 15 об/мин.

Для нахождения времени одного оборота:

$$T = \frac{1\ \text{мин}}{15\ \text{об}} = \frac{60\ \text{сек}}{15} = 4\ \text{сек}$$

Таким образом, время обзора РЛС составляет 4 секунды.

2. Определение угловой скорости антенны

Скорость вращения антенны можно перевести в угловую скорость (ω):

$$\omega = 15\ \text{об/мин} \times \frac{360\ \text{градусов}}{1\ \text{об}} \times \frac{1\ \text{мин}}{60\ \text{сек}} = 90\ \text{градусов/сек}$$

3. Определение времени, за которое антенна проходит ширину ДНА

Ширина диаграммы направленности антенны (ДНА) в азимутальной плоскости составляет 3,5 градуса. Чтобы определить, сколько времени антенна будет находиться в пределах этой ширины, можно использовать следующую формулу:

$$t_{\text{ДНА}} = \frac{\text{Ширина ДНА}}{\omega}$$

Где:

- Ширина ДНА = 3,5 градуса
- ω = 90 градусов/сек

Подставим значения:

$$t_{\text{ДНА}} = \frac{3,5\ \text{градуса}}{90\ \text{градусов/сек}} \approx 0,0389\ \text{сек}$$

4. Определение количества импульсов, попадающих на цель

Частота повторения зондирующих импульсов составляет 700 Гц, что означает, что за 1 секунду происходит 700 импульсов. Чтобы найти количество импульсов, которые попадают на цель за время, равное времени, за которое антенна проходит ширину ДНА:

$$N = t_{\text{ДНА}} \times \text{Частота}$$

Где:

- tДНА≈0,0389 сек
- Частота = 700 Гц

Подставим значения:

$$N = 0,0389\ \text{сек} \times 700\ \text{импульсов/сек} \approx 27,23$$

Итоговые результаты

- **Время обзора РЛС**: 4 секунды
- **Количество импульсов, попадающих на цель за время прохода ее лучом**: примерно 27 импульсов (округляя до целого числа).

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_6

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Линейный фильтр Калмана, структура алгоритма обработки
Правильный ответ:
Структура алгоритма фильтра Калмана
1. Инициализация

- Установите начальное состояние системы x^0|0.
- Установите начальную ковариацию состояния P0|0.

2. Цикл обработки (для каждого временного шага *k*)

1. **Прогнозирование:**
   - Прогноз состояния:

$$\hat{x}_{k|k-1} = F_k \hat{x}_{k-1|k-1} + B_k u_k$$

- где:
  - x^k|k−1x^k|k−1 — предсказанное состояние на шаге kk.
  - Fk — матрица перехода состояния.
  - x^k−1|k−1 — оценка состояния на предыдущем шаге.
  - Bk — матрица управления.
  - uk — вектор управления.
- **Прогноз ковариации**:

$$P_{k|k-1} = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + Q_k$$

  - где:
    - Pk|k−1Pk|k−1 — ковариационная матрица предсказанного состояния.
    - Pk−1|k−1Pk−1|k−1 — ковариационная матрица оцененного состояния на предыдущем шаге.
    - Qk — ковариационная матрица процесса (шум процесса).

2. **Измерение**:

- Получите новое измерение *zk*.

3. **Обновление**:
   - **Вычисление калмановского усиления**:

$$K_k = P_{k|k-1} H_k^T (H_k P_{k|k-1} H_k^T + R_k)^{-1}$$

- где:
  - *Kk* — калмановское усиление.
  - *Hk* — матрица наблюдения.
  - *Rk* — ковариационная матрица измерений (шум измерений).
- **Обновление состояния**:

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k (z_k - H_k \hat{x}_{k|k-1})$$

- где:
  - x^k|k — обновленное состояние на шаге *k*.
- **Обновление ковариации**:

$$P_{k|k} = (I - K_k H_k) P_{k|k-1}$$

  - где:
    - Pk|k — коварициoнная матрица обновленного состояния.
    - *I* — единичная матрица.

3. Вывод

- После завершения цикла у вас будет оцененное состояние системы *x^k|k* и соответствующая ковариация *Pk|k* на каждом временном шаге.

Применение фильтра Калмана

Фильтр Калмана находит применение в различных областях, таких как:

- **Навигация**: отслеживание положения и скорости объектов (например, в GPS).
- **Робототехника**: для определения положения и ориентации роботов.
- **Обработка сигналов**: фильтрация и восстановление сигналов.
- **Финансовый анализ**: для оценки и прогнозирования временных рядов.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Алгоритм селекции отметок по минимуму отклонения от центра строба.

Правильный ответ:

Основные шаги алгоритма селекции отметок по минимуму отклонения от центра строба:

1. **Определение центра строба:**
   - Выберите центральное значение (например, среднее, медиану или другое значение, которое будет служить центром строба). Это значение будет использоваться для оценки отклонений.

C=функция(X)
где *C* — центр строба, а *X* — набор данных.

2. **Вычисление отклонений:**
   - Для каждого значения в наборе данных *X* вычислите отклонение от центра строба:

$$D_i = |X_i - C|$$

где *Di* — отклонение для *i*-й отметки, а *Xi* — значение *i*-й отметки.

3. **Сортировка отклонений:**
   - Отсортируйте значения по возрастанию отклонений:

$$D_{\text{sorted}} = \text{сортировка}(D)$$

4. **Выбор отметок:**

- Определите пороговое значение или количество отметок, которые вы хотите выбрать. Например, вы можете выбрать N*N* отметок с наименьшими отклонениями:

$$\text{Selected} = \{X_i | D_i \text{ минимально}, i = 1, 2, \ldots, N\}$$

5. **Вывод результатов**:
   - Верните выбранные отметки, которые имеют минимальное отклонение от центра строба.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Определить количество импульсов, попадающих на цель за время прохода через нее луча в РЛС кругового обзора, если скорость вращения антенны 40 об/мин, ширина ДНА по азимуту 4 , частота повторения зондирующих импульсов 500 Гц.

Правильный ответ:

1. **Скорость вращения антенны**: 40 об/мин.
2. **Ширина диаграммы направленности антенны (ДНА) по азимуту**: 4°.
3. **Частота повторения зондирующих импульсов**: 500 Гц.

Шаг 1: Определение времени прохода луча через ДНА

Сначала найдем время, необходимое для прохождения луча через ширину ДНА. Скорость вращения антенны в радианах в секунду можно вычислить следующим образом:

$$\text{Скорость вращения} = 40 \text{ об/мин} = \frac{40}{60} \text{ об/с} \approx 0.6667 \text{ об/с}$$

Так как один оборот соответствует 2π2π радианам, скорость вращения в радианах в секунду:

$$\omega = 0.6667 \times 2\pi \approx 4.1888 \text{ рад/с}$$

Теперь найдем время, необходимое для прохождения ширины ДНА (4°) в радианах:

$$\text{Ширина ДНА в радианах} = \frac{4 \times \pi}{180} \approx 0.0698 \text{ рад}$$

Теперь можем рассчитать время прохождения луча через ДНА:

$$t_{\text{проход}} = \frac{\text{Ширина ДНА в радианах}}{\omega} = \frac{0.0698}{4.1888} \approx 0.0167 \text{ с}$$

Шаг 2: Определение количества импульсов

Теперь, зная время прохождения луча через ДНА, мы можем определить количество импульсов, попадающих на цель. Частота повторения импульсов составляет 500 Гц, что означает, что за одну секунду отправляется 500 импульсов.

Следовательно, количество импульсов, попадающих на цель за время tпроход:

$$N = \text{Частота импульсов} \times t_{\text{проход}} = 500 \times 0.0167 \approx 8.35$$

Так как количество импульсов должно быть целым числом, мы округляем до ближайшего целого

$$N \approx 8$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_7

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Постановка задачи обнаружения траектории
Правильный ответ:
1. Определение цели задачи
Цель: определить и отслеживать траекторию движущегося объекта (например, автомобиля, пешехода, самолета и т.д.) в заданной области.
2. Сбор данных
Данные: определите, какие данные будут использоваться для обнаружения траектории. Это могут быть:
- Данные от сенсоров (например, GPS, LiDAR, камеры, радары).
- Данные о местоположении и времени.
- Измерения скорости и направления движения.

3. Модель движения
Модель: определите модель, которая будет использоваться для описания движения объекта. Это может быть:
- Простой линейный модель (например, постоянная скорость).
- Нелинейные модели (например, модели с учетом ускорения, поворотов).
- Модели, учитывающие физические законы (например, уравнения движения).

4. Алгоритмы обработки данных
Алгоритмы: Выберите алгоритмы, которые будут использоваться для обработки данных и обнаружения траектории. Это могут быть:
- Фильтры Калмана для отслеживания состояния объекта.
- Алгоритмы машинного обучения для классификации и предсказания движения.
- Методы компьютерного зрения для извлечения информации из изображений.

5. Критерии оценки

Оценка: определите, как будет оцениваться качество обнаружения траектории. Это может включать:

- Точность и надежность отслеживания.
- Скорость обработки данных.
- Устойчивость к шуму и помехам.

6. Реализация и тестирование

Реализация: Разработайте прототип системы, которая будет использовать выбранные модели и алгоритмы.

- Проведите тестирование на реальных данных.
- Оцените результаты и произведите необходимые корректировки.

7. Применение результатов

Применение: определите, как результаты обнаружения траектории будут использоваться. Примеры применения:

- Автономные транспортные средства.
- Системы безопасности (например, мониторинг движения).
- Спортивный анализ (отслеживание движения спортсменов).

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Критерий наименьших квадратов

Критерий наименьших квадратов — это метод, используемый в статистике и математике для оценки параметров модели, минимизируя сумму квадратов отклонений между наблюдаемыми значениями и значениями, предсказанными моделью. Этот метод широко применяется в регрессионном анализе, когда необходимо найти наилучшие параметры для линейной или нелинейной модели.

Правильный ответ:

Основные аспекты критерия наименьших квадратов:

1. **Формулировка задачи:**
   - Пусть у нас есть набор данных, состоящий из пар (xi,yi), где xi — независимая переменная, а yi — зависимая переменная.
   - Мы хотим найти функцию f(x)$f(x)$ (например, линейную функцию $f(x)=ax+b$, которая наилучшим образом описывает зависимость y от x.
2. **Сумма квадратов отклонений:**
   - Определяем ошибку для каждого наблюдения как $ei=yi-f(xi)$.
   - Сумма квадратов ошибок будет равна

$$S = \sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - f(x_i))^2$$

   - Наша цель — минимизировать эту сумму S.
3. **Минимизация:**
   - Для линейной модели $f(x)=ax+b$ мы можем выразить сумму квадратов как:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (y_i - (ax_i + b))^2$$

- Для нахождения оптимальных значений параметров a и b мы можем использовать методы дифференцирования, чтобы найти точки минимума.

4. **Условия нормальности**:
   - Для применения критерия наименьших квадратов предполагается, что ошибки (отклонения) имеют нормальное распределение с нулевым средним и постоянной дисперсией.
5. **Решение**:
   - Для линейной регрессии можно получить аналитические решения для коэффициентов a и b с использованием формул:

$$a = \frac{n(\sum x_i y_i) - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i)(\sum x_i y_i)}{n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}$$

6. **Применение**:
   - Критерий наименьших квадратов используется в различных областях, включая экономику, инженерию, биостатистику и многие другие, для построения моделей предсказания и анализа данных.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Определить частоту повторения зондирующих импульсов РЛС при круговом методе обзора, если ширина ДНА по азимуту составляет 5 □. На цель должно попасть не менее 10 и не более 50 импульсов за время обзора пространства 1с.

Правильный ответ:
Дано:

- Ширина ДНА по азимуту Δα=5∘Δα=5∘
- Минимальное количество импульсов на цель Nmin=10
- Максимальное количество импульсов на цель Nmax=50
- Время обзора пространства T=1с

Шаги для расчета:

1. **Определение угловой скорости**:
   Время, за которое антенна совершает полный оборот, составляет Tобзор=1с. Полный оборот соответствует 360∘.

Угловая скорость антенны:

$$\omega = \frac{360^\circ}{T_{\text{обзор}}} = \frac{360^\circ}{1\,\text{с}} = 360^\circ/\text{с}$$

2. **Определение времени, за которое антенна проходит ширину ДНА**: Время *T*ДНА, за которое антенна проходит ширину ДНА, можно найти следующим образом:

$$T_{\text{ДНА}} = \frac{\Delta\alpha}{\omega} = \frac{5^\circ}{360^\circ/\text{с}} = \frac{5}{360}\,\text{с} \approx 0.01389\,\text{с}$$

3. **Определение необходимого количества импульсов**: Если антенна должна послать от 10 до 50 импульсов за время обзора 1 с, то частота повторения импульсов *f* может быть найдена как:

$$f = \frac{N}{T_{\text{ДНА}}}$$

где *N* — количество импульсов, попадающих на цель.

