УЛУЧШЕНИЕ АЛГОРИТМА VFH ДЛЯ БПЛА F450

IMPROVEMENT OF THE VFH ALGORITHM FOR UAVS F450

УДК 339.54.012+338.001.36

Сунь Тянько, магистрант,

Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана.

Сунь Тянько tiankuosun@gmail.com

Аннотация

Поскольку на улице мало препятствий, в полицейских дронах используется алгоритм VFH [1].

Эта работа улучшает алгоритм VFH. Улучшенный алгоритм учитывает размер дрона. В алгоритме VFH размер порога определяет следующее направление движения робота вперед. Если выбран неправильный порог, БПЛА будет лететь по неровной траектории или даже попадет в аварию. В улучшенном алгоритме используется метод автоматического выбора порога, что повышает безопасность БПЛА.

Иван Ульрих и Джон Боренштейн объединили алгоритм VFH с алгоритмом A * [2] и предложили алгоритм VFH * [3]. Из-за алгоритма VFH * требует больших объемов вычислений, эта работа не требует большого объема вычислений.

Annotation

Since there are less obstacles and less static on the street, the VFH algorithm is used in police drones.

This work improves the VFH algorithm. The improved algorithm takes into account the size of the drone. In the VFH algorithm, the threshold size determines the

next forward direction of the robot. If the wrong threshold is selected, the UAV will fly on an uneven trajectory or even crash. The improved algorithm uses an automatic threshold selection method, which increases the safety of the UAV.

Ivan Ulrich and John Borenstein combined the VFH algorithm with the A * algorithm [2] and proposed the VFH * algorithm [3]. Because of the VFH * algorithm, it is computationally intensive, this work is not computationally intensive.

Ключевые слова: БПЛА, VFH, Оптимизация алгоритма, Избегание.

Keywords: UAV, VFH, Algorithm optimization, Avoidance.

В большинстве случаев экспериментатор выбирает подходящий порог, основываясь на собственном опыте. Однако, если экспериментальная среда изменится или изменится скорость, это будет опасно. В этой статье предлагается улучшенный метод. Дрон может автоматически выбирать подходящий порог в соответствии с текущей ситуацией. Улучшенный алгоритм позволяет дрону более плавно достигать целевой точки. В этой статье в качестве примеров выберем БПЛА модели F450 и лидар Puck Lite.

Принцип алгоритма VFH

Алгоритм VFH определит прочности препятствий, которые влияют на робота. Если сила препятствия ниже установленного порога, то направление движения будет выбрано в пределах этого диапазона.

Шаги реализации алгоритма VFH следующие:

Разделите область переднего угла α на n секторов.

Найти значение прочности препятствия H для каждого сектора и постройте гистограмму.

$$H = cv^2(a - bd^2) \quad (1)$$

Где cv, a, b - все константы, H - значение прочности препятствия, a d - расстояние от препятствия до робота.

Сделать бинаризацию гистограммы. Значение прочности препятствия для порога расстояния d_{th} равно M. Если H > M, то положим H = M. Если H < M, положим H = 0.

На гистограмме проходимых секторов в качестве направления-кандидата выбирается сектор, ширина сектора которого больше определенного значения. Использовать функцию стоимости, чтобы вычислить стоимость для всех возможных направлений, и найдите значение с наименьшей стоимостью в качестве направления движения.

$$g(c) = \mu_1 \Delta(c, k_t) + \mu_2 \Delta(c, k_r) + \mu_3 \Delta(c, k_{b_pre}) \qquad (2)$$

Где $\Delta(c, k_t)$ - угол между дополнительным направлением и целевым направлением. $\Delta(c, k_r)$ - угол между дополнительным направлением и текущим направлением движения БПЛА. $\Delta(c, k_{b_pre})$ - угол между дополнительным направлением и последним направлением движения. μ_1, μ_2, μ_3 - постоянная, и $\mu_1 > \mu_2 + \mu_3$.

