

УДК 004.852

## HD-КАРТА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Исомадинов А.Х., студент гр. ИТб-202, IV курс  
Научный руководитель: И.С. Сыркин, к.т.н., доцент кафедры  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Технические аспекты создания HD-карт для беспилотных технологий, начиная с ответа на вопрос: "Зачем HD-карты нужны для беспилотной технологии?" Поездка по знакомому маршруту, например, из дома в офис. Еще до начала пути в голове уже будет "карта" этой поездки, позволяющая сосредоточиться на важных аспектах вождения. HD-карты делают маршруты знакомыми для беспилотных систем, обеспечивая безопасность в поездках. Однако цифровые карты, обычно используемые людьми, не обеспечивают достаточную точность и частоту обновления для беспилотных систем, что приводит к необходимости создания HD-карт. При создании HD-карт для беспилотных технологий возникают три основные проблемы: необходимость очень точных карт с частотой обновления и интеграцией с другими технологиями беспилотного вождения. Для достижения высокой точности используется лидар и другие сенсоры для сбора данных. Для обеспечения частого обновления используется краудсорсинг и высокопроизводительная облачная инфраструктура для представления обновлений HD-карт в реальном времени.

Основная цель создания HD-карт заключается в улучшении навигации GNSS/INS путем использования подробных карт окружающей среды и последующего использования лидара для определения положения транспортного средства относительно этих карт. Сущностью создания HD-карт является объединение данных, полученных различными методами (GNSS/INS/лидар), что позволяет минимизировать погрешности. Сначала GNSS/INS генерируют приблизительное положение для каждого сканирования, а затем лидар определяет положение каждой точки с высокой точностью. Главная задача заключается в обеспечении совместной работы разных источников данных для создания высокоточных локальных карт и объединения их в глобальные карты. HD-карты имеют иерархическую структуру, включающую базовый слой с высокоточным 2D-изображением поверхности дороги с разрешением  $5 \times 5$  см, полученным с помощью лидара в инфракрасном спектре. Информация о том, как поверхность отражает свет, позволяет определить, является ли определенный участок свободной дорогой или на нем есть препятствия. Для реального времени локализации беспилотных транспортных средств (БТС) с использованием HD-карт необходимо сравнивать текущие сканирования лидаром с информацией об отражательной способности, которая сохранена в базовом слое карты.

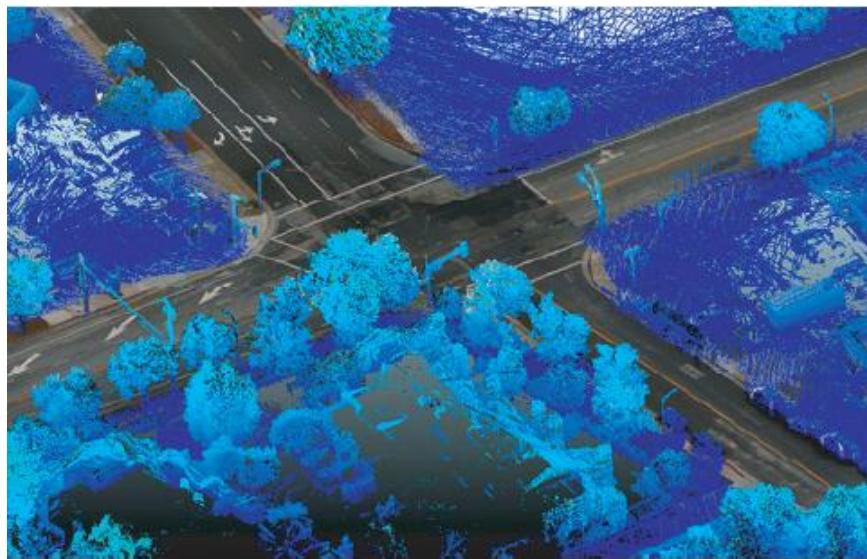


Рисунок 1. HD-карта

Базовый слой HD-карт представляет собой ортогональное инфракрасное изображение земной поверхности, где каждая ячейка сетки имеет определенное значение отражательной способности инфракрасного излучения. Чтобы собрать информацию, транспортное средство устанавливает лидары, направленные вниз, которые измеряют расстояние до поверхности и коэффициент отражательной способности. Затем эти данные комбинируются для создания инфракрасного изображения поверхности. Лидары игнорируют вертикальные объекты, что позволяет сосредоточиться только на плоской дорожной поверхности. Эта система работает независимо от времени суток, так как лидары не требуют освещения.