Подставим значения для минимального и максимального количества импульсов:

- Для *N*min=10:

$$f_{\min} = \frac{10}{T_{\text{ДНА}}} = \frac{10}{0.01389\,\text{с}} \approx 720\,\text{Гц}$$

- Для Nmax=50:

$$f_{\max} = \frac{50}{T_{\text{ДНА}}} = \frac{50}{0.01389\,\text{с}} \approx 3600\,\text{Гц}$$

Ответ:

Частота повторения зондирующих импульсов РЛС при круговом методе обзора должна составлять от примерно **720 Гц** до **3600 Гц**, чтобы обеспечить попадание от 10 до 50 импульсов на цель за 1 секунду.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_8

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Критерий и алгоритмы завязки траекторий
Правильный ответ:
Критерии завязки траекторий

1. **Оптимальность**:
   - Минимизация времени или расстояния: Определение траектории, которая требует наименьшего времени или расстояния для достижения цели.
   - Минимизация затрат энергии: Учет энергозатрат для движения, что особенно важно для мобильных роботов или транспортных средств.
2. **Безопасность**:
   - Избежание препятствий: Траектория должна быть спроектирована таким образом, чтобы избежать столкновений с препятствиями или другими объектами.
   - Учет динамики объекта: Траектория должна соответствовать динамическим ограничениям движущегося объекта (например, максимальная скорость, ускорение).
3. **Комфорт**:
   - Минимизация резких маневров: Уменьшение ускорений и угловых скоростей для обеспечения плавности движения, что важно для пассажирского транспорта.
4. **Соблюдение ограничений**:
   - Ограничения по пространству: Траектория должна оставаться в пределах допустимых границ (например, дорожная сеть).
   - Ограничения по времени: Выполнение задачи в заданные временные рамки.

Алгоритмы завязки траекторий

1. **Алгоритмы на основе графов**:

    - **Алгоритм Дейкстры**: используется для нахождения кратчайшего пути в графе, где узлы представляют позиции, а ребра — возможные пути между ними.
    - *A (А-звезда) **: Расширение алгоритма Дейкстры с эвристикой, что позволяет быстрее находить оптимальный путь с учетом расстояния до цели.
2. **Методы оптимизации**:
    - **Методы градиентного спуска**: используются для минимизации функции стоимости, определяющей качество траектории.
    - **Методы динамического программирования**: применяются для решения задач оптимизации с учетом состояний и действий.
3. **Алгоритмы на основе симуляции**:
    - **Методы Monte Carlo**: используются для оценки различных траекторий и выбора наилучшей на основе случайных выборок.
    - **Алгоритмы на основе эволюции**: используют механизмы естественного отбора для генерации и оптимизации траекторий.
4. **Методы искусственного интеллекта**:
    - **Глубокое обучение**: Использование нейронных сетей для предсказания оптимальных траекторий на основе больших объемов данных.
    - **Робастные методы**: Алгоритмы, которые учитывают неопределенности в окружающей среде и динамике объекта.
5. **Алгоритмы для мобильных роботов**:
    - **Rapidly-exploring Random Tree (RRT)**: Генерация случайных траекторий, которые быстро исследуют пространство, что позволяет находить пути в сложных условиях.
    - **Potential Fields**: Использование потенциальных полей для управления движением объекта, где цели создают притяжение, а препятствия — отталкивание.

Применение

Завязка траекторий может быть применена в различных областях, таких как:

- **Автономные транспортные средства**: Оптимизация маршрутов для автомобилей, дронов и других транспортных средств.
- **Робототехника**: Управление движением промышленных роботов или сервисных роботов в сложных средах.
- **Авионика**: Оптимизация траекторий для самолетов и беспилотных летательных аппаратов.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Критерий минимума среднеквадратической ошибки

Правильный ответ:

Формула

MSE рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{MSE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2$$

где:

- nn — общее количество наблюдений,
- yiy_i — фактическое значение,
- y^i$\hat{y}_i$ — предсказанное значение моделью.

Интерпретация

- **Низкое значение MSE**: указывает на то, что предсказания модели близки к фактическим значениям, что свидетельствует о хорошей точности модели.
- **Высокое значение MSE**: указывает на то, что модель плохо предсказывает значения, и есть значительные расхождения между предсказанными и фактическими значениями.

Применение в завязке траекторий

В контексте завязки траекторий MSE может быть использован для оценки качества предсказанных траекторий по сравнению с желаемыми или эталонными траекториями. Например:

1. **Оптимизация траектории**: При использовании методов оптимизации для нахождения траектории можно минимизировать MSE между предсказанной траекторией и желаемой траекторией, что позволяет улучшить точность движения.
2. **Обучение моделей**: В алгоритмах машинного обучения, таких как регрессионные модели, MSE может служить функцией потерь, которую нужно минимизировать во время обучения, чтобы повысить точность предсказаний.
3. **Сравнение алгоритмов**: MSE может быть использован для сравнения различных алгоритмов завязки траекторий, позволяя выбрать наиболее эффективный метод для конкретной задачи.

Преимущества и недостатки

Преимущества:

- Простота в вычислении и интерпретации.
- Чувствительность к большим ошибкам, что позволяет выявлять модели с серьезными отклонениями.

Недостатки:

- Чувствительность к выбросам: большие ошибки оказывают значительное влияние на итоговое значение MSE.
- Не учитывает направление ошибок, так как квадратичная функция делает все ошибки положительными.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

В РЛС сопровождения с коническим сканированием используется луч круглого сечения шириной 5гр. Ось вращения отклонена от оси луча на

угол 0,5 $\Theta_{0,5}$. Луч совершает 40 об/с. Определить время облучения цели в течение каждого оборота луча, если принять, что цель отклонена от оси вращения на угол 0,5 $\Theta_{0,5}$.

Правильный ответ:

Данные задачи:

- Ширина луча: $\Delta\theta=5^\circ$
- Угол отклонения оси вращения от оси луча: $\Theta 0=0.5\ \Delta\theta=0.5\times 5^\circ=2.5^\circ$
- Частота вращения луча: f=40 об/с

Шаг 1: Определение угла, в котором облучается цель

Если цель отклонена от оси вращения на угол $\Theta 0=2.5^\circ$, то фактически она будет находиться в пределах облучаемого диапазона луча, если её угол отклонения находится в пределах ширины луча.

Шаг 2: Определение угла облучения

Угол, в котором луч облучает цель, можно определить как:

$$\Delta\theta_{\text{эфф}} = \Delta\theta + 2\Theta_0 = 5^\circ + 2\times 2.5^\circ = 10^\circ$$

Шаг 3: Определение времени облучения

Время облучения цели можно найти, используя скорость вращения луча. Для этого нужно вычислить, сколько времени луч будет находиться в пределах угла облучения.

1. Полный оборот составляет 360°.
2. Угол, в котором луч облучает цель, составляет 10°.
3. Доля времени, в течение которого луч облучает цель за один оборот:

$$\frac{\Delta\theta_{\text{эфф}}}{360^\circ} = \frac{10^\circ}{360^\circ} = \frac{1}{36}$$

4. Период одного оборота:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{40}\,\text{с} = 0.025\,\text{с}$$

5. Время облучения цели:

$$t_{\text{облуч}} = T\times\frac{1}{36} = 0.025\times\frac{1}{36} \approx 0.0006944\,\text{с} \approx 0.6944\,\text{мс}$$

Ответ:

Время облучения цели в течение каждого оборота луча составляет примерно **0.6944 мс**

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_9

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Строб захвата: порядок формирование и описание процесса
Правильный ответ:

Порядок формирования строба захвата:

1. **Определение цели захвата**:
   - Определите, какие данные необходимо захватить (например, изображение, видео, сигнал).
   - Установите параметры захвата, такие как частота, разрешение и длительность.
2. **Синхронизация с источником сигнала**:
   - Установите синхронизацию с источником сигнала или события, чтобы знать, когда именно производить захват.
   - Используйте таймеры или триггеры для определения момента захвата.
3. **Формирование строба**:
   - Создайте сигнал строба, который будет активироваться в определенные моменты времени. Это может быть выполнено с помощью генератора сигналов или программного обеспечения.
   - Сигнал строба должен быть коротким и четким, чтобы минимизировать влияние на захватываемые данные.
4. **Захват данных**:
   - В момент активации строба выполните захват данных. Это может быть сделано с помощью камеры, датчика или другого устройства захвата.
   - Убедитесь, что захват происходит в течение кратковременного окна, чтобы избежать искажений.
5. **Обработка захваченных данных**:
   - После захвата данных выполните их обработку. Это может включать фильтрацию, коррекцию, анализ и визуализацию.

- Используйте алгоритмы обработки сигналов или изображений для улучшения качества данных.

6. **Хранение и анализ**:
   - Сохраните обработанные данные для дальнейшего анализа. Это может быть выполнено в виде файлов, баз данных или в облачных системах.
   - Проведите анализ данных для достижения поставленных целей, таких как распознавание образов, анализ сигналов и т. д.

Описание процесса:

- **Синхронизация**: Важный этап, который определяет, когда именно данные будут захвачены. Это может быть сделано с использованием внешних триггеров или внутренних таймеров.
- **Захват**: Процесс, в котором данные фиксируются в момент активации строба. Это позволяет избежать размытия и искажений, которые могут возникнуть при непрерывном захвате.
- **Обработка**: после захвата данные обрабатываются для удаления шумов, коррекции и улучшения качества. Это может включать использование различных алгоритмов, таких как фильтрация, интерполяция и т. д.
- **Анализ**: после обработки данные анализируются для получения информации, принятия решений или дальнейшего использования в приложениях.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Критерий максимального правдоподобия

Правильный ответ:

Основные понятия

1. **Функция правдоподобия:**
   - Для заданной модели и наблюдаемых данных, функция правдоподобия $L(\theta;X)$ определяется как вероятность получения данных X при заданных параметрах θ.
   - Если данные независимы и идентично распределены (i.i.d.), функция правдоподобия может быть записана как произведение вероятностей для каждого наблюдения:

$$L(\theta; X) = P(X_1, X_2, \ldots, X_n|\theta) = \prod_{i=1}^{n} P(X_i|\theta)$$

2. **Логарифмическая функция правдоподобия**:
   Для удобства вычислений часто используется логарифм функции правдоподобия, называемый логарифмической функцией правдоподобия:

$$\ell(\theta; X) = \log L(\theta; X)$$

   Максимизация логарифмической функции правдоподобия

эквивалентна максимизации функции правдоподобия.

1. **Оценка параметров**:
   - Оценка параметров модели θ^ получается путем нахождения значения θ, которое максимизирует функцию правдоподобия:

$$\hat{\theta} = \arg\max_{\theta} L(\theta; X) \quad \text{или} \quad \hat{\theta} = \arg\max_{\theta} \ell(\theta; X)$$

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Необходимо обеспечить потенциальную разрешающую способность РЛС по дальности не хуже 60 м. Какова должна быть длительность немодулированного зондирующего импульса с гауссовой огибающей?
Правильный ответ:
Разрешающая способность по дальности определяется как:

$$\Delta R = \frac{c}{2 \cdot B}$$

где:

- ΔR — разрешающая способность по дальности (в метрах),
- c — скорость света (примерно 3×10^8 м/с),
- B — полоса частот (в герцах).

Для импульса с гауссовой огибающей, длительность импульса T и полоса частот B связаны следующим образом:

$$B = \frac{1}{T}$$

Теперь, подставив это выражение в формулу разрешающей способности, получаем:

$$\Delta R = \frac{c \cdot T}{2}$$

Для обеспечения разрешающей способности не хуже 60 м, подставим это значение в формулу:

$$60 = \frac{3 \times 10^8 \cdot T}{2}$$

Теперь решим это уравнение относительно T:

$$T = \frac{60 \cdot 2}{3 \times 10^8} = \frac{120}{3 \times 10^8} = 4 \times 10^{-7}\ \text{с} = 400\ \text{нс}$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_10

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Обнаружение траектории на основе теории статистического последовательного анализа
Правильный ответ:
Основные концепции

1. **Статистический анализ**:
   - Использует методы статистики для обработки и анализа данных, чтобы выявить закономерности и аномалии.
   - Включает оценку параметров, тестирование гипотез и построение доверительных интервалов.
2. **Последовательный анализ**:
   - Это метод, который позволяет анализировать данные по мере их поступления, что особенно полезно в реальном времени.
   - Позволяет адаптивно обновлять оценки и принимать решения на основе новых данных.
3. **Обнаружение изменения**:
   - Основная цель — выявить изменения в траектории объекта, когда его поведение меняется (например, изменение скорости, направления и т.д.).
   - Используются различные статистические тесты и алгоритмы для обнаружения изменений.