Поэтому значение порога очень важно. Гистограммы, соответствующие разным пороговым значениям, имеют разную ширину и номера секторов. Когда порог невелик, робот продолжит движение вперед в следующий момент и не сможет заранее избежать препятствий. Когда порог велик, робот в следующий момент развернется, преждевременно уклонится от препятствий и отклонится от целевого направления.

Выбор порога алгоритма VFH основан на опыте экспериментатора. Но для разных сред мы должны выбирать разные пороги. Поэтому в данной работе предлагается метод автоматического выбора порога. Алгоритм будет регулировать размер порога во времени в соответствии с текущей средой, чтобы робот мог успешно избегать препятствий и достигать конечной точки. Это обеспечивает безопасность робота, и робот может успешно выполнить задачу.

Анализ порогового размера

Предположим, что расстояние от центра дрона до края дрона равно R. Порог d должен соответствовать: d > R. Максимальный радиус сканирования

лидарного сенсора L_{max}, минимальный радиус сканирования L_{min}. Тогда порог также должен удовлетворять $L_{max} > \mathrm{d} > L_{min}$.

Когда дрону необходимо замедлить движение при столкновении с препятствиями, мы устанавливаем линейная скорость дрона равна v. Максимальное ускорение при замедлении составляет a. S - расстояние замедления. Согласно формуле физической кинематики:

$$V^2 - V_c^2 = 2aS \tag{3}$$

Где V_c - конечная линейная скорость дрона, и $V_c = 0$.

Тогда:

$$\mathrm{D} = \frac{\mathrm{v}^2}{2\mathrm{a}} \tag{4}$$

Итак, мы можем получить: $\mathrm{d} \geq \mathrm{D} + \mathrm{R}$.

Параметры БПЛА F450 и лидара [4][5]:

Оборудование	Параметр	Значение
БПЛА F450	Размер от края до центра (см)	40
Лидар Puck Lite	Максимальное расстояние сканирования (м)	100
	Минимальное расстояние сканирования (м)	80

Принцип улучшения алгоритма

В предыдущем разделе мы можем определить диапазон значений d: $[\mathrm{d_{min}}, \mathrm{d_{max}}]$.

Использовать определенную длину шага Δd для сравнения всех значений в интервале

$$[\mathrm{d_{min}}, \mathrm{l}]: \mathrm{d} = \{\mathrm{d_g} - \mathrm{i} * \Delta\mathrm{d} \mid \mathrm{i} = 0, 1, 2, \ldots\} \tag{5}$$

Для каждого полученного порогового значения, подставляя в уравнение (2), мы можем получить результат $\mathrm{k_b}$.

Подставить значение k_b в формулу (7), а затем сохранить d, k_b и C в наборе.

$$\mathrm{C} = \mathrm{d_{max}} - \mathrm{d} + |\mathrm{k_b} - \mathrm{k_t}| \tag{6}$$

Где C - значение потерь.

После просмотра всех результатов, набора данных с наименьшим C соответствующий k_b и d являются оптимальным решением.

Результаты экспериментов

В качестве экспериментального объекта мы используем БПЛА F450. Запишил размеры этого дрона в код.



Рисунок 1 – БПЛА F450

Мы проводили эксперименты в MATLAB. На картинке установлено несколько препятствий. Мы смоделировали улучшенный код и сравнили его с результатом до улучшения.

Красная точка - это наша целевая точка. Рисунок 2 - это улучшенный алгоритм. На рисунке 4, хотя дрон также достиг целевой точки, маршрут совпадает с краем препятствия. В реальных условиях это может привести к сбою дрона. На рисунке 3 из-за настройки небольшого порога БПЛА игнорирует некоторые проходимые маршруты и, следовательно, не может достичь целевой точки. На рисунке 4, поскольку установлен больший порог, дрон нашел больше возможных направлений, но не может достичь целевой точки. Единица размера изображения - м.

