

СЕКЦИЯ 4 ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

УДК 004.932.2

АЛГОРИТМ ПРИВЕДЕНИЯ КООРДИНАТ СТАНЦИЙ СЪЕМКИ К ЕДИНОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ В ЗАКРЫТОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Карпец Анна Александровна

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

karpetsann@mail.ru

Камеральная обработка измерений требует приведения всех станций съемки к единой системе координат (СК). На открытой местности этого можно достичь путем решения прямой геодезической задачи или с коррекцией по *GNSS* [1]. Данные способы неосуществимы при выполнении линейно-угловых измерений автономным роботом в закрытом от сигналов *GNSS* пространстве.

Задача вычисления координат точек съемки (облака точек) без привязки к внешним ориентирам может быть решена с использованием *SLAM*-алгоритмов, *RFID*-меток [2], контурного анализа [3, 4], системы точной локализации “*LookUP*” [5] и др. Все перечисленные методы не лишены недостатков, основные из которых – экономическая нецелесообразность и сложность расчетов.

Предлагается алгоритм, позволяющий привести все измерения к единой СК путем введения поправок в координаты и разворотом облаков точек. Алгоритм решения задачи сводится к ряду последовательных действий:

1. Нахождению искаженных, относительно истинных, координат точек съемки с использованием измеренных величин.
2. Определению 2-х точек для совмещения облаков.
3. Заданию приращений dX и dY к исходным значениям координат точек (через приращения между точками совмещения).
4. Повороту локальной СК относительно точки совмещения и поиску истинных координат по известным формулам поворота фигуры относительно точки:

$$X = (x_i - x_0) \cdot \cos(\alpha'') - (y_i - y_0) \cdot \sin(\alpha'') + x_0;$$

$$Y = (x_i - x_0) \cdot \sin(\alpha'') + (y_i - y_0) \cdot \cos(\alpha'') + y_0,$$

где угол α'' находится как угол при вершине треугольника, сторонами которого являются расстояния от точки совмещения двух облаков до произвольно выбранных точек из двух облаков, которые после поворота должны совпасть.

После совмещения всех облаков точек и вычисления прямоугольных координат станций, можно проследить траекторию движения робота по вычисленным координатам станций (рис. 1).

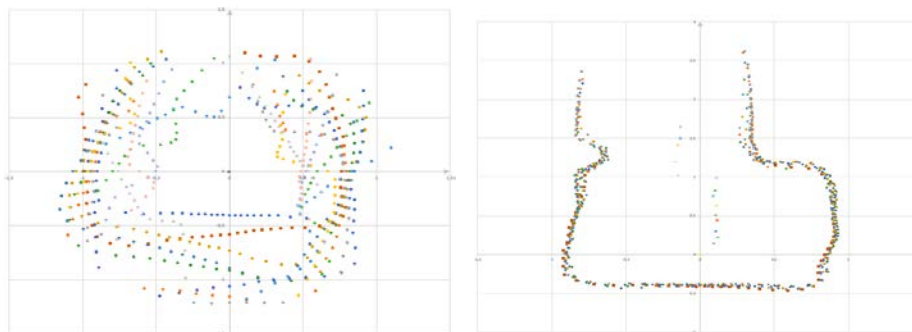


Рис. 1. Облака точек до и после преобразований

Предложенный метод позволяет решить задачи совмещения контуров пространства, заданных прямоугольными координатами, при наличии искажений и восстановления траектории, описываемой роботом при минимальном количестве измерений. Реализация произведена в *MS Excel*. Предполагается, что методика может быть использована при составлении абрисов местности и выполнении маркшейдерско-геодезических работ, требующих относительно невысокой точности [6]. Точное определение класса точности предложенного метода рассматривается, как перспектива развития работы.

Литература

1. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Картгеоцентр, 2004. – 355 с.
2. Rusu, S. & Hayes, M. & Marshall, Joshua. (2011). Localization in large-scale underground environments with RFID. 001140 – 001143. 10.1109/CSECE.2011.6030640.
3. Сунгатуллина Д. И. Быстрые алгоритмы совмещения гистологических изображений / Д. И. Сунгатуллина, А. С. Крылов, Д. Н. Федоров // Научная визуализация. – 2014. – Т. 6. – № 4. – С. 61–71.
4. Алгоритм совмещения двумерных изображений методами контурного анализа / О. В. Косарев, Е. Г. Дементьева, Е. В. Катунцов [и др.] // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2021. – № 75. – С. 24–33. – DOI 10.21667/1995-4565-2021-75-24-34.
5. Zeng, Fan & Jacobson, Adam & Smith, David & Boswell, Nigel & Peynot, Thierry & Milford, Michael. (2019). LookUP: Vision-Only Real-Time Precise Underground Localisation for Autonomous Mining Vehicles. 1444-1450. 10.1109/ICRA.2019.8794453.
6. Рахаткулов Д. Х., Выстрчил М. Г. Маркшейдерское обеспечение горных работ с применением лидарных систем // Маркшейдерский вестник. – 2016. – № 4(113). – С. 23–25.