Алгоритмы для обнаружения траектории

1. **Фильтры Калмана**:
   - Используются для оценки состояния динамической системы, основанные на линейной модели.
   - Позволяют предсказывать будущее состояние системы на основе предыдущих измерений и моделей.
2. **Методы на основе вероятностных графов**:

- Используются для моделирования сложных зависимостей между переменными.
- Например, скрытые марковские модели (HMM) могут быть использованы для отслеживания траекторий в случае, когда состояние системы не может быть наблюдаемым напрямую.

3. **Алгоритмы обнаружения изменений**:
    - Например, алгоритмы CUSUM (Cumulative Sum Control Chart) и Shewhart используются для мониторинга последовательностей данных и выявления отклонений от ожидаемого поведения.

Применение

1. **Радиолокация**:
    - Обнаружение и отслеживание движущихся объектов (например, самолетов, автомобилей) на основе радиолокационных данных.
2. **Компьютерное зрение**:
    - Определение и отслеживание движущихся объектов на видео или в изображениях.
3. **Финансовые временные ряды**:
    - Анализ и прогнозирование изменений в ценах на акции, валют и других финансовых инструментов.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Форма и размеры корреляционных стробов

Правильный ответ:

Форма корреляционных стробов

1. **Прямоугольные стробы:**
    - Простая форма, где корреляция рассматривается в фиксированных интервалах времени.
    - Используется для анализа постоянных или периодических сигналов.
2. **Треугольные стробы:**
    - Обеспечивают более плавное наложение корреляции, уменьшая влияние резких изменений.
    - Часто используются в фильтрации сигналов.
3. **Гауссовские стробы:**
    - Обладают формой колокола, что позволяет учитывать влияние соседних значений.
    - Эффективны для анализа сигналов с шумом, так как сглаживают резкие изменения.
4. **Сигмоидные стробы:**
    - Используются для моделирования переходных процессов, где корреляция изменяется постепенно.
    - Полезны в задачах, связанных с нелинейными системами.

Размеры корреляционных стробов

1. **Ширина строба:**

- Определяет, насколько долго корреляция сохраняется во времени.
- Узкие стробы могут быть чувствительнее к быстрым изменениям, но могут пропускать долгосрочные зависимости.
- Широкие стробы могут захватывать более длительные зависимости, но могут быть менее чувствительными к быстрым изменениям.

2. **Длина строба:**
   - Количество временных точек, включенных в анализ.
   - Длина строба может варьироваться в зависимости от частоты данных и специфики задачи.
   - Более длинные стробы могут дать более надежные оценки, но могут привести к потере временной разрешающей способности.
3. **Параметры нормализации:**
   - Корреляционные стробы могут требовать нормализации для учета различных масштабов сигналов.
   - Это может включать в себя стандартизацию значений или применение весов.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Проектируемая радиолокационная станция должна иметь минимальную дальность действия 160 м. Определить необходимую длительность импульса, если время восстановления разрядника, применяемого в качестве антенного переключателя, равно 0,2 мкс.

Правильный ответ:

Для определения необходимой длительности импульса радиолокационной станции, учитывая минимальную дальность действия и время восстановления разрядника, можно воспользоваться следующими соотношениями.

1. **Минимальная дальность действия** *d*min радиолокационной станции:

$$d_{\text{min}} = 160\,\text{м}$$

2. **Скорость распространения радиоволн**: В вакууме или воздухе скорость света *c* примерно равна 3×10^8 м/с
3. **Время, необходимое для прохождения радиоволны до цели и обратно**:

$$t_{\text{round-trip}} = \frac{2 \cdot d_{\text{min}}}{c}$$

Подставим значения:

$$t_{\text{round-trip}} = \frac{2 \cdot 160\,\text{м}}{3 \times 10^8\,\text{м/с}} \approx \frac{320}{3 \times 10^8} \approx 1.067 \times 10^{-6}\,\text{с} = 1.067\,\mu\text{s}$$

4. **Необходимая длительность импульса**: Длительность импульса должна быть достаточной для того, чтобы сигнал успел вернуться до момента, когда разрядник будет готов к следующему импульсу. Это означает, что длительность импульса T должна быть больше или равна времени восстановления разрядника $t$recovery плюс половина времени, необходимого для возврата сигнала:

   $$T \geq t_{\text{recovery}} + \frac{t_{\text{round-trip}}}{2}$$

   Подставим значения:

   $$T \geq 0.2\,\mu\text{s} + \frac{1.067\,\mu\text{s}}{2} \approx 0.2\,\mu\text{s} + 0.5335\,\mu\text{s} \approx 0.7335\,\mu\text{s}$$

   Таким образом, необходимая длительность импульса составляет не менее **0.7335 мкс**.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_11

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Алгоритмы метода серийных испытаний
Правильный ответ:
1. Постановка задачи

- **Определение цели**: четко сформулировать, что необходимо оценить или проверить (например, среднее значение, дисперсию, вероятность успеха и т.д.).
- **Формулировка гипотез**: установить нулевую гипотезу H0$H0$ и альтернативную гипотезу $H1$.

2. Выбор статистики

- **Определение статистики**: выбрать подходящую статистику (например, среднее, медиана, пропорция), которая будет служить критерием для принятия решения.
- **Определение критерия остановки**: установить правило, когда следует остановить испытания. Это может быть основано на значении статистики, числе испытаний или уровне значимости.

3. Проведение испытаний

- **Сбор данных**: проводить серию испытаний, собирая данные по мере их поступления.
- **Расчет статистики**: на каждом этапе расчет статистики на основе уже собранных данных.

4. Принятие решения

- **Сравнение с критерием**: сравнить рассчитанную статистику с заранее установленным критерием (например, критическим значением для уровня значимости).
- **Принятие или отклонение гипотезы**: на основании сравнения принять решение о том, отклоняется ли нулевая гипотеза или нет.

5. Оценка и интерпретация результатов

- **Оценка параметров**: если гипотеза была отклонена, оценить параметры распределения на основе собранных данных.
- **Интерпретация результатов**: интерпретировать результаты в контексте задачи, учитывая возможные ошибки первого и второго рода.

Примеры алгоритмов

1. **Алгоритм для оценки среднего значения**:
    - Начать с нулевой гипотезы о среднем значении.
    - На каждом шаге добавлять новое значение и пересчитывать среднее.
    - Проверять, превышает ли текущее среднее заданный порог.
    - Остановить испытания, если порог превышен, и принять решение.
2. **Алгоритм для проверки пропорций**:
    - Начать с нулевой гипотезы о пропорции успеха.
    - На каждом шаге добавлять результат испытания (успех или неудача).
    - Рассчитывать текущую пропорцию успехов.
    - Остановить испытания, если текущая пропорция значительно отличается от предполагаемой.
3. **Алгоритм для тестирования на основе последовательности**:
    - Использовать метод Биномиального теста или теста Вилкоксона для проверки гипотезы о распределении.
    - На каждом шаге оценивать статистику и сравнивать с критическими значениями.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Обнаружение траекторий целей

Правильный ответ:

1. Сбор данных

- **Сенсоры**: Использование различных сенсоров для сбора информации о целях, таких как:
    - Радарные системы (например, для обнаружения воздушных или наземных целей).
    - Камеры (для видеонаблюдения и анализа изображений).
    - Лидары (для 3D-сканирования и картографирования).
- **Данные**: Данные могут включать координаты, скорость, направление движения и временные метки.

2. Предобработка данных

- **Фильтрация**: Устранение шумов и аномалий в данных.
- **Калибровка**: Приведение данных к единой системе координат, если используются несколько сенсоров.

3. Обнаружение объектов

- **Методы компьютерного зрения**: Использование алгоритмов для

обнаружения и сегментации объектов на изображениях.
    - **Алгоритмы на основе признаков**: Использование методов, таких как HOG (Histogram of Oriented Gradients) или SIFT (Scale-Invariant Feature Transform).
    - **Глубокое обучение**: Применение нейронных сетей, таких как YOLO (You Only Look Once) или Faster R-CNN, для обнаружения объектов в реальном времени.
- **Радарные методы**: Использование методов обработки сигналов для обнаружения целей, таких как:
    - **Детекторы на основе энергии**: Определение наличия цели на основе полученной энергии сигнала.
    - **Методы обработки сигналов**: Использование Фурье-преобразования и других методов для выделения целей из шума.

4. Отслеживание объектов

- **Фильтры Калмана**: Использование фильтров Калмана для предсказания и обновления состояния цели на основе наблюдаемых данных.
- **Методы многократного отслеживания**: Применение алгоритмов, таких как MHT (Multiple Hypothesis Tracking) или JPDA (Joint Probabilistic Data Association), для отслеживания нескольких целей одновременно.
- **Системы слежения**: Использование методов, таких как Optical Flow, для отслеживания движения объектов между кадрами.

5. Построение траекторий

- **Интерполяция**: Применение методов интерполяции для создания непрерывных траекторий на основе дискретных наблюдений.
- **Моделирование движения**: Использование моделей движения (например, линейные, полиномиальные, модели с учетом физики) для предсказания будущего положения цели.
- **Анализ траекторий**: Изучение полученных траекторий для выявления закономерностей, таких как скорость, направление и поведение целей.

6. Оценка и валидация

- **Оценка точности**: Использование метрик, таких как RMSE (Root Mean Square Error) или MAE (Mean Absolute Error), для оценки точности обнаружения и отслеживания.
- **Валидация**: Сравнение результатов с эталонными данными или ручной разметкой для проверки точности алгоритмов.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Передатчик УКВ станции самолета, летящего со скоростью 900 км/ч по направлению к неподвижному радиоприемнику, настроен на частоту 180 МГц. Определить частоту Допплера.

Правильный ответ:

Формула для вычисления частоты, принимаемой приемником, выглядит следующим образом:

$$f' = f\left(\frac{c + v_r}{c - v_s}\right)$$

где:

- f' — частота, принимаемая приемником,
- f — исходная частота передатчика,
- c — скорость света (приблизительно 3×10^8 м/с),
- vr — скорость приемника (в данном случае 0, так как приемник неподвижен),
- vs — скорость источника (в данном случае скорость самолета).

Поскольку самолет движется к приемнику, скорость источника будет положительной. Прежде чем подставить значения, необходимо перевести скорость самолета из км/ч в м/с:

$$v_s = 900 \text{ км/ч} = \frac{900 \times 1000}{3600} \approx 250 \text{ м/с}$$

Теперь подставим значения в формулу. Поскольку приемник неподвижен, vr =0:

$$f' = f\left(\frac{c + 0}{c - v_s}\right) = f\left(\frac{c}{c - v_s}\right)$$

Подставим известные значения:

- f=180×10^6 Гц (180 МГц),
- c=3×10^8 м/с,
- vs=250 м/с.

Теперь подставим эти значения в формулу:

$$f' = 180 \times 10^6 \left(\frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^8 - 250}\right)$$

Сначала вычислим c−vs:

$$c - v_s = 3 \times 10^8 - 250 \approx 3 \times 10^8 \text{ м/с} \quad (\text{так как } 250 \text{ м/с незначительно меньше } 3 \times 10^8)$$

Теперь подставим это значение в формулу:

$$f' \approx 180 \times 10^6 \left(\frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^8}\right) = 180 \times 10^6 \text{ Гц}$$

Теперь найдем частоту Допплера. Частота Допплера (fD) определяется как разница между принимаемой частотой и исходной частотой:

$$f_D = f' - f$$

Подставим значения:

$$f_D = 180 \times 10^6 - 180 \times 10^6 \left(\frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^8 - 250} \right)$$

Чтобы упростить расчет:

$$f_D = 180 \times 10^6 \left(1 - \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^8 - 250} \right)$$

Теперь упростим выражение:

$$f_D = 180 \times 10^6 \left(\frac{(3 \times 10^8 - (3 \times 10^8 - 250))}{(3 \times 10^8 - 250)} \right) = 180 \times 10^6 \left(\frac{250}{3 \times 10^8 - 250} \right)$$

Теперь подставим значения и вычислим частоту Допплера:

$$f_D = 180 \times 10^6 \left(\frac{250}{3 \times 10^8 - 250} \right) \approx 180 \times 10^6 \left(\frac{250}{3 \times 10^8} \right) = 180 \times 10^6 \times \frac{250}{3 \times 10^8}$$

$$f_D \approx 180 \times 10^6 \times \frac{250}{3 \times 10^8}$$

Теперь подставим значения и выполним расчет:

1. **Вычислим коэффициент:**

$$\frac{250}{3 \times 10^8} \approx \frac{250}{300000000} = \frac{25}{30000000} \approx 8.33 \times 10^{-9}$$

2. **Теперь подставим это значение в формулу для *fD*:**

$$f_D \approx 180 \times 10^6 \times 8.33 \times 10^{-9}$$

3. **Выполним умножение:**

$$f_D \approx 180 \times 8.33 \times 10^{-3} \approx 1499.4 \text{ Гц}$$

Таким образом, частота Допплера составляет примерно

$$f_D \approx 1500 \text{ Гц} \quad (\text{или } 1.5 \text{ кГц})$$

Заключение

Частота Допплера, воспринимаемая неподвижным радиоприемником, составляет приблизительно 1500 Гц (или 1.5 кГц). Это означает, что из-за эффекта Допплера частота сигнала, получаемого приемником, будет выше исходной частоты передатчика на 1500 Гц.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_12

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Преобразование Хафа в задаче обнаружения траектории.
Правильный ответ:
Основные шаги преобразования Хафа для обнаружения траекторий:

1. **Предварительная обработка изображения**:
   - Удаление шума с помощью фильтров (например, гауссового фильтра).
   - Применение алгоритмов выделения границ (например, оператор Кэнни) для получения бинарного изображения, где границы объектов выделены.
2. **Преобразование Хафа**:
   - Для обнаружения линий в изображении используется параметрическое представление линии в виде

$$r = x\cos(\theta) + y\sin(\theta)$$

   - где r — расстояние от начала координат до линии, θ — угол наклона линии.
   - Каждая точка на изображении (например, пиксели границ) преобразуется в параметры линии (r,θ) в пространстве Хафа.
   - Создается двумерный массив (аккумулятор), где по осям находятся значения r и θ. При наличии точки на изображении, соответствующие значения r и θ увеличивают счетчик в аккумуляторе.
3. **Поиск максимальных значений в аккумуляторе**:
   - После заполнения аккумулятора необходимо найти локальные максимумы. Эти максимумы соответствуют наиболее вероятным линиям в изображении.
   - Параметры (r,θ) максимума переводятся обратно в координаты в пространстве изображения для рисования найденных линий.