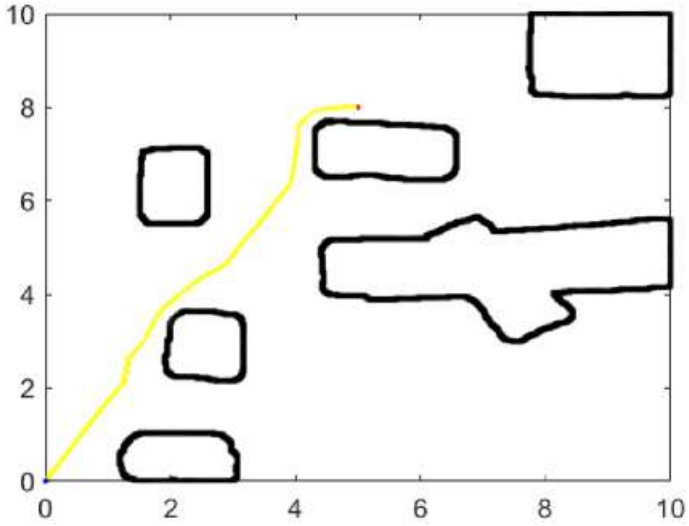


Рисунок 2 – Результат улучшенного кода

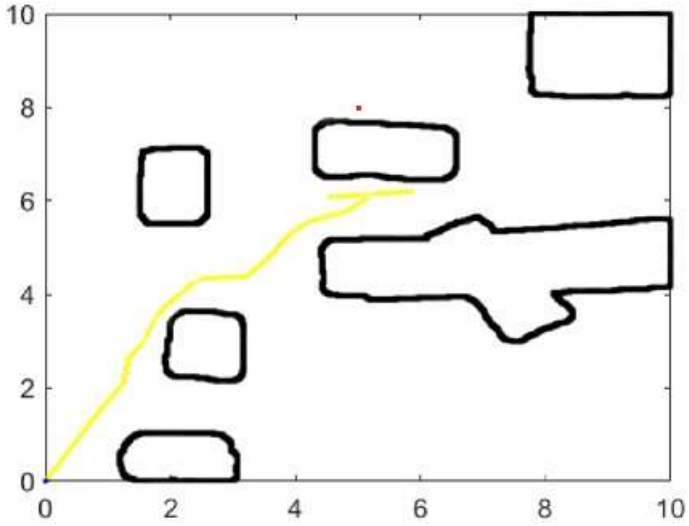


Рисунок 3 – Порог установлен на 1

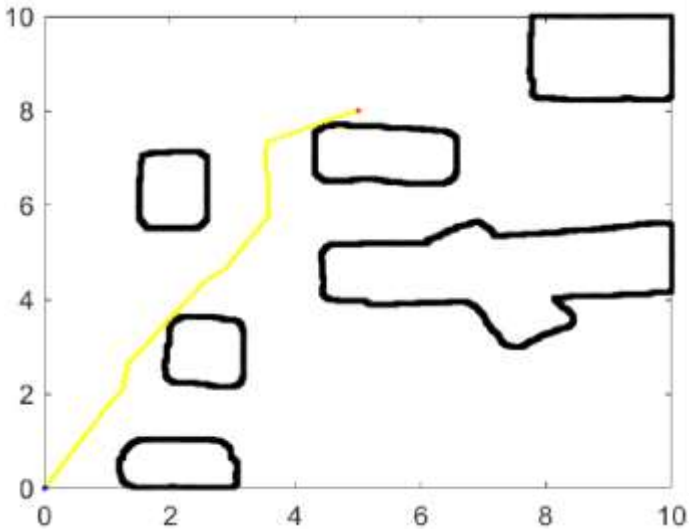


Рисунок 4 – Порог установлен на 2

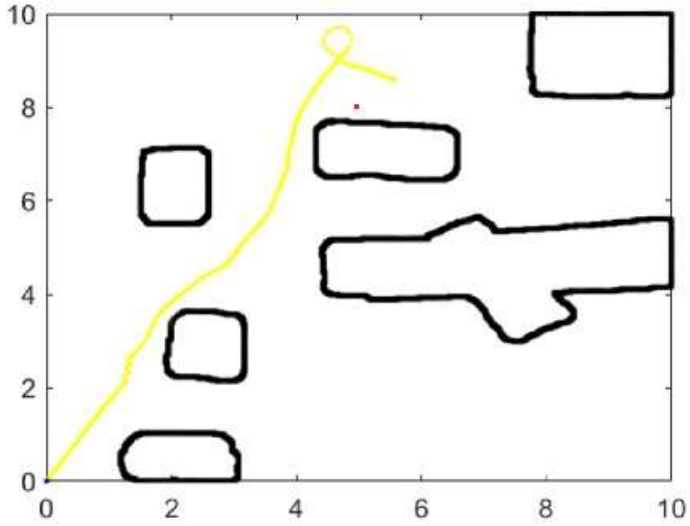


Рисунок 5 – Порог установлен на 3

Рисунок 2 - результат нашего улучшенного алгоритма. Изображение 2 лучше, чем изображение 4, и путь на рисунке 2 лучше. Однако рисунки 3 и 5 не могут достичь целевой точки из-за неправильного выбора порога.

Вывод

В этой работе мы улучшили алгоритм VFH. Установка порога на основе опыта может помешать цели достичь целевой точки. По результатам экспериментов мы можем знать, что улучшенный алгоритм может получить лучший путь, и нет необходимости учитывать значение порога.

Литература

1. Янь, Инвэй, Юй Ду и Вэнань Чжоу. «Исследование местного планирования пути для интеллектуальных транспортных средств на основе улучшенного метода VFH». Международный журнал встроенных систем 10.6 (2018): 445-452.
2. Ян, Дэн и др. «Пассивное инфракрасное (PIR) отслеживание местоположения в помещении для умных домов с использованием карт доступности и звездного алгоритма». Датчики 18.2 (2018): 332.
3. Чен, Венцян и др. «Планирование локального пути для мобильного робота на основе VFH *». 2-й китайский симпозиум по когнитивным вычислениям и гибридному интеллекту (CCHI) 2019 г. IEEE, 2019.

