

8. Загиров Н.Ш., Гаджиева Т.Ю. Оценки постоянной В.А. Маркова в весовом пространстве Якоби // Вестник ДГУ, сер. Ест.н., Т33, №3, 2018. С. 54-61.

9. Галеев Э.М., Тихомиров В.М. Краткий курс теории экстремальных задач. Изд-во МГУ, 1989. 204 с.

10. Дзядык В.К. Введение в теорию равномерного приближения функций полиномами. М., «Наука», 1977. 514 с.

## РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА МОБИЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРУЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

*Спирина Н.С., Спиринов В.В., Попков Е.В., Котлобай В.Н.*

DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2019.3.50.122](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2019.3.50.122)

**Ключевые слова:** Мобильный лазерный сканер, лидар, ГНСС, мобильное картографирование, облако точек, инерциально-измерительный блок

### Введение

Мобильные лазерные сканирующие комплексы – это новый виток эволюции в развитии сканирующих систем. Их выгодно отличает от статических сканирующих систем возможность перемещения по поверхности земли и вследствие чего сканирование протяженных объектов.

Согласно данным с сайта [geo-matching.com](http://geo-matching.com) (агрегатор новостей в сфере лазерного сканирования) количество поисковых запросов по теме мобильного лазерного сканирования растет, начиная с 2016 года. Также был отмечен рост поисковых запросов в системе Google по тематике мобильного картографирования, пик пришелся на 2018 год. [1] Это говорит о растущем спросе в мире на системы мобильного лазерного сканирования и услуги, которые последние могут предоставить. В России данная тематика развита слабо, и на данный момент имеются только 2 производителя подобных систем.

В данной статье рассматривается способ построения подобной системы из отдельных составляющих ее элементов, приводится информация о необходимом программном обеспечении и результатах испытаний собранной системы.

### Аппаратная часть

Мобильные лазерные сканеры используются внутри помещений и на открытой местности. В связи с этим меняется аппаратная составляющая. В данной статье рассматривается сканер, который работает вне помещения.

В состав мобильного лазерного сканера входят следующие устройства:

Лазерный дальномер или лидар. Предоставляет набор расстояний до объектов, углы относительно оси вращения лидара, при которых эти расстояния были измерены, и время. По полученным данным можно рассчитать координаты точек в декартовой системе координат, центром которой является центр лидара.

Навигационная система. Предоставляет набор данных о местоположении устройства в пространстве и качестве полученной информации: широта, долгота, высота, среднеквадратичная ошибка широты, долготы и высоты, количество спутников на небосводе и т.п.

Инерциально-измерительный модуль. Предоставляет данные о линейных ускорениях и угловых скоростях мобильного лазерного сканера. После обработки этих данных при помощи фильтра Калмана или Маджвика получаются углы, которые задают ориентацию сканера в пространстве (крен, тангаж, рысканье). Это углы Эйлера.

Плата синхронизации. Обеспечивает синхронизацию устройств 1-3 по времени навигационной системы и сигналу PPS.

Бортовой компьютер. Предназначен для управления и сбора данных с устройств 1-3. На бортовом компьютере запускается программное обеспечение, которое позволяет включать и останавливать запись с устройств, задавать им настройки и контролировать текущие статусы.

Схематично устройство мобильного лазерного сканирования представлено на рис. 1.

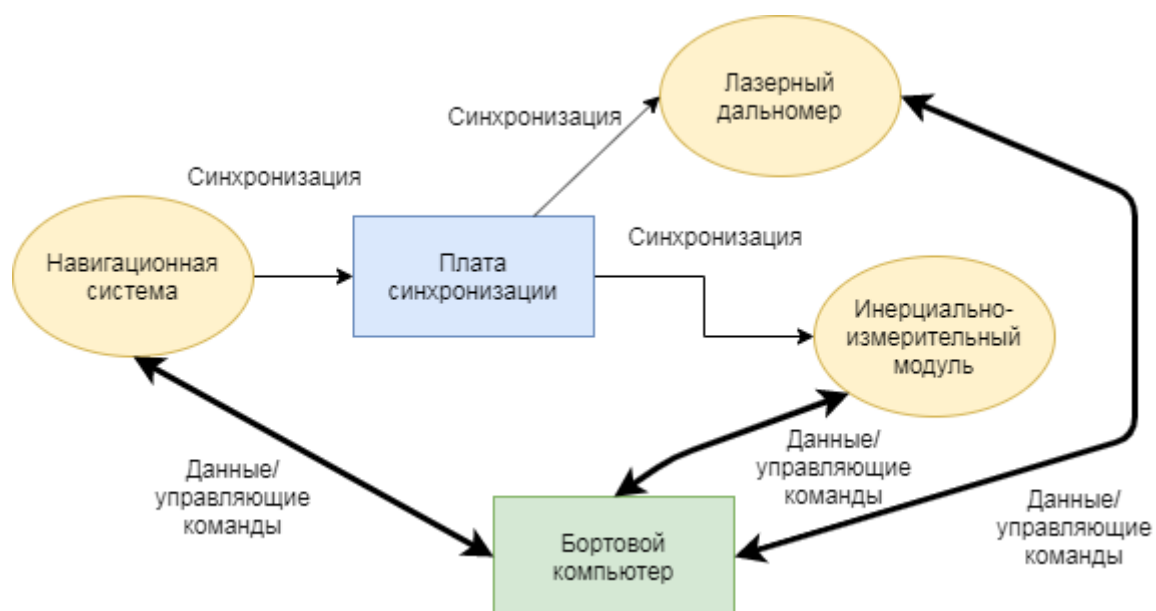


Рис. 1 Устройства в составе системы мобильного лазерного сканирования.