4. **Обнаружение траекторий**:
    - Если задача состоит в обнаружении движущихся объектов, то на каждом кадре видео выполняется преобразование Хафа для обнаружения линий, представляющих траектории движения.
    - Линии могут быть соединены для формирования непрерывной траектории, которая может быть отслежена на протяжении нескольких кадров.
5. **Фильтрация и постобработка**:
    - Применяются алгоритмы фильтрации для исключения ложных срабатываний и улучшения качества обнаруженных траекторий.
    - Используются методы, такие как фильтры Калмана, для сглаживания и предсказания траекторий объектов.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Характеристики алгоритмов завязки траектории.
Правильный ответ:
1. Точность
- **Определение**: Способность алгоритма точно определять положение объектов на изображении или в видео.
- **Оценка**: обычно измеряется с использованием метрик, таких как средняя ошибка позиционирования (Mean Absolute Error) или процент успешных отслеживаний.

2. Скорость обработки
- **Определение**: Время, необходимое для обработки одного кадра или одной итерации отслеживания.
- **Оценка**: важно для реальных приложений, таких как видеонаблюдение, где требуется высокая частота кадров.

3. Устойчивость к шуму
- **Определение**: Способность алгоритма сохранять точность и надежность при наличии шумов в данных, таких как изменения освещения, затенение или частичные.
- **Оценка**: тестируется на различных типах шумов и помех, чтобы оценить влияние на производительность.

4. Способность к адаптации
- **Определение**: Возможность алгоритма адаптироваться к изменениям в условиях отслеживания, таким как изменение размера или ориентации объекта.
- **Оценка**: оценивается на данных с разнообразными условиями, чтобы определить, насколько хорошо алгоритм справляется с изменениями.

5. Обработка многопоточных объектов
- **Определение**: Способность алгоритма отслеживать несколько объектов одновременно.
- **Оценка**: важно для сцен с большим количеством движущихся объектов, таких как толпы или транспортные потоки.

6. Сложность алгоритма

- **Определение**: Количество вычислительных ресурсов, необходимых для выполнения алгоритма.
- **Оценка**: включает как временные, так и пространственные затраты, что важно для внедрения в устройства с ограниченными ресурсами.

7. Надежность

- **Определение**: Способность алгоритма сохранять производительность в различных условиях и на разных типах данных.
- **Оценка**: тестируется на различных наборах данных и в разных сценариях для оценки устойчивости.

8. Интерпретируемость

- **Определение**: Возможность понимания и объяснения работы алгоритма.
- **Оценка**: важно для применения в критически важных системах, где требуется объяснение принятых решений.

9. Устойчивость к частичному

- **Определение**: Способность отслеживать объекты, которые могут быть частично скрыты другими объектами.
- **Оценка**: тестируется на данных с различными уровнями, чтобы определить, насколько хорошо алгоритм справляется с этой проблемой.

10. Эффективность по памяти

- **Определение**: Количество памяти, необходимое для хранения данных и выполнения алгоритма.
- **Оценка**: важно для приложений, которые работают на устройствах с ограниченной памятью.

Заключение

Выбор алгоритма завязки траектории зависит от конкретных требований задачи, включая баланс между точностью, скоростью и устойчивостью к изменениям. Оценка характеристик этих алгоритмов позволяет выбрать наилучший подход для конкретного применения в области компьютерного зрения.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Определить радиальную скорость самолета, летящего в направлении РЛС, если несущая частота РЛС составляет 1 ГГц, а частота Допплера, измеренная на выходе приемника, 800 Гц.

Правильный ответ:

Чтобы определить радиальную скорость самолета, летящего в направлении радиолокационной станции (РЛС), можно воспользоваться формулой Допплера для радиолокации:

$$f_d = \frac{2 \cdot f_0 \cdot v}{c}$$

где:

- *fd* — частота Допплера (800 Гц),
- *f*0 — несущая частота РЛС (1 ГГц = 1×10^9Гц),
- *v* — радиальная скорость самолета (в м/с),
- *c* — скорость света (приблизительно 3×10^8 м/с).

Преобразуем формулу для нахождения радиальной скорости *v*:

$$v = \frac{f_d \cdot c}{2 \cdot f_0}$$

Теперь подставим известные значения:

$$v = \frac{800\,\text{Гц} \cdot 3 \times 10^8\,\text{м/с}}{2 \cdot 1 \times 10^9\,\text{Гц}}$$

Теперь произведем вычисления:

$$v = \frac{800 \cdot 3 \times 10^8}{2 \times 10^9}$$

$$v = \frac{2400 \times 10^8}{2 \times 10^9}$$

$$v = \frac{2400}{2} \times 10^{-1}$$

$$v = 1200\,\text{м/с}$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_13

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Типы математических моделей движения объектов р/л наблюдения.
Правильный ответ:

1. Кинематические модели

- **Определение**: Модели, которые описывают движение объектов без учета сил, действующих на них. Они основаны на геометрических и временных характеристиках движения.
- **Примеры**:
  - Модель прямолинейного движения.
  - Модель кругового движения.
  - Модели с использованием уравнений движения (например, уравнения Ньютона).

2. Динамические модели

- **Определение**: Модели, которые учитывают силы, действующие на объект, и используют законы динамики для описания его движения.
- **Примеры**:
  - Модели, основанные на законах Ньютона.
  - Модели, учитывающие сопротивление воздуха и другие силы.

3. Статистические модели

- **Определение**: Модели, которые используют статистические методы для анализа и предсказания движения объектов на основе исторических данных.
- **Примеры**:
  - Модели, основанные на методах регрессии.
  - Модели, использующие вероятностные распределения для описания неопределенности в движении.

4. Численные модели

- **Определение**: Модели, которые применяют численные методы для решения уравнений движения и предсказания траекторий объектов.
- **Примеры**:
  - Модели, использующие методы конечных разностей или конечных элементов.
  - Модели, основанные на численном интегрировании уравнений движения.

5. Модели на основе искусственного интеллекта

- **Определение**: Модели, использующие алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа и предсказания движения объектов.
- **Примеры**:
  - Нейронные сети для предсказания траекторий.
  - Алгоритмы глубокого обучения для анализа поведения объектов.

6. Гибридные модели

- **Определение**: Модели, которые комбинируют различные подходы, такие как кинематика и динамика, или статистические методы и методы искусственного интеллекта.
- **Примеры**:
  - Модели, которые используют физические законы для предварительного анализа и затем применяют статистические методы для уточнения предсказаний.

7. Модели на основе дифференциальных уравнений

- **Определение**: Модели, которые описывают движение объектов с помощью дифференциальных уравнений, учитывающих скорость, ускорение и другие параметры.
- **Примеры**:
  - Уравнения движения в зависимости от времени.
  - Модели, учитывающие влияние внешних факторов (например, ветра, трения).

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Метод скользящего окна.

Правильный ответ:

Метод скользящего окна (или sliding window) — это техника, часто используемая в алгоритмах обработки данных, анализа временных рядов и в задачах машинного обучения. Он позволяет эффективно обрабатывать последовательные данные, разбивая их на подмассивы фиксированного размера, что упрощает анализ и позволяет избежать повторного вычисления для пересекающихся частей данных.

Основные принципы метода скользящего окна:

1. **Определение окна**: выбирается фиксированный размер окна (например, 3, 5 или 10 элементов), который будет перемещаться по данным.

2. **Скользящее движение**: Окно перемещается по данным с заданным шагом (обычно 1 элемент), и для каждой позиции окна выполняются необходимые вычисления или анализ.
3. **Обработка данных**: для каждого положения окна можно вычислить среднее, сумму, максимум, минимум или другие статистические характеристики, а также применять более сложные алгоритмы.

Применение метода скользящего окна:

1. **Анализ временных рядов**: позволяет вычислять скользящие средние, которые помогают сгладить данные и выявить тренды.
2. **Обработка сигналов**: используется для фильтрации и обработки сигналов, например, в цифровой обработке сигналов.
3. **Обработка изображений**: применяется в фильтрации изображений и в задачах обнаружения объектов, где окно перемещается по пикселям изображения.
4. **Алгоритмы поиска подстрок**: Метод может использоваться для поиска подстрок в строках, где окно представляет собой текущую подстроку.
5. **Машинное обучение**: В задачах классификации и регрессии, где данные представлены в виде последовательностей, метод может использоваться для создания обучающих выборок.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Выбрать параметры РЛС (несущую частоту и период повторения зондирующих импульсов) таким образом, чтобы РЛС была способна однозначно измерять дальность и радиальную скорость одновременно. Максимальная дальность обнаружения должна быть не менее 50 км, а максимальная радиальная скорость цели – не менее 720 км/ч.

Правильный ответ:

Дальность обнаружения (R):

Дальность обнаружения РЛС определяется по формуле:

$$R = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi)^3 kTBL}$$

1. **где:**
   - ***Pt* — мощность передатчика,**
   - ***G* — усиление антенны,**
   - ***λ* — длина волны,**
   - ***σ* — эффективная площадь рассеяния цели,**
   - ***k* — постоянная Больцмана,**
   - ***T* — температура,**
   - ***B* — полоса частот,**
   - ***L* — потери в системе.**
2. **Радиальная скорость (V):**
   Для измерения радиальной скорости цели используется эффект Доплера. Максимальная радиальная скорость, которую можно

измерить, определяется формулой:

$$V_{max} = \frac{c}{2T}$$

где:

- c — скорость света,
- T — период повторения импульсов.

Выбор параметров

1. **Несущая частота (f):**
   Длина волны λ связана с несущей частотой f следующим образом:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

где cc — скорость света (c≈3×10^8 м/с).

2. **Период повторения импульсов (TT):**
   Для обеспечения возможности измерения радиальной скорости до 720 км/ч (что соответствует 200 м/с):

$$T = \frac{c}{2V_{max}} = \frac{3 \times 10^8\,\text{м/с}}{2 \times 200\,\text{м/с}} = 750000\,\text{с} \approx 0.75\,\text{мс}$$

3. **Определение несущей частоты:**
   Для обеспечения дальности обнаружения не менее 50 км, необходимо выбрать соответствующую длину волны. При этом, если мы примем, что длина волны будет около 10 см (что соответствует частоте около 3 ГГц), мы можем использовать:

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{0.1} = 3\,\text{ГГц}$$

Итоговые параметры

- Несущая частота: f≈3 ГГцf≈3ГГц (длина волны λ≈10 см).
- Период повторения зондирующих импульсов: T≈0.75 мс.

Критерии итоговой оценки за экзамен:

«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_14

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Марковские модели для описания динамики вектора переменных состояния.
Правильный ответ:

- **Состояние**: Вектор переменных состояния описывает текущее состояние системы. Например, в случае системы, описывающей движение автомобиля, состоянием могут быть скорость, положение и направление.
- **Марковская цепь**: это последовательность состояний, в которой вероятность перехода в следующее состояние зависит только от текущего состояния. Формально, если St — текущее состояние в момент времени t, то:

$$P(S_{t+1} = s | S_t = s_t, S_{t-1} = s_{t-1}, \ldots, S_0 = s_0) = P(S_{t+1} = s | S_t = s_t)$$

- **Матрица переходов**: для дискретных марковских цепей используется матрица переходов РP, где элемент Pij представляет вероятность перехода из состояния i в состояние j.

