

УДК 629.052

**Федоров Дмитрий Олегович**, магистрант,  
Южно-уральский государственный университет (НИУ),  
г. Челябинск

**Ивандикова Полина Сергеевна**, магистрант,  
Южно-уральский государственный университет (НИУ),  
г. Челябинск

**Школяренко Анастасия Олеговна**, магистрант,  
Южно-уральский государственный университет (НИУ),  
г. Челябинск

**Илимбетов Рафаэль Юрикович**, к.т.н.,  
Южно-уральский государственный университет (НИУ),  
г. Челябинск

**Ездунов Андрей Сергеевич**, магистрант,  
Южно-уральский государственный университет (НИУ),  
г. Челябинск

## **LIDAR В БЕСПИЛОТНЫХ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ**

**Аннотация:** В природе развития Light Detection And Ranging («обнаружение и определение дальности с помощью света»). LiDAR постоянно открываются новые сценарии применения, связанные с распознаванием трехмерной среды для науки и промышленности. Каждое новое разработанное поле сопровождается новыми областями использования, и могут быть получены новые приложения.

**Ключевые слова:** лидар, 3D-сканер, радар, беспилотный транспорт.

**Лидар в автономном вождении НТС.** В течение последних двух десятилетий LiDAR продолжал развиваться для коммерческого и некоммерческого использования, например, в исследовательских целях. Сегодня можно генерировать до 2 миллионов точек данных в секунду с точностью до 5 мм. Датчики LiDAR используются в самых разных областях, таких как:

- наблюдения за ледниками
- лесоустройство
- анализ прибрежных изменений
- батиметрическая съемка
- анализ рисков оползней
- картирование среды обитания
- телекоммуникации и городское планирование

Открытая добыча полезных ископаемых, сельское хозяйство и археология также являются идеальными областями применения LiDAR. LiDAR используется везде, где необходимо исследовать местность. Благодаря быстрому темпу технологических инноваций сегодня новые симбиозы также могут быть созданы за счет интеграции датчиков. Инфраструктура, умный город, транспорт, логистика и промышленные приложения получают большую выгоду от использования технологии LiDAR – и во многих случаях уже это делают.



Автономные транспортные средства также используют различные датчики для распознавания своего окружения. Радары и камеры уже широко используются, но 3D-сканеры превосходят их по разрешению и точности. LiDAR записывают окружающую среду непосредственно в 3D-данные, что обеспечивает надежную программную оценку и автономную навигацию. Эксперты сходятся во мнении, что автономное вождение с уровня 3 и выше будет возможно только с технологией LiDAR.

Исходя из этого, одним из самых огромных плюсов беспилотного автомобиля является понижение ДТП на дорогах. Согласно данным atkearney, беспилотный транспорт уменьшает возможность происхождения ДТП на 70%. По статистике количество смертности и ДТП с участием автомобилей под управлением водителей неоднократно превышает характеристики беспилотников. Для образца, по этим Росстата и ГИБДД, лишь в 2016 году в России вышло более 173000 ДТП, более 200 000 людей получили ранения, 20 000 погибло.

Сокращение аварийных ситуаций на дороге достигается тем, что беспилотный автомобиль сознательно не нарушает правила дорожного движения. Он никогда не выходит за рамки установленной перед ним задачи. Человек, в отличие от машины, переступает через правила, что не редко приводит к печальным последствиям. Проезд на запрещающий знак светофора, нарушение скоростного режима, езда в нетрезвом состоянии – все эти причины исключают искусственный разум автомобиля.

**Конструкция 3D-сканера LiDAR.** Состоит лидар из трех частей:

- лазер – посылает точно сгенерированные световые импульсы.
- сканнер – распознаёт посылаемые световые импульсы, отражённые от объекта.
- GPS ресивер – используя данные LiDAR, точно рассчитывает пройденное светом расстояние.

