

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ganesan, S. Design and Development of Unmanned Hovercraft / S. Ganesan, B. Esakki // International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences. – 2019. – №4. – pp. 1180-1195.

2. Anushree Kirthika, A.M. Design of an unmanned hovercraft / A.M. Anushree Kirthika, R. Jagan // International Journal of Computer Engineering In Research Trends. – 2017. – №4. – pp. 190-194.

УДК 623.746

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БПЛА В СЛОЖНОМ ОКРУЖЕНИИ

Я.О. КОЗЛОВ

Московский государственный университет  
им. М. В. Ломоносова  
Москва, Россия

### Введение

- Определение местоположения: GPS, LiDAR\*, 3D-камеры
- Избегание препятствий: 3D-камеры, LiDAR



- LiDAR (Light Detection and Ranging) - это технология зондирования, использующая лазерный свет для измерения расстояний до объектов и создания трехмерных карт окружающей среды.

### Задача:

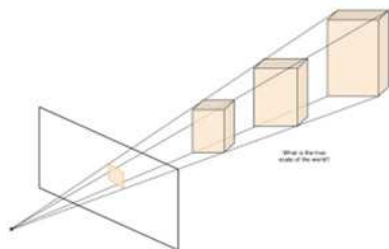
Создание системы автономной ориентации в ограниченном пространстве с составлением карты местности только с использованием 1 камеры.

В чем сложность?

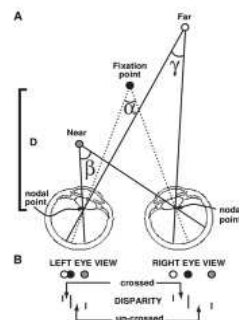
- Ограниченный набор сенсоров
- Закрытое помещение
  - Близость препятствий
  - Переменчивые условия
- Ограниченные вычислительные мощности



## Монокулярное зрение



Без сравнительной перспективы, которую обеспечивают две камеры, оценка расстояний и создание пространственной карты становятся значительно сложнее.



## Возможные решения:

- Извлечение признаков из серии изображений (VSLAM).
- Вероятностная CNN(convolutional neural network) для монокулярного прогнозирования глубины и обхода препятствий.
  - Расстояние до детектируемых объектов
  - Построение карты глубины
- Использовании параллакса движения, связанного с перемещением камеры.

## Извлечение признаков из серии изображений

$$I(x + dx, y + dy, t + dt) = I(x, y, t) \quad (1)$$

$$I(x + dx, y + dy, t + dt) \approx I(x, y, t) + \frac{\partial I}{\partial x} dx + \frac{\partial I}{\partial y} dy + \frac{\partial I}{\partial t} dt \quad (2)$$

$$\frac{\partial I}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial I}{\partial y} \frac{dy}{dt} = - \frac{\partial I}{\partial t} \quad (3)$$

$$\begin{pmatrix} I_x & I_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = -I_t \quad (4)$$

$$\begin{pmatrix} I_x & I_y \end{pmatrix}_k \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = -I_{tk}, \quad k = 1, \dots, w^2 \quad (5)$$

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} (I_x, I_y)_1 \\ \vdots \\ (I_x, I_y)_{w^2} \end{pmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{pmatrix} (I_t)_1 \\ \vdots \\ (I_t)_{w^2} \end{pmatrix} \quad (6)$$

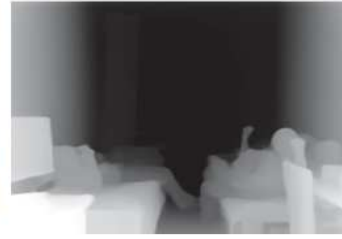
$$\mathbf{A} \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = -\mathbf{b} \quad (7)$$

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}^* = -(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{b} \quad (8)$$

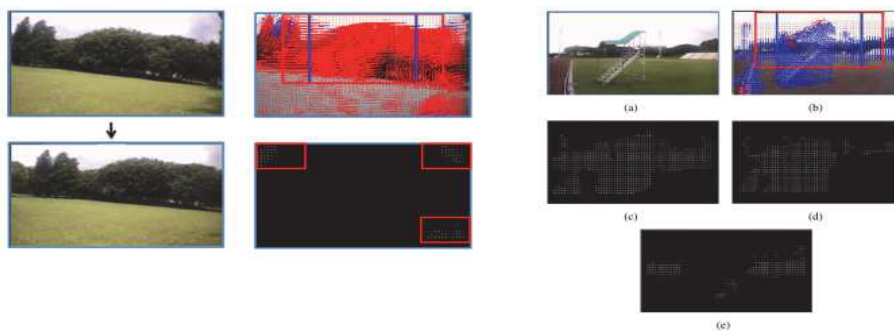
Если величина векторов оптического потока в области изображения меньше заданного порога, то в направлении прямой видимости препятствий нет.

## CNN карта глубины

- MegaDepth
- T2Net
- Midas



## Извлечение признаков из серии изображений



## CNN карта глубины

- MegaDepth
- T2Net
- Midas



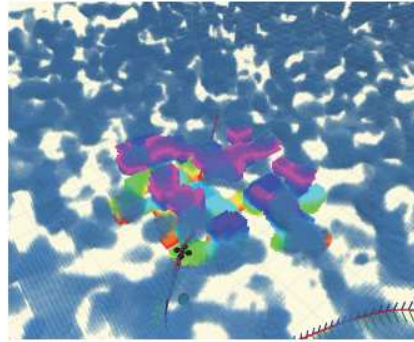
## Построение карты местности



## EGO-Planner: Ключ к Динамичному Планированию Пути

Алгоритм планирования пути в сложных, динамически изменяющихся средах, в реальном времени для беспилотников.

- Мгновенно изменяет траекторию пути при изменении среды
- Вычисляет наиболее эффективный маршрут
- Интегрирован с картой глубины



- X. Zhou, Z. Wang, H. Ye, C. Xu и F. Gao EGO-Planner: An ESDF-Free Gradient-Based Local Planner for Quadrotors // IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 6, no. 2, pp. 478-485, 2021

## Общая схема решения



## Общая схема решения



## Реализованная схема решения