Каждый скан лидара представляет собой локальную карту окружающей среды, и чтобы создать общую карту, необходимо совместить эти локальные карты. Этот процесс называется сопоставлением карт и заключается в нахождении совпадающих областей между сканами и объединении их в одну карту. Для этого вычисляется поле корреляции, которое позволяет определить наилучшее совмещение данных. Дополнительно, данные о положении транспортного средства помогают уменьшить погрешности при сопоставлении карт. Следующий слой HD-карт после базового содержит семантическую информацию о местоположении, а также о характеристиках дорожной разметки и полос движения. В условиях низкой надежности информации от сенсоров БТС, например, при плохой погоде или помехах от других транспортных средств, эта информация на HD-карте может помочь точно определить положение дорожных полос и оценить загруженность соседних полос в реальном времени. Также на HD-картах присутствует слой, отображающий информацию о дорожных знаках и сигналах светофоров. Этот слой выполняет две функции: воспринимает дорожные знаки и ограничения скорости, а также помогает планировать безопасное передвижение транспортного средства, ориентируясь на эти данные даже в случае, когда они не видны в реальной среде. Одна из проблем

заключается в ограниченном объеме памяти, необходимом для хранения HD-карт. Для сокращения этого объема существуют два метода. Первый метод основан на фильтрации нерелевантной информации, что позволяет уменьшить размер хранимых данных. Второй метод предполагает динамическую загрузку только локальной части HD-карты в память, что оптимизирует использование ресурсов и уменьшает необходимый объем памяти.

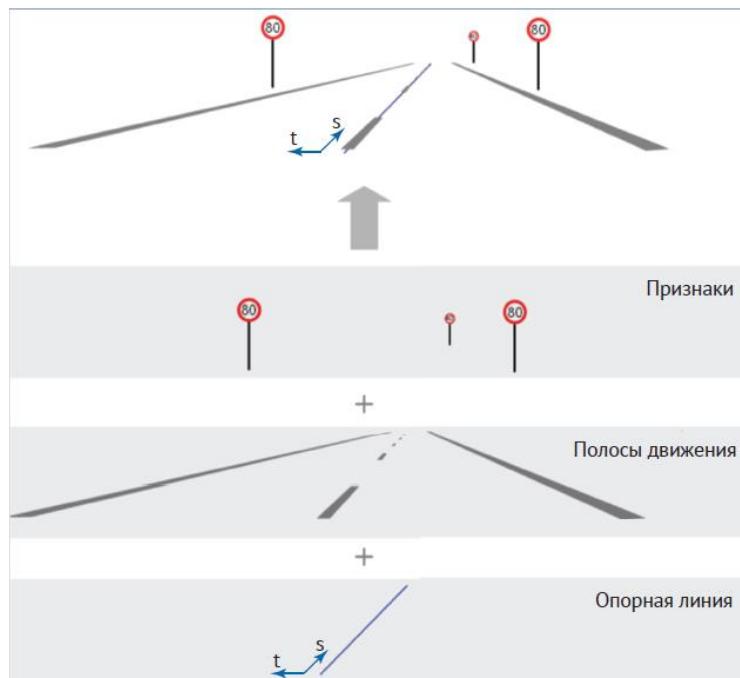


Рисунок 2. Семантический слой HD-карт

Все рассмотренные аспекты создания HD-карт для беспилотных технологий подчеркивают их важность для обеспечения безопасности и эффективности движения автономных транспортных средств. От базового слоя, содержащего информацию об окружающей среде, до слоя с semanticкой информацией о дорожной разметке и знаках, HD-карты играют ключевую роль в навигации и планировании маршрутов. Использование лидаров и других сенсоров для сбора данных, а также интеграция информации с GNSS/INS, позволяют создавать точные и надежные карты дорог с высоким разрешением. Кроме того, оптимизация использования памяти и динамическая загрузка локальных частей карт в память значительно повышают эффективность хранения и обработки данных. В целом, создание и использование HD-карт представляет собой важный шаг в развитии беспилотных технологий, обеспечивая им необходимую информацию для безопасного и эффективного перемещения в различных условиях.

**Список литературы:**

1. Гайош, А. И. Роль HD-карт в беспилотном транспорте / А. И. Гайош // Труды Международной конференции по компьютерной графике и зрению "Графикон". – 2020. – № 30. – С. 109-117. – DOI 10.51130/graphicon-2020-1-109-117. – EDN JRTXJS.
2. Разработка структуры системы управления беспилотным карьерным самосвалом / Д. М. Дубинкин, В. Ю. Садовец, И. С. Сыркин, И. В. Чичерин // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – № 6(152). – С. 25-30. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-6-25-30. – EDN TFLNZS.
3. Концепция управления беспилотными транспортными средствами в условиях открытых горных работ / И. В. Чичерин, Б. А. Федосенков, И. С. Сыркин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2020. – № 8. – С. 109-120. – DOI 10.21440/0536-1028-2020-8-109-120. – EDN RFKKNL.
4. Визуальный SLAM: делаем HD-карты при помощи смартфона / Хабр [Электронный ресурс] Режим доступа <https://habr.com/ru/companies/innopolis/articles/653929/> (дата обращения: 24.03.2024)