В автомобильных приложениях технологии LIDAR большинство датчиков LIDAR устанавливаются в верхней части автомобиля. Датчики LIDAR непрерывно вращаются и генерируют тысячи лазерных импульсов в секунду. Эти высокоскоростные лазерные лучи от LIDAR непрерывно излучаются вокруг транспортного средства на 360 градусов и отражаются от объектов на пути. С использованием сложных алгоритмов машинного обучения данные, полученные в ходе этой деятельности, преобразуются в 3D-графику в реальном времени, которая часто отображается в виде 3D-изображений или 3D-карт окружающих объектов.

Автомобильные датчики LIDAR можно разделить на две категории в зависимости от используемой технологии:

- электромеханический лидар
- твердотельный лидар

Электромеханические лидары – это традиционные лидарные системы, которые можно рассматривать как лидарные датчики первого поколения для автомобильных приложений. Эти механические вращающиеся датчики системы LIDAR собраны из нескольких движущихся частей, которые устроены таким образом, чтобы создавать и излучать массив лазерных лучей в направлении целевой области (рисунок 1). Электромеханические лидары довольно громоздки, очень дороги и подвержены износу на пересеченной местности. Они устанавливаются на крыше транспортного средства и непрерывно вращаются, чтобы сканировать окрестности транспортного средства и, как правило, охватывают большие расстояния.





Рис. 1. – Механический лидар

В отличие от традиционных электромеханических лидаров, твердотельные лидары полностью построены на одном чипе. Все компоненты лидарных систем, такие как излучатель, приемник и процессоры, интегрированы в единый чип твердотельного лидара. Находясь на микросхемах, твердотельные лидары имеют компактные размеры.

Кроме того, они не видны при установке, легкие и экономичные. Поскольку в этих лидарных системах нет движущихся частей, они закреплены сзади, спереди и по бокам автомобиля.

Твердотельные лидары (рисунок 2) имеют оптические излучатели, которые посылают всплеск лазерных фотонов без необходимости корректировать направление передатчиков.

Свет, излучаемый определенным образом, сталкивается с объектами на пути и отражается обратно к приемнику системы.

Процессор в системе LIDAR постоянно получает эти данные и в реальном времени создает трехмерную карту окружения автомобиля.

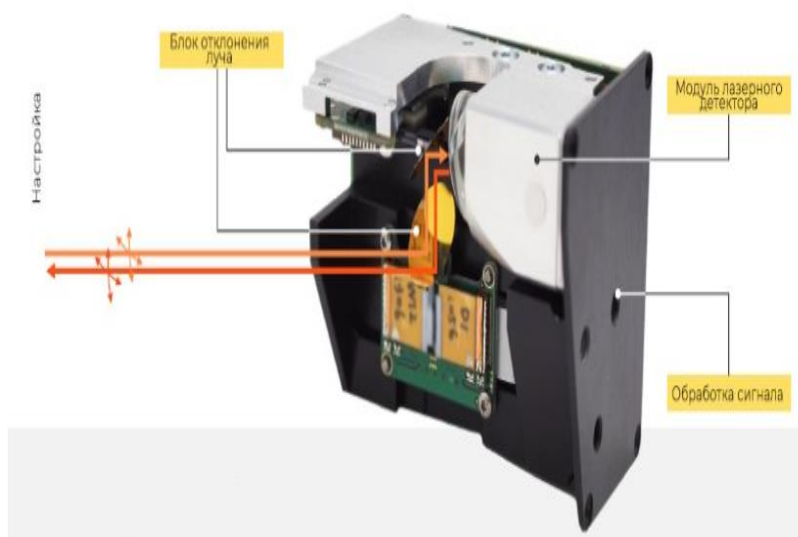
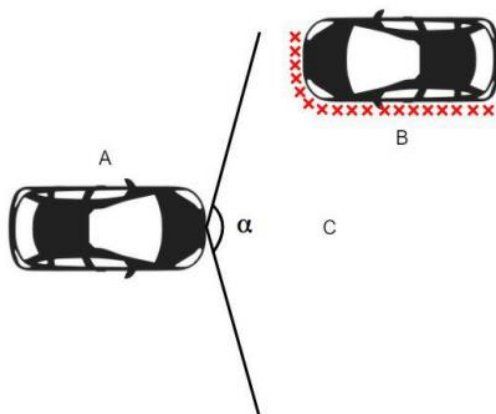


