

УДК 004.89

## **ПОДХОД К СОЗДАНИЮ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ПОДСТИЛАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

Тимофеева С. А., студент гр. ИВБ1-21, IV курс

Научный руководитель: Гусаров А. В., канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П. А. Соловьёва, г. Рыбинск

Для управления летательным аппаратом (ЛА) необходимо знать его текущие координаты. Для решения этой задачи как в пилотируемых ЛА, так и в беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) используется доплеровский измеритель скорости и сноса (ДИСС). ДИСС позволяет вычислять путевую скорость летательного аппарата, а также угол сноса. Эти данные затем служат для вычисления местоположения ЛА.

В различных применениях бывает важно знать тип подстилающей поверхности, находящейся под ЛА. Зная тип поверхности, система может автономно принимать решения о том или ином действии. Например, при опрыскивании полей растворами защиты растений ЛА сможет отслеживать границы поля и не выходить за его пределы, предотвращая растрачивание средства обработки на соседние объекты иного типа подстилающей поверхности.

В качестве ещё одного примера можно привести поиск пропавших людей. При выполнении этой задачи важным фактором является быстродействие, что бесспорно обеспечивается БПЛА. Но в связи с различными факторами, в том числе и отсутствием связи GPS в достаточно «глухих» областях, погрешность всегда имеет место быть. Исследуя лес и делая снимки, БПЛА может случайно залететь в населённый пункт, теряя время и не обеспечивая при этом того важного фактора – быстродействия. Распознавание типов поверхности обеспечило бы поиск только над типом поверхности «лес».

Свойства различных отражённых поверхностей вносят погрешность в измерение параметров ДИСС [1]. Погрешности известны для следующих типов местности:

- лес;
- пашня/сухой снег;
- сухой песок;
- лёд;
- море (при различной скорости ветра).

При вычислении координат с целью компенсации этой погрешности для каждого типа отражающей поверхности вводятся соответствующие поправки. Поскольку все типы отражающей поверхности суши различаются незначительно, поправки считают равновероятными. Поэтому обычно вводятся две поправки – для суши и для моря. При этом пилот ЛА сам вынужден вводить поправки, переводя переключатель «Суша – Море» в нужное положение.

Возможность автоматически определять тип отражающей поверхности позволила бы более точно вычислять координаты ЛА путём использования точных поправок, а не усреднённых, а также автоматизировать процесс в пилотируемых ЛА. Необходимость создания такой системы свидетельствует об актуальности данной темы.

Поскольку все типы поверхности обладают различными свойствами, отражённый от них сигнал также будет отличаться. Распознавание может производиться как по самому сигналу, так и по его спектру. Простоту изучения свойств произвольного сигнала может обеспечивать его спектральное представление, поскольку гармонические функции хорошо изучены [2]. Спектральный анализ заключается в разложении сигнала на его частотные спектральные составляющие и оценке или измерении их характеристик – амплитуды, фазы, мощности, спектральной плотности мощности и др. Анализ позволит найти характерные частоты сигнала, отражённого от той или иной поверхности.

Разработана программа построения спектра сигнала. Она позволяет визуально оценить возможность применения спектрограмм для классификации поверхностей. Ниже приведены спектрограммы сигналов, отражённых от различных типов поверхности. На рисунке 1 представлена спектрограмма сигнала, отражённого от поверхности типа «Пашня», на рисунке 2 – спектрограмма сигнала, отражённого от поверхности типа «Город».