2. Типы марковских моделей

- **Дискретные марковские цепи**: используются для моделирования систем с дискретными состояниями и дискретным временем. Применяются в задачах, где переходы между состояниями происходят в четко определенные моменты времени.
- **Марковские процессы с непрерывным временем**: моделируют системы, в которых переходы могут происходить в любое время. Примером являются процессы, описываемые дифференциальными уравнениями или семействами случайных процессов, такими как процесс Пуассона.
- **Скрытые марковские модели (HMM)**: В этих моделях состояние не наблюдается напрямую, а наблюдаются только некоторые выводимые

переменные. НММ применяются в задачах распознавания речи, биоинформатике и других областях.

3. Применение марковских моделей

- **Экономика и финансы**: Моделирование рыночных процессов, предсказание цен на акции и оценка кредитных рисков.
- **Инженерия**: Анализ надежности систем, управление запасами и оптимизация производственных процессов.
- **Научные исследования**: Моделирование биологических систем, таких как популяционная динамика или распространение заболеваний.

- **Обработка сигналов**: Использование НММ для распознавания образов и обработки временных рядов.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Форма и размеры стробов завязки траектории

Правильный ответ:

1. Форма стробов

Форма стробов может варьироваться в зависимости от целей визуализации и типа системы:

- Круги:
  - Применяются для обозначения состояний системы.
  - Круги могут быть использованы для представления устойчивых состояний или аттракторов, где система проводит больше времени.
- Квадраты и прямоугольники:
  - Могут обозначать различные категории состояний или группы, что позволяет видеть, как система распределяется по различным состояниям.
- Треугольники:
  - Могут использоваться для обозначения переходных состояний или состояний, которые являются переходными между двумя другими состояниями.
- Линии и стрелки:
  - Используются для отображения переходов между состояниями. Толщина и цвет линий могут указывать на вероятность перехода или скорость изменения состояния.

2. Размеры стробов

Размеры стробов могут отражать различные аспекты системы:

- Вероятностные размеры:
  - Размер строба может быть пропорционален вероятности нахождения системы в данном состоянии. Например, если вероятность состояния высокая, то строб будет больше, что визуально подчеркивает его важность.
- Временные размеры:
  - Размер строба может также отражать временные аспекты, такие как продолжительность пребывания системы в определенном

состоянии. Более крупные стробы могут указывать на то, что система проводит больше времени в этом состоянии.

- Интенсивность:
  - Цвет и яркость стробов могут использоваться для указания на уровень активности или стабильности состояния. Например, более яркие стробы могут обозначать более активные или менее устойчивые состояния.

3. Применение стробов в анализе систем

- Визуализация динамики:
  - Стробы помогают визуализировать, как система изменяется во времени, что позволяет исследователям и инженерам легче интерпретировать поведение системы.
- Анализ устойчивости:
  - Изучение форм и размеров стробов может помочь в понимании устойчивости системы, выявляя состояния, которые привлекают или отталкивают систему.
- Поддержка в принятии решений:
  - В контексте управления и оптимизации, визуализация состояний и переходов может помочь в принятии более обоснованных решений.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Определить полосу пропускания и количество фильтров Допплера,

если требуется обеспечить разрешающую способность по скорости 30 км/ч для истинно когерентной РЛС. Рабочая длина волны 0,15 м, максимальная скорость цели равна 1200 км/ч. Имеются ли в данной РЛС «слепые» зоны по дальности, если максимальная дальность обнаружения равна 100 км, длительность зондирующих импульсов?

Правильный ответ:

1. Полоса пропускания

Разрешающая способность по скорости (Δv) радиолокационной системы определяется формулой:

$$\Delta v = \frac{\lambda}{2T}$$

где:

- Δv — разрешающая способность по скорости (в данном случае 30 км/ч),
- λ — длина волны (0,15 м),
- T — длительность зондирующих импульсов.

Сначала преобразуем разрешающую способность по скорости в м/с:

$$30\ \text{км/ч} = \frac{30 \times 1000}{3600} \approx 8,33\ \text{м/с}$$

Теперь подставим известные значения в формулу:

$$8,33 = \frac{0,15}{2T}$$

Отсюда выразим длительность импульса T:

$$T = \frac{0,15}{2 \times 8,33} \approx \frac{0,15}{16,66} \approx 0,009\ \text{с} \approx 9\ \text{мс}$$

2. Количество фильтров Допплера

Полоса пропускания (B) радиолокационной системы может быть связана с разрешающей способностью по скорости и длительностью импульса:

$$B = \frac{1}{T}$$

Подставим значение T:

$$B = \frac{1}{0,009} \approx 111,11\ \text{Гц}$$

Количество фильтров Допплера (N) определяется как:

$$N = \frac{B}{\Delta f}$$

где Δf — частотная разрешающая способность, которая может быть связана с разрешающей способностью по скорости через формулу:

$$\Delta f = \frac{v}{\lambda}$$

где v — максимальная скорость цели (1200 км/ч):

$$1200\ \text{км/ч} = \frac{1200 \times 1000}{3600} \approx 333,33\ \text{м/с}$$

Теперь подставим значения:

$$\Delta f = \frac{333,33}{0,15} \approx 2222,22\ \text{Гц}$$

$$N = \frac{111,11}{2222,22} \approx 0,05$$

Это значение менее 1, что указывает на необходимость использования одного фильтра Допплера.

3. «Слепые» зоны по дальности

Слепые зоны по дальности в радиолокационных системах возникают из-за длительности импульса. Длительность зондирующего импульса определяет минимальное расстояние, на котором может быть обнаружена цель. Это минимальное расстояние можно рассчитать по формуле:

$$d_{\min} = \frac{c \cdot T}{2}$$

где c — скорость света (примерно 3×10^8 м/с).
Подставим значение:

$$d_{\min} = \frac{3 \times 10^8 \cdot 0,009}{2} \approx 1350 \text{ м} \approx 1,35 \text{ км}$$

Заключение

1. Полоса пропускания: примерно 111,11 Гц.
2. Количество фильтров Допплера: 1.
3. Минимальная дальность обнаружения (слепая зона): примерно 1,35 км.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_15

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Дискретная аппроксимация уравнений для переменных состояния
Правильный ответ:
Основные шаги дискретной аппроксимации

1. **Определение системы**: начнем с определения системы, описываемой дифференциальными уравнениями. Например, система может быть представлена в виде уравнений состояния:

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t) + Du(t)$$

где $x(t)$ — вектор состояния, $u(t)$ — вектор входа, $y(t)$ — выход, а A, B, C, D — матрицы системы.

2. **Выбор дискретизации**: Необходимо выбрать шаг дискретизации TsTs, который определяет, с какой частотой будут обновляться значения состояния и входа.
3. **Использование метода Эйлера**: Один из самых простых методов дискретизации — это метод Эйлера. Он позволяет аппроксимировать производные с помощью конечных разностей:

$$x[k+1] = x[k] + T_s \cdot \dot{x}(k)$$

Подставляя уравнение состояния, получаем:

$$x[k+1] = x[k] + T_s \cdot (Ax[k] + Bu[k])$$

$$x[k+1] = (I + T_s A)x[k] + T_s Bu[k]$$

Здесь I — единичная матрица размерности, соответствующей размерности вектора состояния

4. **Матрица состояния**: теперь можно записать уравнение для дискретной системы в виде:

$$x[k+1] = A_d x[k] + B_d u[k]$$

где:

- $A_d = I + T_s A$
- $B_d = T_s B$

5. **Выходное уравнение**: Выходное уравнение также можно записать в дискретной форме:

$$y[k] = Cx[k] + Du[k]$$

Применение других методов дискретизации

Существуют и другие методы дискретизации, которые могут быть более точными, чем метод Эйлера, например:

- **Метод трапеций** (или метод Симпсона): более точный, учитывающий значение функции в начале и в конце интервала.
- **Метод Рунге-Кутты**: используется для более сложных систем и обеспечивает высокую точность.

Пример

Рассмотрим простую систему:

$$\dot{x}(t) = -ax(t) + bu(t)$$

где a и b — константы. Дискретизируем с шагом Ts:

1. Применяем метод Эйлера:

$$x[k+1] = x[k] + T_s(-ax[k] + bu[k])$$

$$x[k+1] = (1 - aT_s)x[k] + bT_s u[k]$$

2. Определяем матрицы:
   Ad=1−aTs
   Bd=bTs

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Базовый фильтр сопровождения. Сопровождение маневрирующей цели.

Правильный ответ:

Основные концепции

1. **Состояние системы:** Состояние цели может быть описано вектором, который включает такие параметры, как позиция, скорость и, возможно, ускорение.

$$x = \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \\ y \\ \dot{y} \end{bmatrix}$$

1. где (x,y) — координаты цели, а $(\dot{x},\dot{y})$ — ее скорости по осям.
2. **Модель движения цели**: для маневрирующей цели можно использовать различные модели движения, например, модель постоянной скорости или модель с учетом ускорения. В простейшем случае можно использовать линейную модель:

   1. $$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

   где A — матрица системы, а B — матрица управления.
2. **Измерения**: Измерения состояния цели могут поступать из различных источников, таких как радары, камеры или GPS. Эти измерения могут содержать шум и ошибки.

Алгоритм базового фильтра сопровождения

Одним из наиболее распространенных алгоритмов для сопровождения маневрирующих целей является **фильтр Калмана**. Он состоит из двух основных этапов: предсказания и обновления.

1. Этап предсказания

На этом этапе происходит предсказание следующего состояния цели на основе текущего состояния и модели движения:

$$x_{k|k-1} = Ax_{k-1|k-1} + Bu_k$$

Здесь $xk|k-1$ — предсказанное состояние на шаге k, а $xk-1|k-1$ оцененное состояние на предыдущем шаге.

2. Этап обновления

Когда поступают новые измерения, происходит обновление предсказанного состояния: $y_k = z_k - Hx_{k|k-1}$

где zk — вектор измерений, а H — матрица измерений, которая преобразует состояние в пространство измерений.

Затем вычисляется **коэффициент усиления Калмана**:

$$K_k = P_{k|k-1}H^T(HP_{k|k-1}H^T + R)^{-1}$$

где $Pk|k-1$ — матрица ошибок предсказания, а R — матрица ошибок измерений.

Обновленное состояние рассчитывается как: $x_{k|k} = x_{k|k-1} + K_k y_k$

И, наконец, обновляется матрица ошибок:

$$P_{k|k} = (I - K_k H)P_{k|k-1}$$

Сопровождение маневрирующей цели

При сопровождении маневрирующей цели важно учитывать, что цель

может изменять скорость и направление. Для этого могут использоваться более сложные модели движения, такие как:

- **Модель с постоянным ускорением**: учитывает изменения скорости цели.
- **Модель с учетом маневров**: может включать в себя предсказание возможных маневров на основе предыдущих данных.

Применение

Базовый фильтр сопровождения находит применение в различных областях:

- **Радиолокация**: для отслеживания самолетов, кораблей и других объектов.
- **Автономные транспортные средства**: для отслеживания других участников дорожного движения.
- **Военные системы**: для сопровождения и наведения на маневрирующие цели.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Цель приближается к истинно когерентной РЛС. На каких дальностях цели от РЛС отметки от цели будут отсутствовать, если РЛС имеет следующие характеристики: частота повторения зондирующих импульсов 100 кГц, максимальная дальность обнаружения 20 км.

Правильный ответ:

Данные:

- Частота повторения импульсов (PRF): 100 кГц
- Максимальная дальность обнаружения: 20 км

Расчет времени между импульсами:

Частота повторения импульсов (PRF) равна 100 кГц, что означает, что РЛС отправляет 100,000 импульсов в секунду. Время между импульсами (T) можно рассчитать, как:

$$T = \frac{1}{\text{PRF}} = \frac{1}{100,000\ \text{Hz}} = 10\,\mu s$$

Расчет максимального времени полета сигнала:

Сигнал РЛС проходит от РЛС до цели и обратно. Таким образом, максимальное время полета сигнала (время, за которое сигнал проходит максимальную дальность) будет в два раза больше:

$$T_{\max} = 2 \times T_{\text{дальность}} = 2 \times \frac{20\,\text{км}}{c}$$

где сc — скорость света, примерно равная 3×10^8 м/с.

Максимальное время полета сигнала для 20 км:

$$T_{\max} = \frac{20,000\,\text{м}}{3 \times 10^8\,\text{м/с}} \approx 66.67\,\mu s$$

Определение зон, где отметки отсутствуют:

Если цель находится ближе, чем максимальная дальность обнаружения, но ее расстояние от РЛС меньше, чем время между импульсами, то отметки от цели могут отсутствовать. Это происходит из-за того, что РЛС не сможет обнаружить возвращающийся сигнал, так как он будет приходить в момент, когда РЛС уже отправила новый импульс.