Рис. 2. – Твердотельный лидар



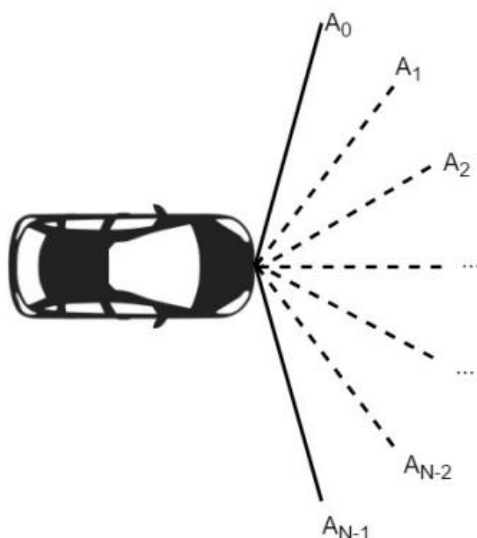
**Особенности использования лидара в НТС. Многослойный лидар.** Лидар работает, испуская последовательность лазерных импульсов под разными углами азимута и места и обнаруживая отражения этих импульсов от различных объектов на дороге и от самой дороги.[1]

Затем время полета используется для определения расстояния до каждой точки, что в сочетании с информацией об азимуте обеспечивает декартово представление координат каждой точки. В этом случае лидар устанавливается на передний бампер автомобиля (рисунок4).



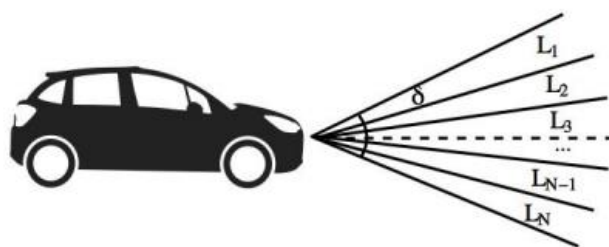
**Рис. 4.** –Лидар, установленный в переднем бампере, вид сверху.  
А) Автомобиль. В) Обнаружение лидаром встречного транспортного средства.  
С) Поле зрения лидара  $\alpha$ , обычно между  $120^\circ$  и  $150^\circ$

Лазерные импульсы излучаются последовательно по разным азимутам, смотреть рисунок5, и углам места, смотреть рисунок 6, что в сочетании с расстоянием до цели дает информацию о трехмерном положении обнаруженной точки.



**Рис. 5.** – Горизонтальное поле зрения разделено на N азимутальных направлений.  $A_0, A_1, \dots, A_{N-1}$  с равным интервалом. Здесь N достаточно велико, а угловое разрешение равно  $< 1$  градуса





**Рис. 6.** – N углы возвышения ( $L_1, L_2, L_3, \dots, L_{N-1}, L_N$ ) с одинаковым интервалом делят вертикальное поле зрения на срезы ширины, давая общее вертикальное поле зрения  $N\delta^\circ$

Данные представлены в виде трехмерного облака точек в  $(x, y, z)$  система координат, представленная на рисунке 4, и состоит из отражений от статического окружения, такого как дорога и дорожные знаки, а также от динамических объектов, таких как автомобили и пешеходы.

Точки располагаются последовательно в соответствии с порядком сканирования по азимуту и высоте.[1] Данные отбираются с частотой от 20 Гц до 100 Гц, каждая выборка содержит данные по каждому азимуту по всем активным углам места.