4. Ahmed, MD Faiyaz, Mohd Nayab Zafar, and J. C. Mohanta. "Modeling and Analysis of Quadcopter F450 Frame." 2020 International Conference on Contemporary Computing and Applications (IC3A). IEEE, 2020.
5. Ху, Тяньюй и др. «Разработка и оценка эффективности очень недорогой системы лидара БПЛА для лесного хозяйства». Дистанционное зондирование 13,1 (2021 г.): 77.

Literature

1. Yan, Yingwei, Yu Du, and Wenan Zhou. "Study on the local path planning for intelligent vehicles based on an improved VFH method." *International Journal of Embedded Systems* 10.6 (2018): 445-452.
2. Yang, Dan, et al. "Passive infrared (PIR)-based indoor position tracking for smart homes using accessibility maps and a-star algorithm." *Sensors* 18.2 (2018): 332.
3. Chen, Wenqiang, et al. "VFH* Based Local Path Planning for Mobile Robot." *2019 2nd China Symposium on Cognitive Computing and Hybrid Intelligence (CCHI)*. IEEE, 2019.
4. Ahmed, MD Faiyaz, Mohd Nayab Zafar, and J. C. Mohanta. "Modeling and Analysis of Quadcopter F450 Frame." 2020 International Conference on Contemporary Computing and Applications (IC3A). IEEE, 2020.
5. Hu, Tianyu, et al. "Development and Performance Evaluation of a Very Low-Cost UAV-Lidar System for Forestry Applications." Remote Sensing 13.1 (2021): 77.