Таким образом, отметки от цели будут отсутствовать на расстоянии, где время полета сигнала меньше времени между импульсами:

$$T_{\text{цель}} < T$$

Сигнал проходит до цели и обратно, поэтому

$$2 \times \frac{d}{c} < T$$

где *d* — расстояние до цели. Решаем это неравенство для *d*:

$$\frac{2d}{3 \times 10^8} < 10 \times 10^{-6}$$

$$2d < 3 \times 10^8 \times 10 \times 10^{-6}$$

$$2d < 3000$$

$$d < 1500\,\text{м} \quad \text{или} \quad d < 1.5\,\text{км}$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_16

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Математические модели данных радиолокационных наблюдений.
Правильный ответ:
Модель измерений
Измерения, получаемые от РЛС, могут содержать шум, который обычно моделируется как гауссовский шум. Модель измерений может быть представлена следующим образом:
zk=Hkxk+vk

где:
- *zk* — вектор измерений,
- *Hk* — матрица измерений, преобразующая состояние в пространство измерений,
- *vk* — вектор шумов измерений, который считается нормально распределенным.

4. Фильтрация и оценка состояния
Для обработки данных и оценки состояния цели используются различные алгоритмы, такие как:
- **Фильтр Калмана**: Оптимальный фильтр для линейных систем с гауссовским шумом. Он включает два этапа: предсказание и обновление.
- **Фильтр частиц**: используется для нелинейных и не гауссовских систем. Он основан на методах Монте-Карло и представляет собой набор "частиц", каждая из которых представляет возможное состояние системы.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Сопровождение с использованием измерений радиальной скорости
Правильный ответ:

1. Определение радиальной скорости

Радиальная скорость (vr) может быть определена как производная расстояния до цели по времени, проецируемая на линию взгляда радиолокационной станции. Она может быть вычислена с помощью доплеровского эффекта, который возникает из-за изменения частоты отраженного сигнала, когда цель движется относительно РЛС.

$$v_r = \frac{df_d}{dt} \cdot \frac{c}{2f_0}$$

где:

- fd — доплеровская частота,
- $f0$ — частота передатчика,
- c — скорость света.

2. Модель измерений

- Измерения радиальной скорости могут быть представлены в виде вектора состояния, который включает как позицию, так и скорость цели. Модель измерений может выглядеть следующим образом

  $$z_k = H_k x_k + v_k$$

  где:
- zk — вектор измерений, содержащий радиальную скорость,
- Hk — матрица измерений, которая связывает состояние цели с измерениями,
- xk — вектор состояния, содержащий информацию о положении и скорости цели,
- vk — вектор шумов измерений, который обычно считается нормально распределенным.

3. Алгоритмы фильтрации и оценки состояния

Для обработки измерений радиальной скорости и оценки состояния цели используются различные алгоритмы:

Фильтр Калмана

Фильтр Калмана может быть использован для оценки состояния цели на основе измерений радиальной скорости. Он включает два основных этапа:

- **Этап предсказания**:

$$\hat{x}_{k|k-1} = F_k \hat{x}_{k-1|k-1} + B_k u_k$$

$$P_{k|k-1} = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + Q_k$$

где:

- x^k|k−1 — предсказанное состояние,
- *Fk* — матрица перехода состояния,
- *Pk*|*k*−1 — предсказанная ошибка оценки,
- *Qk* — ковариация процесса.

Этап обновления:

$$K_k = P_{k|k-1} H_k^T (H_k P_{k|k-1} H_k^T + R_k)^{-1}$$

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{k|k-1} + K_k(z_k - H_k \hat{x}_{k|k-1})$$

$$P_{k|k} = (I - K_k H_k) P_{k|k-1}$$

где:

- *Kk* — коэффициент усиления Калмана,
- *Rk* — ковариация измерений,
- *I* — единичная матрица.

Фильтр частиц

Фильтр частиц может использоваться в более сложных сценариях, когда системы являются нелинейными или когда шумы не гауссовские. В этом случае множество частиц представляет возможные состояния системы, и они обновляются на основе весов, связанных с вероятностью наблюдений.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:
Определить дальность обнаружения цели, летящей на высоте 300 м и имеющей эффективную площадь рассеяния (ЭПР) 80 м^2, если мощность в импульсе передатчика РЛС 500 кВт, чувствительность приемника на 87 дБ ниже уровня 1 мВт, коэффициент усиления антенны 400, несущая частота 100 МГц. Антенна поднята над поверхностью Земли на 10 м.

Правильный ответ:

Для определения дальности обнаружения цели с помощью радиолокационной станции (РЛС) можно использовать формулу для дальности обнаружения, основанную на уравнении радиолокации. Основное уравнение выглядит следующим образом:

$$R = \left(\frac{P_t G^2 \sigma}{(4\pi)^3 L^2 P_r} \right)^{1/4}$$

где:

- R — дальность обнаружения (в метрах);
- Pt — мощность передатчика (в ваттах);
- G — коэффициент усиления антенны (безразмерный);
- σ — эффективная площадь рассеяния (ЭПР) цели (в квадратных метрах);
- L — коэффициент потерь (безразмерный);
- Pr — чувствительность приемника (в ваттах).

Данные:

- Мощность передатчика Pt=500 кВт=500,000 Вт
- Эффективная площадь рассеяния σ=80 м2
- Коэффициент усиления антенны G=400
- Чувствительность приемника Pr=1 мВт=0.001 Вт=10−3 Вт
- Чувствительность приемника на 87 дБ ниже уровня 1 мВт

$$P_r = 1\ \text{мВт} \times 10^{-8.7} = 0.001 \times 0.000205 = 2.05 \times 10^{-7}\ \text{Вт}$$

$$R = \left(\frac{500,000 \cdot 400^2 \cdot 80}{(4\pi)^3 \cdot (2.05 \times 10^{-7})} \right)^{1/4}$$

Рассчитаем:

1. Вычислим G^2:

$$G^2 = 400^2 = 160,000$$

2. Вычислим 4π:

$$4\pi \approx 12.5664$$

3. Вычислим $(4\pi)^3$:

$$(4\pi)^3 \approx 12.5664^3 \approx 198.944$$

4. Подставим все значения:

$$R = \left(\frac{500,000 \cdot 160,000 \cdot 80}{198.944 \cdot 2.05 \times 10^{-7}}\right)^{1/4}$$

5. Вычислим числитель:

$$500,000 \cdot 160,000 \cdot 80 = 6,400,000,000,000$$

6. Вычислим знаменатель:

$$198.944 \cdot 2.05 \times 10^{-7} \approx 4.08 \times 10^{-5}$$

7. Теперь подставим в формулу:

$$R = \left(\frac{6,400,000,000,000}{4.08 \times 10^{-5}}\right)^{1/4}$$

8. Вычислим:

$$\frac{6,400,000,000,000}{4.08 \times 10^{-5}} \approx 1.568 \times 10^{14}$$

9. Теперь возьмем четвертую степень:

$$R \approx (1.568 \times 10^{14})^{1/4} \approx 1.44 \times 10^{3.5} \approx 2.55 \times 10^{3} \approx 2550 \text{ м}$$

Итог:
Дальность обнаружения цели составляет примерно 2550 метров.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_17

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Этапы траекторной обработки данных радиолокационного наблюдения и их содержание.

Правильный ответ:

1. Сбор данных
Содержание:
На этом этапе радиолокационная станция (РЛС) осуществляет сбор данных о целях. Это включает в себя получение сигналов, отраженных от объектов, и их преобразование в цифровую форму. Данные могут включать информацию о:

- Позиции цели (азимут, дальность, высота).
- Скорости цели (радиальная скорость).
- Доплеровских частотах (для определения направления движения).

2. Предварительная обработка данных
Содержание:
На этом этапе происходит фильтрация и обработка собранных данных для удаления шумов и помех. Основные задачи:

- Устранение ложных сигналов (шумов).
- Коррекция данных, полученных в условиях различных помех (например, метеорологических).
- Применение алгоритмов сглаживания для улучшения качества данных.

3. Выделение объектов
Содержание:
На данном этапе происходит идентификация и выделение реальных объектов из общей массы данных. Включает:

- Определение границ объектов на основе полученных сигналов.
- Фильтрация по критериям (например, минимальная ЭПР, скорость и т.д.).
- Создание начального списка целей для дальнейшей обработки.

4. Оценка состояния целей
Содержание:
На этом этапе проводится оценка состояния выделенных объектов. Это включает:

- Расчет текущих координат и скорости целей.
- Использование фильтров (например, фильтр Калмана) для отслеживания движения объектов.
- Прогнозирование будущих координат целей на основе их текущих траекторий.

5. Построение траекторий
Содержание:
На этом этапе осуществляется построение траекторий движения целей на основе оцененных состояний. Основные задачи:

- Составление временных рядов координат и скорости.
- Интерполяция данных для получения непрерывных траекторий.
- Определение параметров движения (например, изменение направления, ускорение).

6. Анализ траекторий
Содержание:
На этом этапе происходит анализ полученных траекторий для выявления закономерностей и характеристик движения. Включает:

- Выявление типов движения (например, прямолинейное, криволинейное).
- Оценка маневренности и вероятности столкновения.
- Прогнозирование возможных действий целей на основе их траекторий.

7. Выводы и принятие решений
Содержание:
На последнем этапе результаты анализа используются для принятия решений. Это может включать:

- Определение угрозы от цели (например, в военном контексте).
- Разработка стратегий реагирования (например, изменение курса, запуск перехватчиков).
- Обмен информацией с другими системами и службами для координации действий.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Адаптивное сопровождение с использованием ФАР
Правильный ответ:
1. Принцип работы ФАР
Фазированные антенные решетки состоят из множества небольших антенн (элементов), которые могут управляться независимо. Это позволяет:

- **Изменять направление луча** без механического поворота антенны.
- **Формировать узкие лучи** с высокой направленностью, что увеличивает чувствительность и точность обнаружения.

2. Адаптивное сопровождение

Адаптивное сопровождение подразумевает использование алгоритмов, которые автоматически настраивают параметры системы в зависимости от текущих условий и характеристик целей. Основные аспекты адаптивного сопровождения:

- **Обработка сигналов**: используются алгоритмы обработки сигналов, которые могут адаптироваться к изменениям в шуме, помехах и характеристиках целей. Это позволяет улучшить качество получаемых данных.
- **Динамическое изменение углов**: ФАР может быстро изменять направление луча в ответ на движение цели, что обеспечивает непрерывное отслеживание.
- **Фильтрация и выделение объектов**: Алгоритмы адаптивной фильтрации позволяют выделять реальные объекты из шума и помех, улучшая точность идентификации целей.

3. Преимущества ФАР в адаптивном сопровождении

- **Высокая точность**: ФАР обеспечивает более точное определение координат и скорости целей за счет узкого луча и возможности многократного сканирования.
- **Скорость реагирования**: Быстрое изменение направления луча позволяет мгновенно реагировать на изменения в движении целей.
- **Устойчивость к помехам**: Адаптивные алгоритмы могут эффективно справляться с различными помехами, что особенно важно в сложных условиях.
- **Многократное сопровождение**: ФАР может одновременно отслеживать несколько целей, что делает систему более универсальной и эффективной.

4. Применение

Адаптивное сопровождение с использованием ФАР находит широкое применение в различных областях, включая:

- **Военное использование**: для отслеживания воздушных и морских целей, управления огнем и противовоздушной обороны.
- **Гражданская авиация**: для обеспечения безопасности полетов и управления воздушным движением.
- **Научные исследования**: В метеорологии и климатологии для наблюдения за атмосферными явлениями.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Определить импульсную мощность передатчика РЛС, необходимую для того, чтобы ракета с ЭПР 2 м^2 была обнаружена на расстоянии 600 км при чувствительности приемника минус 127 дБ/Вт, коэффициенте усиления антенны 4000 и рабочей длиной волны 50 см. Цель летит на достаточно большой высоте.

Правильный ответ:

Для определения импульсной мощности передатчика радиолокационной станции (РЛС), необходимой для обнаружения ракеты с эффективной площадью рассеяния (ЭПР) 2 м² на расстоянии 600 км, можно использовать формулу радиолокационного уравнения:

$$P_t = \frac{P_r \cdot (4\pi R^2)}{G_t \cdot G_r \cdot \sigma}$$

где:

- *Pt* — мощность передатчика (в ваттах),
- *Pr* — чувствительность приемника (в ваттах),
- *R* — расстояние до цели (в метрах),
- *Gt* — коэффициент усиления передающей антенны,
- *Gr* — коэффициент усиления приемной антенны (в данном случае можно считать равным *Gt*, если антенны одинаковые),
- *σ* — эффективная площадь рассеяния цели (в м²).

