

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ РАДАРНЫХ ДАННЫХ

Ямолдин Владимир Алексеевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: yamoldinva@my.msu.ru

Научный руководитель — Фомичев Василий Владимирович

Радар представляет собой датчик, способный измерять расстояния до предметов за счет анализа излучаемых и принимаемых им радиоволн. Радары часто применяются в робототехнических приложениях [1], однако интересной и перспективной задачей остается их использование в составе инерциальных навигационных систем на базе летательных аппаратов [2]. В подобных подходах радары обычно служат вспомогательными датчиками, которые позволяют корректировать измерения инерциального измерительного модуля.

Каждый снимок радара представляет собой облако точек, каждая из которых соответствует принятому радаром отраженному радиосигналу. В данной работе анализируются данные, полученные с автомобильного радара ARS 548 RDI, установленного на борту летательного аппарата. Данный радар получает облака точек, в которых для каждой точки измеряется ее положение в сферической системе координат, связанной с радаром. Однако для последующего анализа радарные облака точек удобно переводить в декартову систему координат.

Отдельные радарные снимки чаще всего разрежены, поэтому для получения более информативного изображения прибегают к объединению серий последовательных снимков в суммарное облако точек [3]. Полученные суммарные облака точек фильтруют (удаляют шумы в виде изолированных точек), после чего приступают к анализу таких изображений.

Важной задачей в навигационных приложениях является определение типа подстилающей поверхности. Эту задачу можно сформулировать как задачу классификации, которая принимает на вход суммарное облако точек и выдает на выходе соответствующую метку класса. В данной работе производится классификация по 3 классам - типам поверхности: лес, поле и водоем. В качестве алгоритма классификации используется решающее дерево, которое проводит статистический анализ суммарного облака точек. Подобный подход опирается на работу [4]. Получая на вход облако точек, представленное

в декартовой системе координат (X, Y, Z) , дерево анализирует дисперсию координаты Z всех точек облака (обозначим эту величину $var(Z)$), которая характеризует разброс измерений радара по высоте, что может указывать на характер земного рельефа.

В процессе обучения на обучающем наборе данных дерево выработывает 2 величины: ε и δ . Эти величины затем используются в решающем алгоритме следующим образом: малое значение дисперсии (условие $var(Z) < \varepsilon$) указывает на гладкую водную поверхность. Большое значение дисперсии (условие $var(Z) > \delta$) говорит о том, что поверхность является лесным покровом, имеющим значительные неровности. В остальных случаях (при условии $\varepsilon \leq var(Z) \leq \delta$) алгоритм классифицирует поверхность как поле (с относительно небольшими неровностями).

Полученный алгоритм затем оценивается на тестовом наборе данных. Метрикой качества служит отношение числа верных ответов алгоритма к общему объему тестового набора. В данной работе на текущий момент значение этой метрики удалось довести до 0.7.

Литература

1. Shuocheng Y., Yueming C., Shengbo E., Jianqiang W., Shaobing X. RINO: Accurate, Robust Radar-Inertial Odometry with Non-Iterative Estimation // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 2024, Vol. 22, P. 20420–20434.
2. Mostafa M., Shady Z., Adel M., Naser E. and Abu S. Radar and Visual Odometry Integrated System Aided Navigation for UAVS in GNSS Denied Environment // Sensors, 2018, Vol. 18, P. 1–29.
3. Jinwen Z., Jun H., Xudong Z., Xiaoming L., Yinian M., Guoquan H. Robust 4D Radar-aided Inertial Navigation for Aerial Vehicles // arXiv:2502.15452, 2025.
4. David J., Gagne, Amy McG., Jerry B. Classification of Convective Areas Using Decision Trees // Journal of Atmospheric and Ocean Technology, 2009, Vol. 26, P. 1341–1353.