Для реализации прототипа мобильного лазерного сканера был выбран лазерный дальномер Velodyne HDL-32e, который обладает характеристиками, приведенными в таблице 1. [2]

Таблица 1.

**Характеристики лазерного дальномера Velodyne**

Характеристика	Значение
Количество точек	700 000 в сек. для одиночного режима и 1 400 000 для двойного
Точность	До 3 см
Дальность	От 5 см до 100 м
Частота вращения	5-20 Гц
Количество лазеров	32
Напряжение питания	12 В
Ток	2 А
Интерфейс подключения	Ethernet, 100 Мб/с
Вес	1.4 кг

Внешний вид лазерного дальномера Velodyne HDL-32e приведен на рис. 2.



Рис. 2 Лазерный дальномер Velodyne HDL-32e.

Дальномер Velodyne HDL-32e был выбран из-за того, что он обладает приемлемой точностью съемки и стоимостью по сравнению с аналогами.

В качестве навигационной системы и инерциально-измерительного блока была выбрана инерциально-навигационная система (ИНС) Novatel Span CPT 6, потому что обладает

необходимой для подобной системы точностью, при помощи технологии SPAN она выдает сразу углы Эйлера (крен, тангаж, рысканье), что позволяет не реализовывать фильтр Калмана или Маджвика.

Характеристики системы Novatel Span CPT 6 приведены в таблице 2.[3]

Таблица 2

**Характеристики системы Novatel Span CPT 6.**

Характеристики	Значение
Группировки спутников, от которых принимается сигнал и частоты	GPS/GLONASS/Galileo/BeiDou L1/L2
Частота работы ИНС	До 200 Гц
Точность определения положения в режиме Real Time Kinematic (RTK)	1-2 см
Диапазон измерения акселерометра	+/-10g
Диапазон измерения гироскопа	+/-375 град/с
Интерфейс подключения	USB (виртуальный последовательный порт)
Напряжение питания	От 9 до 18 В
Мощность	16 Вт
Вес	2.28 кг

Внешний вид инерциально-навигационной системы Novatel Span CPT 6 приведен на рис. 3.



Рис. 3. Инерциально-навигационная система Novatel Span CPT 6.

В качестве бортового компьютера был выбран Intel NUC, потому что он обладает сравнительно небольшими размерами, стоимостью и

необходимыми интерфейсами для подключения устройств.

Характеристики компьютера Intel NUC приведены в таблице 3.[4]

Таблица 3

**Характеристики компьютера Intel NUC.**

Характеристика	Значение
Процессор	Intel Celeron N3050, 1600 МГц
ОЗУ	DDR3L, 1600 МГц, 4 Гб
Накопитель	SSD 512 Гб
Напряжение питания	9-16 В
Мощность	65 Вт
Вес	0.6 Кг
Габариты	115 x 52 x 111 мм
Интерфейсы	USB 2.0 x 2, USB 3.0 x 4, Ethernet 100 Мб/с x 1

Внешний вид компьютера Intel NUC приведен на рис. 4.



Рис. 4. Компьютер Intel NUC.

Прототип мобильной лазерной сканирующей системы был собран на листе ОСБ плиты, установлена антенна и измерены необходимые смещения.



Рис. 5. Внешний вид прототип мобильного лазерного сканирующего комплекса.

Программная часть мобильного лазерного сканирующего комплекса состоит из двух программ. Программа для управления аппаратной частью, названная SCADA, содержит драйвера для

взаимодействия с устройствами, блок чтения конфигурации устройств, интерфейс для взаимодействия пользователя с системой. Программа SCADA работает под управлением операционной системы Linux Ubuntu 16.