Данные

- Pr=10−12.7 Вт (чувствительность приемника в дБ/Вт),
- R=600 км = 600,000 м,
- *Gt*=4000,
- *σ*=2 м².

Шаг 1: Преобразование чувствительности приемника

Чувствительность приемника в дБ/Вт можно преобразовать в ваттах:

$$P_r = 10^{\left(\frac{-127}{10}\right)} \approx 1.48 \times 10^{-13} \text{ Вт}$$

Шаг 2: Подстановка значений в формулу

Теперь подставим все известные значения в формулу:

$$P_t = \frac{(1.48 \times 10^{-13}) \cdot (4\pi(600,000)^2)}{(4000) \cdot (4000) \cdot (2)}$$

Шаг 3: Вычисление

Сначала вычислим 4*π*(600,000)^2:

$$4\pi(600,000)^2 \approx 4\pi \times 360,000,000,000,000 \approx 4.52 \times 10^{15} \text{ м}^2$$

Теперь подставим это значение в уравнение:

$$P_t = \frac{(1.48 \times 10^{-13}) \cdot (4.52 \times 10^{15})}{(4000) \cdot (4000) \cdot (2)}$$

Вычислим знаменатель:

$$(4000) \cdot (4000) \cdot (2) = 32,000,000,000$$

Теперь подставим все в формулу:

$$P_t = \frac{(1.48 \times 10^{-13}) \cdot (4.52 \times 10^{15})}{32,000,000,000}$$

Теперь вычислим числитель:

$$(1.48 \times 10^{-13}) \cdot (4.52 \times 10^{15}) \approx 6.69 \times 10^{2} \text{ Вт}$$

Теперь подставим это значение в уравнение:

$$P_t = \frac{6.69 \times 10^{2}}{32,000,000,000} \approx 2.09 \times 10^{-8} \text{ Вт} \approx 20.9 \text{ мкВт}$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_18

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Марковские модели для описания динамики вектора переменных состояния.

Правильный ответ:

Основные компоненты Марковских моделей

1. **Состояния**: Система может находиться в одном из множества возможных состояний. Вектор переменных состояния описывает текущее состояние системы.
2. **Переходы**: Состояния могут изменяться с течением времени, и переходы между состояниями описываются вероятностными величинами. Эти вероятности могут быть представлены в виде матрицы переходов.
3. **Время**: Временные аспекты могут быть дискретными или непрерывными. В дискретных моделях время делится на отдельные шаги, в то время как в непрерывных моделях время рассматривается как непрерывная величина.
4. **Начальное состояние**: Система имеет начальное состояние, которое может быть задано вероятностно или детерминированно.

Типы Марковских моделей

1. **Марковские цепи**:
   - **Дискретные Марковские цепи**: Состояния изменяются в дискретные моменты времени. Переходы между состояниями описываются матрицей переходов.
   - **Непрерывные Марковские цепи**: Состояния могут изменяться в любое время, и переходы описываются с помощью интенсивностей переходов.
2. **Марковские процессы**:
   - **Марковские процессы с непрерывным временем**: Используются для описания процессов, где время является

непрерывным (например, процессы, описываемые дифференциальными уравнениями).
    - **Марковские процессы с дискретным временем**: Используются для процессов, где изменения происходят в определенные моменты времени.
3. **Скрытые Марковские модели (HMM)**:
    - В этих моделях состояния системы скрыты, и наблюдаемые данные зависят от скрытых состояний. HMM широко используются в задачах распознавания речи, обработки естественного языка, биоинформатике и других областях.

Применения Марковских моделей

- **Экономика**: Моделирование экономических процессов, таких как потребительское поведение, инвестиции и финансовые рынки.
- **Инженерия**: Анализ надежности систем, управление процессами и оптимизация.
- **Биология**: Моделирование популяционной динамики, распространение заболеваний и генетические процессы.
- **Социальные науки**: Изучение динамики социальных систем, таких как миграция, изменение общественного мнения и поведение групп.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Многопозиционные алгоритмы ВОРИ

Правильный ответ:

Многопозиционные алгоритмы ВОРИ (Вариантные Обобщенные Рекуррентные Идентификаторы) представляют собой класс алгоритмов, используемых в области обработки информации и машинного обучения, особенно в задачах, связанных с распознаванием образов, классификацией и прогнозированием. Эти алгоритмы могут использоваться для решения различных задач, включая:

1. Классификация: Определение категории, к которой принадлежит объект на основе его признаков.
2. Регрессия: Прогнозирование числовых значений на основе входных данных.
3. Сегментация: Разделение данных на подгруппы для более детального анализа.

Основные характеристики многопозиционных алгоритмов ВОРИ

1. Многопозиционность: Эти алгоритмы могут обрабатывать данные в нескольких позициях одновременно, что позволяет им эффективно работать с многомерными данными и извлекать информацию из различных источников.
2. Рекуррентность: Алгоритмы используют рекуррентные структуры для обработки последовательных данных, что позволяет им учитывать временные зависимости и контекст.
3. Обобщенность: Алгоритмы могут быть адаптированы для различных типов данных и задач, что делает их универсальными инструментами

для анализа.

Применение многопозиционных алгоритмов ВОРИ

- Обработка естественного языка: для анализа текстов, распознавания речи и машинного перевода.
- Компьютерное зрение: для распознавания объектов, классификации изображений и сегментации.
- Финансовый анализ: для прогнозирования рыночных трендов, анализа временных рядов и оценки рисков.
- Биомедицинские исследования: для анализа генетических данных, диагностики заболеваний и разработки персонализированных методов лечения.

Преимущества многопозиционных алгоритмов ВОРИ

- Эффективность: Возможность обработки больших объемов данных за счет параллельной обработки.
- Гибкость: Легкость в адаптации к различным задачам и типам данных.
- Точность: Высокая точность в классификации и прогнозировании благодаря учету контекста и временных зависимостей.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Определить ЭПР цели, если она была обнаружена РЛС на расстоянии 300 км. Импульсная мощность передатчика РЛС 2000 кВт, чувствительность приемника минус 125 дБ/Вт, коэффициент усиления антенны 1800, рабочая длина волны 20 см.

Правильный ответ:

Для определения эквивалентной радиочастотной мощности (ЭПР) цели, обнаруженной радиолокационной системой (РЛС), можно воспользоваться уравнением радиолокационного уравнения. Это уравнение связывает мощность, излучаемую РЛС, с чувствительностью приемника и другими параметрами системы.

Дано:

- Расстояние до цели R=300 км=300000 м
- Импульсная мощность передатчика РЛС Pt=2000 кВт=2×106 Вт
- Чувствительность приемника S=−125 дБ/Вт
- Коэффициент усиления антенны G=1800
- Длина волны λ=20 см=0.2 м

Преобразование чувствительности приемника

Сначала преобразуем чувствительность приемника из децибел в ватты:

$$S = 10^{\frac{-125}{10}} = 3.16 \times 10^{-13}\,\text{Вт}$$

Уравнение радиолокационного уравнения

Радиолокационное уравнение можно записать в следующем виде:

$$S = \frac{P_t G^2 \lambda^2 \sigma}{(4\pi R)^2}$$

где:

- σ — эквивалентная радиочастотная мощность (ЭПР) цели.

Перепишем уравнение для вычисления ЭПР:

$$\sigma = \frac{S(4\pi R)^2}{P_t G^2 \lambda^2}$$

Подставим известные значения

Подставим значения в уравнение:

1. Вычислим $(4\pi R)2$:

$$(4\pi R)^2 = (4\pi \cdot 300000)^2 \approx (3769917.87)^2 \approx 1.42 \times 10^{13}\,\text{м}^2$$

2. Подставим все значения в формулу для ЭПР:

$$\sigma = \frac{(3.16 \times 10^{-13})(1.42 \times 10^{13})}{(2 \times 10^6)(1800^2)(0.2^2)}$$

Теперь нужно рассчитать знаменатель:

- $G^2 = 1800^2 = 3240000$
- $\lambda^2 = (0.2)^2 = 0.04$

Теперь подставим:

$$\sigma = \frac{(3.16 \times 10^{-13})(1.42 \times 10^{13})}{(2 \times 10^6)(3240000)(0.04)}$$

Расчет

1. Числитель:

$$3.16 \times 10^{-13} \times 1.42 \times 10^{13} \approx 4.49$$

2. Знаменатель:

$$(2 \times 10^6) \times (3240000) \times (0.04) \approx 2.592 \times 10^{10}$$

Теперь подставим числитель и знаменатель:

$$\sigma = \frac{4.49}{2.592 \times 10^{10}} \approx 1.73 \times 10^{-10}\,\text{м}^2$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_19

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Дискретная аппроксимация уравнений для переменных состояния.
Правильный ответ:

1. Определение переменных состояния:
   Переменные состояния описывают состояние системы в данный момент времени. Например, в системе управления это могут быть положение, скорость, температура и другие физические параметры.
2. Формулирование уравнений состояния:
   Уравнения состояния описывают, как переменные состояния изменяются во времени. В общем виде уравнения состояния могут быть записаны как:
3. Дискретизация времени:
   Выбирается шаг дискретизации Ts (время между последовательными измерениями), и время *t* представляется в виде дискретного времени:
4. Замена производных:
   Производные в уравнениях состояния заменяются на разностные выражения. Наиболее распространенные методы дискретизации включают:
   - **Метод Эйлера**
   - **Метод Эйлера назад**
   - **Метод Рунге-Кутты:**

     Более сложные методы, которые обеспечивают лучшую точность, например, метод Рунге-Кутты 4-го порядка.
5. Формулирование уравнений в дискретной форме:
   После замены производных и применения выбранного метода

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Выполнить радиолокационные измерения
Правильный ответ:

1. Определение параметров радиолокационной системы
Перед началом измерений необходимо определить следующие параметры:

- Частота работы РЛС: Определяет длину волны и характеристики распространения радиоволн.
- Импульсная мощность передатчика: Мощность, с которой РЛС излучает радиосигналы.
- Чувствительность приемника: Минимальная мощность сигнала, которую приемник способен обнаружить.
- Коэффициент усиления антенны: Характеризует эффективность антенны в направлении цели.
- Длина волны: Связана с частотой и определяет свойства радиоволн.

2. Подготовка к измерениям

- Установка оборудования: Убедитесь, что антенна РЛС правильно установлена и направлена на область измерений.
- Калибровка системы: Проведите калибровку системы для обеспечения точности измерений.
- Настройка параметров: Установите параметры работы РЛС, такие как частота, мощность и временные интервалы.

3. Выполнение измерений

- Излучение сигнала: РЛС излучает радиосигнал, который отражается от цели.
- Прием отраженного сигнала: Приемник РЛС принимает отраженные сигналы и обрабатывает их.
- Определение времени задержки: Измерьте время, за которое сигнал возвращается к приемнику, чтобы рассчитать расстояние до цели.

4. Анализ данных

- Расчет расстояния до цели: Используйте формулу:

$$R = \frac{c \cdot T}{2}$$

где R — расстояние до цели, c — скорость света (приблизительно 3×10^8 м/с), T — время задержки сигнала.

- **Обработка сигналов**: примените алгоритмы обработки сигналов для улучшения качества данных, такие как фильтрация и подавление шумов.
- **Определение характеристик цели**: на основе полученных данных

можно определить такие характеристики, как скорость, направление и размер цели.

5. Интерпретация результатов

- Сравнение с эталонными данными: сравните полученные результаты с известными эталонными данными для оценки точности измерений.
- Создание карты: если проводятся многократные измерения, можно создать карту обнаруженных объектов и их характеристик.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

РЛС контроля скорости автотранспорта непрерывного излучения характеризуется средней мощностью 1 Вт, длиной волны 3 см, коэффициентом усиления антенны 3, коэффициентом шума приемника 20, коэффициентом различимости 10. Определить максимальную дальность измерения скорости РЛС, если максимальная измеряемая РЛС скорость автомобиля равна 300 км/ч.

Правильный ответ:

Данные:

- Средняя мощность излучения Pt=1 Вт
- Длина волны λ=3 см=0.03 м
- Коэффициент усиления антенны G=3
- Коэффициент шума приемника F=20
- Коэффициент различимости Kd=10
- Максимальная измеряемая скорость автомобиля Vmax=300 км/ч=83.33 м/с

Формула для расчета максимальной дальности

Максимальная дальность измерения скорости может быть определена с использованием следующей формулы:

$$R_{max} = \frac{P_t \cdot G^2 \cdot \lambda^2}{(4\pi)^3 \cdot K_d \cdot F \cdot \sigma}$$

где:

- **Rmax— максимальная дальность измерения,**
- **Pt — мощность передатчика,**
- **G — коэффициент усиления антенны,**
- **λ — длина волны,**
- **Kd — коэффициент различимости,**
- **F — коэффициент шума приемника,**
- **σ — эффективная площадь рассеяния цели.**

Эффективная площадь рассеяния

Для автомобиля можно использовать приближенную оценку эффективной площади рассеяния σ*σ*. Обычно для легковых автомобилей она составляет примерно σ≈1 м2*σ*≈1м2.