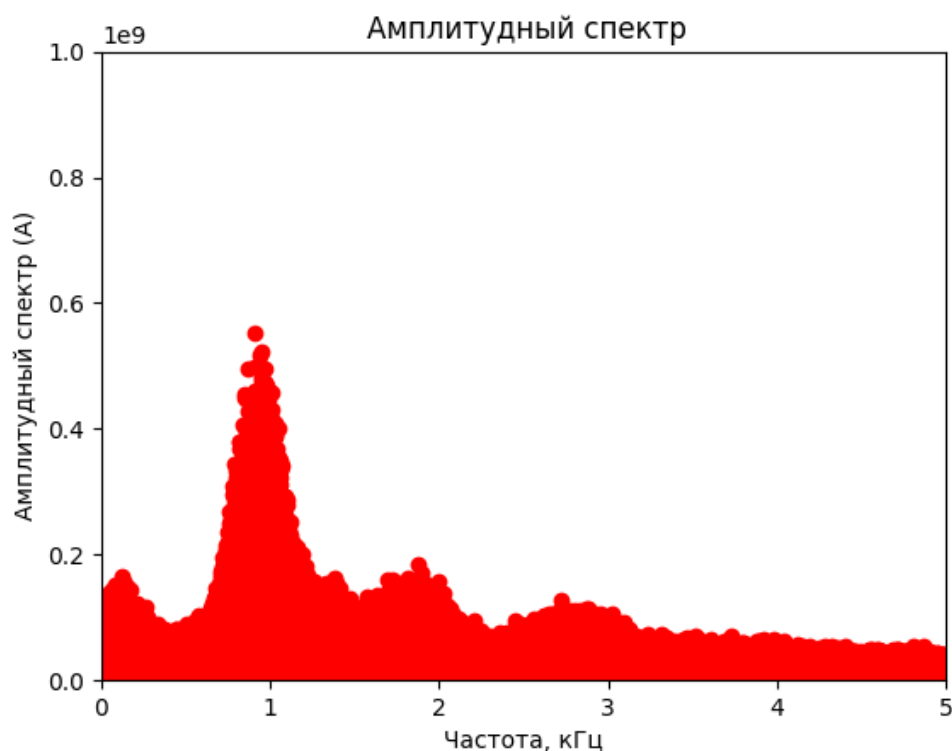


Рисунок 1 – Спектрограмма поверхности «Пашня»

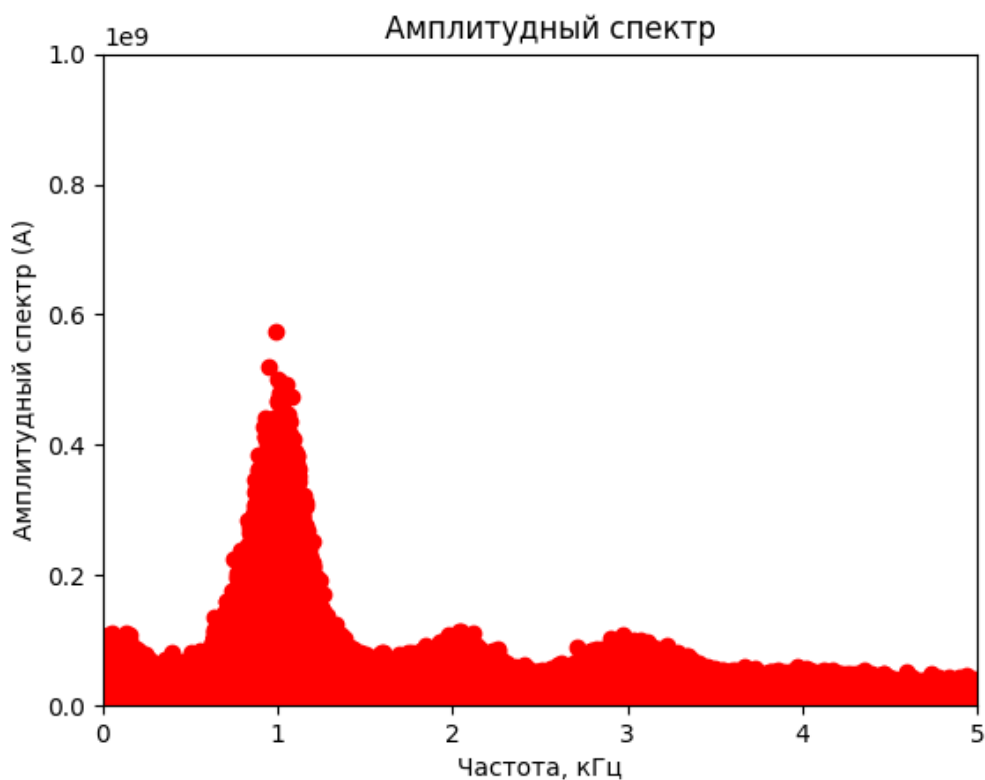


Рисунок 2 – Спектрограмма поверхности «Город»

Как видно на рисунках 1 и 2 спектрограммы сигналов, отражённых от разных поверхностей, действительно различаются. Визуально возможно

оценить различия спектрограмм, однако затруднительно описать эти различия количественно. Например, отчётливо видно, что амплитуды пиков спектрограммы сигнала, отражённого от поверхности "пашня", больше, а также они несколько сдвинуты влево по оси частот. Следовательно, спектры сигналов можно использовать для определения типа поверхности.

На сегодняшний день задача классификации эффективно решается при помощи машинного обучения. Машинное обучение – это класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение за счёт обобщения решений множества сходных задач [3].

Одной из разновидностей моделей, использующих машинное обучение, является создание нейронной сети. При классификации типов поверхности неизвестно, какие характеристики сигнала являются информативными. Поэтому целесообразно использовать нейронную сеть на основе глубокого обучения, что позволит сети самостоятельно выявлять необходимые для определения типа поверхности признаки сигнала. В качестве такой сети может выступать свёрточная нейронная сеть.