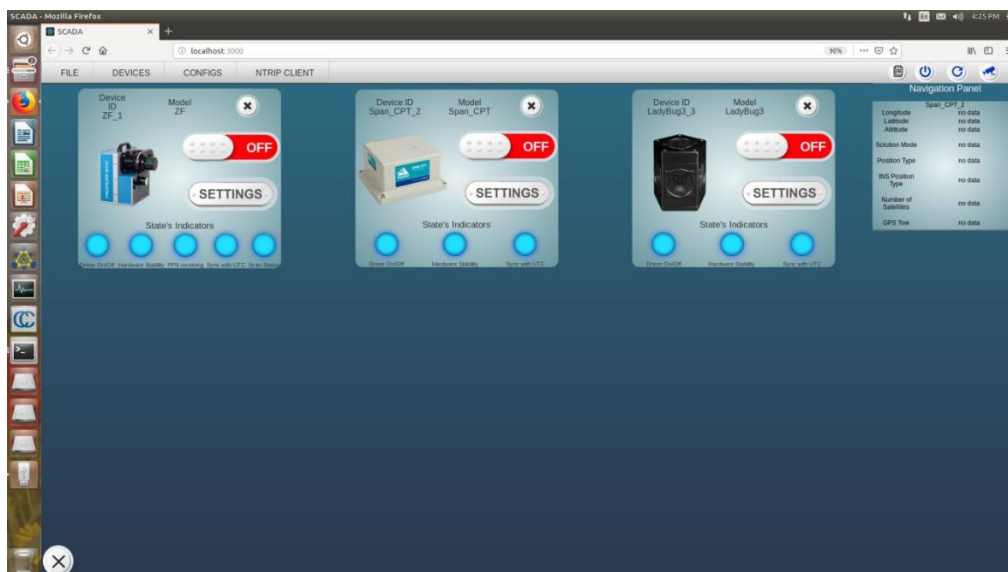


Рис. 6. Интерфейс программы SCADA.

Вторая программа – это сборщик облака точек. Она распаковывает данные, записанные с устройств и проводит с ними математические преобразования, в результате чего получается облако точек, которое затем записывается в LAS-файл.

Программа работает под управлением операционной системы Linux Ubuntu 16 в консольном варианте.

#### Испытания

Были проведены испытания разработанного прототипа системы мобильного лазерного сканирования. Для этого она была расположена на

крыше микроавтобуса, который перемещался на скорости не менее 20 км/ч. Для точного позиционирования мобильного сканера была применена технология RTK, которая требует наличия базовой станции. Длительность сканирования составила 1 минуту.

#### Результаты

В результате испытаний прототипа системы мобильного лазерного сканирования было установлено, что система способна выдавать удовлетворительный результат, а именно визуально ровное облако точек с точностью до 20 см.

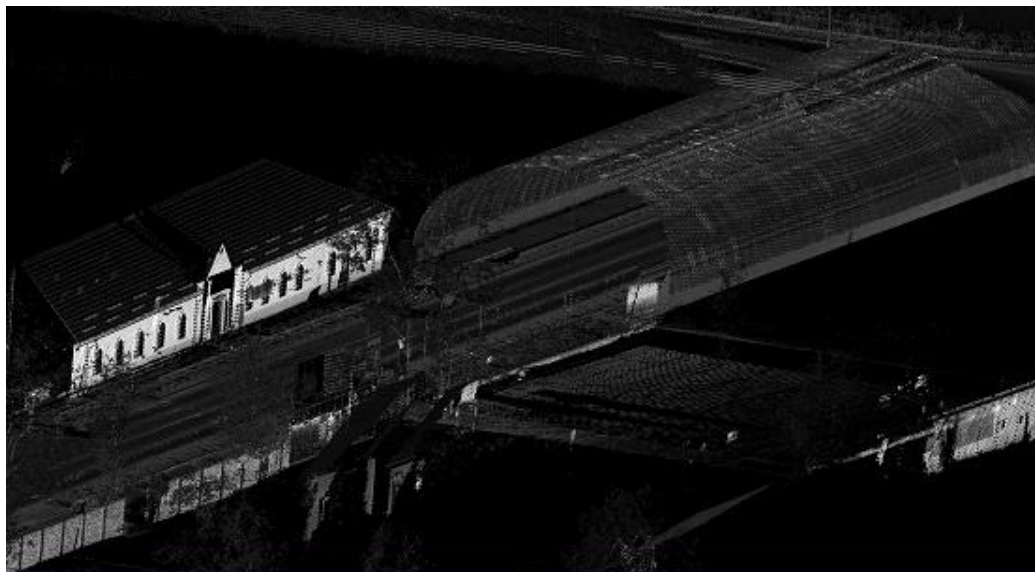


Рис. 7. Образец облака точек, полученного при помощи разработанного прототипа.

Сравнивая прямой и обратный заезды было выявлено, что они имеют расхождения, как в плане, так и по высоте. Исправить получившиеся расхождения можно при помощи калибровки всей системы. [5]

#### Литература

GIM International. Режим доступа: электронный ресурс - <https://www.gim-international.com/content/article/mobile-mapping-trends-and-insights> (дата обращения 12.12.2019)

Velodyne LIDAR HDL-32E User Manual

Novatel Span CPT User Manual

Характеристики компьютера Intel NUC. Режим доступа: электронный ресурс - <https://www.dns-shop.ru/product/591f618fe1073330/platforma-intel-nuc-boxnuc5cпyh/characteristics/>

R. Le Scouarnecb, T. Touzé, J.B. Lacambre, N. Seube, A new reliable boresight calibration method for mobile laser scanning application, 2014, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-3/W1