Подставим значения в формулу

1. Подставим значения в формулу:

$$R_{max} = \frac{1 \cdot 3^2 \cdot (0.03)^2}{(4\pi)^3 \cdot 10 \cdot 20 \cdot 1}$$

2. Вычислим:

$$R_{max} = \frac{1 \cdot 9 \cdot 0.0009}{(4\pi)^3 \cdot 200}$$

$$R_{max} = \frac{0.0081}{(4\pi)^3 \cdot 200}$$

3. Теперь вычислим $(4\pi)^3$:

$$(4\pi)^3 \approx 318.31$$

4. Подставим это значение:

$$R_{max} = \frac{0.0081}{318.31 \cdot 200}$$

$$R_{max} = \frac{0.0081}{63662} \approx 1.27 \times 10^{-7} \text{ м}$$

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_20

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Математические модели данных радиолокационных наблюдений

Правильный ответ:

Модель измерений

Измерения, получаемые от РЛС, могут содержать шум, который обычно моделируется как гауссовский шум. Модель измерений может быть представлена следующим образом:
zk=Hkxk+vk

где:

- *zk* — вектор измерений,
- *Hk* — матрица измерений, преобразующая состояние в пространство измерений,
- *vk* — вектор шумов измерений, который считается нормально распределенным.

4. Фильтрация и оценка состояния

Для обработки данных и оценки состояния цели используются различные алгоритмы, такие как:

- **Фильтр Калмана**: Оптимальный фильтр для линейных систем с гауссовским шумом. Он включает два этапа: предсказание и обновление.
- **Фильтр частиц**: используется для нелинейных и не гауссовских систем. Он основан на методах Монте-Карло и представляет собой набор "частиц", каждая из которых представляет возможное состояние системы.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:
Определить основные операции ВОРИ

Правильный ответ:

1. **Излучение радиосигнала**
   - **Генерация сигнала**: Создание радиочастотного сигнала, который будет излучаться антенной.
   - **Модуляция**: Изменение параметров сигнала (например, амплитуды, частоты или фазы) для передачи информации о цели.
2. **Распространение сигнала**
   - **Излучение**: Передача радиосигнала через антенну в направлении наблюдаемой области.
   - **Распространение**: Сигнал распространяется в пространстве и взаимодействует с объектами (целями), отражаясь от них.
3. **Прием отраженного сигнала**
   - **Приемник**: Антенна или система антенн принимает отраженные радиосигналы от целей.
   - **Демодуляция**: Обработка принятого сигнала для извлечения информации о цели.
4. **Обработка данных**
   - **Фильтрация**: Устранение шумов и помех из принятого сигнала для повышения качества данных.
   - **Анализ**: Определение характеристик цели (например, расстояние, скорость, направление) на основе обработанных данных.
   - **Классификация**: Определение типа цели (например, автомобиль, самолет) на основе полученной информации.
5. **Вывод информации**
   - **Отображение результатов**: Вывод информации на дисплеи или в виде отчетов для оператора.
   - **Принятие решений**: Использование полученной информации для принятия оперативных решений (например, для контроля за движением автотранспорта).
6. **Хранение и архивирование данных**
   - **Запись данных**: Сохранение полученных данных для последующего анализа или отчетности.
   - **Архивирование**: Организация хранения данных для долгосрочного использования и анализа.
7. **Калибровка и обслуживание**
   - **Калибровка системы**: Регулярная проверка и настройка оборудования для обеспечения точности измерений.
   - **Техническое обслуживание**: Обслуживание оборудования для поддержания его работоспособности и надежности.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

Две РЛС, расположенные на расстоянии 200 км друг от друга, имеют дальности обнаружения цели с ЭПР 5 м^2 120 км и 150 км соответственно. Возможно ли скрытное преодоление радиолокационного поля самолетом B1B с ЭПР, равной 0,1 м^2?

Правильный ответ:

Данные:

1. **РЛС 1**:
   - Дальность обнаружения: 120 км
   - ЭПР цели: 5 м²
2. **РЛС 2**:
   - Дальность обнаружения: 150 км
   - ЭПР цели: 5 м²
3. **Самолет B1B**:
   - ЭПР: 0,1 м²

Применение формулы для расчета дальности обнаружения

Дальность обнаружения радиолокационной системы зависит от ЭПР цели. Можно использовать пропорциональную зависимость для определения дальности обнаружения RR для разных ЭПР:

$$R \propto \sqrt{\sigma}$$

где RR — дальность обнаружения, σσ — ЭПР цели.

Расчет дальности обнаружения для самолета B1B

Для РЛС 1:

1. Дальность обнаружения для ЭПР 5 м²: 120 км.
2. Дальность обнаружения для ЭПР 0,1 м²:

$$R_{1B1B} = R_1 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_1}{\sigma_{B1B}}} = 120 \cdot \sqrt{\frac{5}{0,1}} = 120 \cdot \sqrt{50} \approx 120 \cdot 7,07 \approx 848,4\,\text{км}$$

Для РЛС 2:

1. Дальность обнаружения для ЭПР 5 м²: 150 км.
2. Дальность обнаружения для ЭПР 0,1 м²:

$$R_{2B1B} = R_2 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_{B1B}}} = 150 \cdot \sqrt{\frac{5}{0,1}} = 150 \cdot \sqrt{50} \approx 150 \cdot 7,07 \approx 1060,5\,\text{км}$$

Выводы

1. **РЛС 1** может обнаружить самолет B1B на расстоянии примерно 848,4 км.
2. **РЛС 2** может обнаружить самолет B1B на расстоянии примерно 1060,5 км.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тверской государственный технический университет

Направление подготовки специалистов – 11.05.01 Радиоэлектронные системы и комплексы.
Направленность (профиль) – Радиоэлектронные системы и комплексы.
Кафедра «Радиотехнические информационные системы»
Дисциплина «Вторичная обработка радиолокационной информации»
Семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №_21

1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 или 2 балла:
Принципы классификации объектов по данным радиолокационного наблюдения.

Правильный ответ:

Классификация объектов по данным радиолокационного наблюдения — это процесс определения типа или категории объектов на основе полученных радиолокационных сигналов и их характеристик. Этот процесс основан на анализе различных параметров, которые могут быть извлечены из радиолокационных данных. Вот основные принципы классификации объектов:

1. Анализ Эффективной Площади Рассеяния (ЭПР)

- ЭПР является ключевым параметром, который характеризует отражательную способность объекта. Разные типы объектов имеют различные значения ЭПР, что может помочь в их классификации.
- Например, самолеты, автомобили и корабли имеют различные ЭПР, что позволяет различать их на основе радиолокационных данных.

2. Динамика Движения

- Изучение параметров движения объектов, таких как скорость, направление и маневренность, позволяет классифицировать объекты. Например, быстро движущиеся объекты могут быть определены как самолеты, в то время как медленно движущиеся объекты могут быть определены как автомобили или суда.

3. Форма и Размер Объекта

- Радиолокационные сигналы могут содержать информацию о форме и размере объектов на основе их отражательных характеристик. Например, форма крыла самолета или корпус судна может дать подсказки о типе объекта.

4. Параметры Сигнала

- Анализ характеристик радиолокационного сигнала, таких как частота, амплитуда, фаза и временные задержки, может помочь в классификации. Разные объекты могут вызывать различные изменения в этих параметрах.
- Использование методов обработки сигналов, таких как фурье-анализ, может помочь выявить особенности объектов.

5. Тепловые и Электромагнитные Характеристики

- Некоторые радиолокационные системы могут использовать дополнительные сенсоры для сбора данных о тепловых или электромагнитных характеристиках объектов. Например, инфракрасные или многоспектральные датчики могут быть использованы в сочетании с радиолокацией для более точной классификации.

6. Алгоритмы Машинного Обучения

- Современные методы машинного обучения и искусственного интеллекта могут быть использованы для классификации объектов на основе больших объемов радиолокационных данных. Эти алгоритмы могут обучаться на исторических данных и улучшать свою точность со временем.

7. Контекстуальная Информация

- Учет контекстуальной информации, такой как местоположение объектов, окружающая среда и известные маршруты, может помочь в более точной классификации. Например, если объект находится вблизи аэропорта, это может указывать на то, что он является самолетом.

8. Сравнительный Анализ

- Сравнение полученных данных с базами данных известных объектов может помочь в классификации. Если радиолокационные данные совпадают с заранее известными характеристиками объекта, его можно классифицировать.

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 2 балла:

Описать сигналы и помехи на входе ВОРИ

Правильный ответ:

Сигналы

1. **Радиолокационные Сигналы**:
    - **Импульсные Сигналы**: используются в большинстве традиционных радиолокационных систем. Импульсы отправляются в воздух, и время, за которое сигнал возвращается, используется для определения расстояния до объекта.
    - **Непрерывные Сигналы**: В некоторых системах используются непрерывные волны (CW-сигналы) для определения скорости объекта путем анализа эффекта Доплера.
    - **Формированные Сигналы**: В современных системах могут использоваться сложные формы сигналов, такие как частотно-модулированные импульсы (FMCW), которые обеспечивают

более точное измерение расстояния и скорости.

2. **Сигналы Отражения**:
   - Эти сигналы возвращаются от объектов (например, самолетов, автомобилей, зданий) и анализируются для определения их местоположения, скорости и других характеристик. Разные объекты имеют разные ЭПР, что влияет на силу и качество отраженных сигналов.
3. **Сигналы От Погоды**:
   - Дождь, снег, туман и другие атмосферные условия могут влиять на радиолокационные сигналы. Эти факторы могут вызывать рассеяние и затухание сигналов, что необходимо учитывать при анализе данных.

Помехи

1. **Электромагнитные Помехи**:
   - **Сигналы от других радиолокационных систем**: Взаимодействие с другими радарами может создавать помехи, что затрудняет идентификацию целей.
   - **Сигналы от коммерческих и частных радиостанций**: Эти сигналы могут создавать шум и мешать обработке данных радара.
2. **Шум**:
   - **Тепловой шум**: возникает из-за теплового излучения объектов и компонентов системы. Этот шум может затруднять обнаружение слабых сигналов.
   - **Квантовый шум**: Связан с дискретным характером фотонов и может влиять на системы, использующие оптические технологии.
3. **Метеорологические Помехи**:
   - Дождь, снег, град и другие атмосферные явления могут вызывать рассеяние и затухание радиолокационных сигналов, что может привести к искажению данных.
4. **Интерференция**:
   - **Коэффициент интерференции**: Сложение нескольких радиолокационных сигналов может привести к интерференции, что затрудняет анализ и идентификацию объектов.
5. **Собственные Помехи системы**:
   - **Сигналы от собственных механизмов радара**: например, вибрации или электромагнитные излучения от компонентов системы могут создавать фоновый шум.

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 2 балла:

На какой высоте должен лететь самолет дальней радиолокационной разведки, оснащенный РЛС обнаружения низколетящих целей, для того чтобы была полностью использована максимальная дальность действия РЛС, равная 250 км? Высота полета целей – не менее 100 м.

Правильный ответ:
Основные параметры:

- D — максимальная дальность действия РЛС (250 км).
- h — высота полета самолета.
- H — высота полета целей (не менее 100 м).

Формула для расчета:
Для радиолокационного обнаружения можно использовать приближенную формулу, связывающую высоту полета радара и максимальную дальность обнаружения:

$$D = \sqrt{2 \cdot h \cdot R} + \sqrt{2 \cdot H \cdot R}$$

где R*R* — радиус Земли (приблизительно 6371 км).
Подстановка значений:

1. Преобразуем формулу:

$$D^2 = 2hR + 2HR$$

2. **Подставим известные значения:**
    1. **D=250 км=250000 м**
    2. **H=100 м**
    3. **R=6371000 м**
3. **Подставляем в формулу:**

(250000) ^2=2h·6371000+2·100·6371000

4. **Вычисляем:**

$$62500000000 = 12742000h + 1274200$$

$$62500000000 - 1274200 = 12742000h$$

$$62498725800 = 12742000h$$

$$h = \frac{62498725800}{12742000} \approx 4900 \text{ м}$$

Для того чтобы самолет дальней радиолокационной разведки, оснащенный РЛС обнаружения низколетящих целей, мог использовать максимальную дальность действия РЛС в 250 км, он должен лететь на высоте примерно 4900 м.

Критерии итоговой оценки за экзамен:
«отлично» - при сумме баллов 5 или 6;
«хорошо» - при сумме баллов 4;
«удовлетворительно» - при сумме баллов 3;
«неудовлетворительно» - при сумме баллов 0, 1 или 2.

Составитель: к.т.н., доцент каф. РИС _____ В.К. Кемайкин

Заведующий каф. РИС _____ С.Ф. Боев