Существует множество исследований способов классификации аналоговых сигналов, например исследования, в которых показана эффективность использования нейронных сетей при классификации звуковых данных [4]. В подобных исследованиях основой является анализ структуры сигнала. При этом основным инструментом обработки сигналов является фильтр Фурье. Он позволяет довольно точно определить уровень той или иной гармоники [5].

Отражённый от поверхности сигнал представляет из себя аналоговый сигнал, дискретизированный с определённой частотой. Поэтому, исходя из ранее проведённых исследований, можно утверждать, что классификация поверхностей по отражённому сигналу при помощи нейронных сетей может оказаться эффективной.

Структурная схема этой системы будет выглядеть следующим образом (рисунок 3).

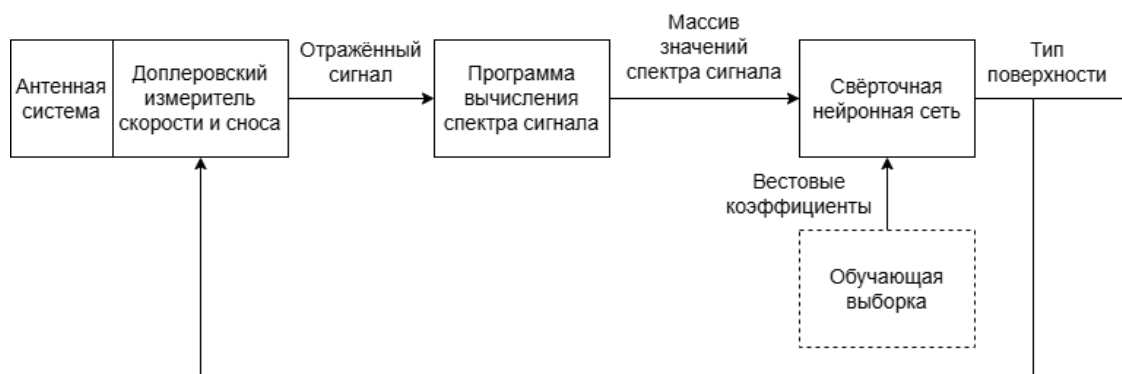


Рисунок 3 – Структурная схема системы

С лучевых антенн на доплеровский измеритель скорости и сноса поступает отражённый от поверхности сигнал. В ДИСС этот сигнал корректируется, путём умножения его на поправку для соответствующего типа поверхности.

Программа вычисления спектра сигнала строит спектрограмму и формирует массив значений спектра данного сигнала, который подаётся в свёрточную нейронную сеть.

Свёрточная нейронная сеть, определяет тип поверхности, которой соответствует данный отражённый сигнал. На основе этого знания система принимает решение, необходимое для той или иной цели. Эта информация специальным образом поступает в ДИСС с целью определения значения поправки для корректировки погрешности отражённого сигнала. Альтернативой может служить вычисление поправки для соответствующего типа поверхности и подачи данной поправки в ДИСС.

Для обучения нейронной сети необходимо сформировать обучающую выборку. Выборка создаётся путем нарезки исходного оцифрованного сигнала на отрезки – вектора, где каждый вектор соответствует определённому классу (типу поверхности). Из этой выборки часть данных берётся для формирования тестовой выборки, которая необходима для проверки качества классификации сетью в процессе обучения и выбора оптимальной топологии. Обучающая выборка позволит узнать весовые коэффициенты, которые затем будут использоваться в нейронной сети.

Таким образом, показана возможность применения спектра для классификации подстилающих поверхностей, предложено использование машинного обучения и нейронных сетей, а также разработана структурная схема системы классификации. Можно предположить, что данный подход можно применить при создании системы классификации отражающих поверхностей на основе машинного обучения.

### Список литературы:

1. Колчинский В. Е., Мандуровский И. А., Константиновский М. И. Автономные доплеровские устройства и системы навигации летательных аппаратов. Под ред. В. Е. Колчинского. М., «Сов. радио», 1975, 432 с.
2. Ефимов Е. А., Коломиец Л. В. Спектральное представление функций (сигналов) : Учебное пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2006. 36 с.
3. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / пер. с англ. А. А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 400 с.
4. Сторожок Е. А., Дорофеев Г. В., Стародубцев П. А. Классификация сигналов использованием технологии нейронных сетей // Журн. Сиб. федер. Ун-та. Техника и технологии, 2022, 15(3). С. 318 – 324.
5. Игнатенко, Г. С. Классификация аудиосигналов с помощью нейронных сетей / Г. С. Игнатенко, А. Г. Ламчановский. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2019 – № 48 (286). – С. 23 – 25.