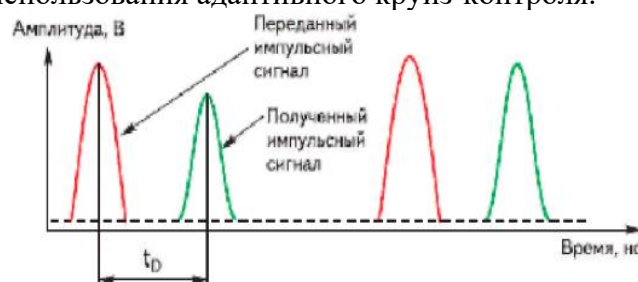
Активные углы возвышения могут в некоторых случаях чередоваться между разными кадрами, но они известны и предсказуемы, так что результирующее 3D-облако точек по-прежнему можно точно определить.

Некоторые лидары могут обнаруживать несколько эхо-сигналов, исходящих от одного и того же лазерного луча. Например, могут возникать множественные эхо-сигналы, когда имеется несколько отражающих поверхностей, содержащихся в одном азимуте и угле места, но в разных диапазонах. Множественные эхосигналы также могут быть вызваны рассеянием лазерного луча по нескольким объектам или плохими погодными условиями. Используемый здесь лидар способен обнаруживать несколько эхо-сигналов.

**Принцип работы лидара для автомобиля.** Инфракрасный свет, направляемый лидаром на объект, отражается от него и рассеивается, модифицируя свои свойства на возвращающемся пути. В результате работы лидара образуется облако точек, которое может быть легко обработано. Это устройство способно точно определить расстояние до предметов и имеет высокую дальность работы.

Системы контроля расстояния между могут использовать инфракрасные импульсы для измерения расстояния до объектов на основе времени (рисунок 7), затраченного на возврат импульса. Длительность высокомоощных и очень коротких световых импульсов составляет около 10 нс.

Использование коротких импульсов лазерного диода аналогично радарам, позволяет расширить диапазон использования адаптивного круиз-контроля.



**Рис. 7.** – Иллюстрация принципа действия импульсного лидара (измерение TOF)



Для достижения наилучшей производительности лидарного датчика необходимо учитывать несколько факторов, среди которых пиковая мощность лазерного диода, оптический дизайн системы, длина волны и дивергенция лазерного луча, передающие свойства оптики и среды, отражающие способности цели и чувствительность детектора. Кроме того, точность измерений TOF зависит от ширины импульса лазера и скорости и точности используемого АЦП.

*Список литературы:*

1. LiDAR Clustering and Shape Extraction for Automotive Applications / Department of Electrical Engineering CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY Gothenburg, Sweden 2017\
2. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ЛИДАР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ДОРОЖНОЙ ОБСТАНОВКИ / Габидуллин А.И.
3. B. Li, T. Zhang, and T. Xia. Vehicle detection from 3d lidar using fully convolutional network. arXiv preprint arXiv:1608.07916, 2016
4. M. Himmelsbach, T. Luettel, and H. Wuensche. Real-time object classification in 3d point clouds using point feature histograms. In 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pages 994–1000, Oct 2009.
5. Jaspers H., Himmelsbach M., Wuensche H.J. Multi-modal local terrain maps from vision and LiDAR. Proc. IV Intelligent Vehicles Symposium, IEEE, 2017, pp. 1119–1125.
6. Mertz C., Navarro-Serment L.E., MacLachlan R., Rybski P., Steinfeld A., Suppe A., Urmson C., Vandapel N., Hebert M., Thorpe C. Moving object detection with laser scanners. J. Field Robotics, 2013, no. 1, pp. 17–43.
7. X. Chen, H. Ma, J. Wan, B. Li, and T. Xian. Multi-view 3d object detection network for autonomous driving. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Jul 2017.
8. B. Li, T. Zhang, and T. Xia. Vehicle detection from 3d lidar using fully convolutional network. arXiv preprint arXiv:1608.07916, 2016
9. B. Schwarz. Lidar: Mapping the world in 3d. Nature Photonics, 4(7):429, 2010.

