

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>

URL статьи: mathmod.esrae.ru/39-149

Ссылка для цитирования этой статьи:

Титов Р.У., Моторин А.В., Золотаревич В.П., Гонтарь Д.А. О возможности решения задачи навигации по магнитному полю внутри помещений // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2022. №3

Выполнено при поддержке гранта РФФИ проект № 18-19-00627, <https://rscf.ru/project/18-19-00627/>.

УДК 629.05

DOI: 10.24412/2541-9269-2022-3-27-32

О ВОЗМОЖНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ НАВИГАЦИИ ПО МАГНИТНОМУ ПОЛЮ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ

Титов Р.У.¹, Моторин А.В.², Золотаревич В.П.², Гонтарь Д.А.²

¹Университет ИТМО, Россия, Санкт-Петербург

² Университет ИТМО, АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Россия, Санкт-Петербург

ABOUT FEASIBILITY OF AN INDOOR MAP-AIDED NAVIGATION BASED ON MAGNETIC LANDSCAPE

Titov R.U.¹, Motorin A.V.², Zolotarevich V.P.², Gontar D.A.²

¹ITMO University, Russia, St. Petersburg

²ITMO University, CSRI Elektropribor, Russia, St. Petersburg

Аннотация. Исследуется возможность решения задачи навигации по магнитному полю внутри помещений. Приводятся общая постановка задачи навигации по физическим полям и пример её решения внутри помещения с использованием магнитного поля в предположении его неизменного во времени. Анализируется стабильность во времени магнитного поля. По результатам проведённого анализа делаются предварительные выводы о существенной изменчивости поля и отмечается необходимость дальнейшего исследования его стабильности с акцентом на определение временного интервала изменчивости.

Ключевые слова: навигация внутри помещения, магнитное поле

Abstract. The feasibility of an indoor map-aided navigation based on magnetic landscape is discussed. An example of indoor map-aided navigation in the case of a magnetic landscape stability is shown. The magnetic landscape time stability is analyzed. Preliminary conclusions about the significant variability of the magnetic landscape are made. The necessity for further analysis of the magnetic landscape stability with a focus on determination of a stability interval is noted.

Keywords: indoor navigation, magnetic field

Введение. Алгоритмы навигации по физическим полям (ФП) широко применяются для коррекции показаний навигационных систем, используемых для различных подвижных объектов и решения задач индивидуальной

навигации. Эти алгоритмы, как правило, синтезируются на основе достаточно сложного для понимания байесовского подхода [1-5]. Такие понятия как апостериорная плотность распределения вероятностей, рекуррентные соотношения для этой плотности, методы её аппроксимации и т.п. требуют наглядного пояснения в процессе освоения алгоритмов. В качестве простой и наглядной задачи, с помощью которой могут быть проиллюстрированы основные понятия, привлекаемые при синтезе алгоритмов навигации по ФП, можно предложить задачу индивидуальной навигации внутри помещений с использованием карт магнитных полей [6,7]. Эта задача может быть решена с помощью набора датчиков, имеющихся в любом современном смартфоне: магнитометров, акселерометров и гироскопов; а также простого программного обеспечения. Очевидно, что возможность решения этой задачи зависит от стабильности во времени характеристик поля внутри помещений, которая определяется многими факторами, такими как: наличие поблизости высоковольтных линий, движение трамваев, работа расположенных поблизости станков с электрическими моторами и т.п. Исследованию стабильности во времени магнитного поля внутри помещений и посвящена предлагаемая работа. В докладе приводятся краткое описание общей постановки задачи навигации по ФП и пример её решения с использованием магнитного поля при условии неизменности во времени его характеристик. Основное внимание при проведении исследования уделяется вопросу стабильности во времени магнитного поля.

Описание решаемой задачи. Задачу навигации по ФП в общем виде кратко можно сформулировать следующим образом: располагая цифровой картой поля, накопленными за время движения измерениями этого поля $Y_i = [y_1, \dots, y_i]$ и данными о координатах объекта, поступающим от навигационной системы (НС) $U_i = [u_1, \dots, u_i]$, необходимо уточнить координаты объекта x_i в текущий момент i . На рисунке 1 приведён пример, поясняющий смысл решения задачи навигации магнитному полю. Задача решалась с использованием снятой внутри помещения карты магнитного поля в предположении его стабильности во времени с помощью алгоритма, описанного, в работе [8]. Задача решалась путем моделирования при этом считалось, что ошибки НС постоянны.

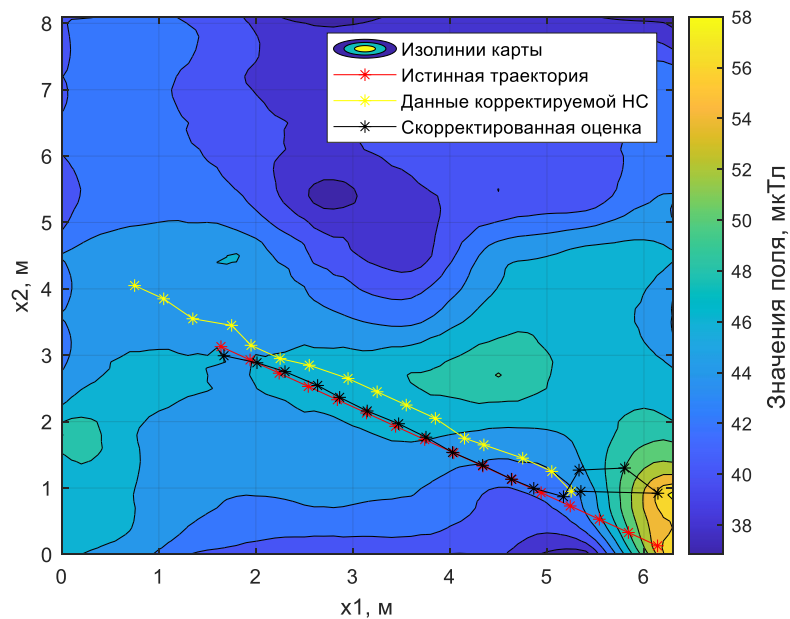


Рис.1. Пример, поясняющий смысл решения задачи навигации по магнитному полю

Снятое магнитное поле имеет следующие характеристики: среднее значение поля 43.2 мкТл, среднеквадратическое отклонение (СКО) 4.0 мкТл, средний градиент поля 2.3 мкТл/м.

На рисунке 2 приводится график ошибки оценки координат объекта в зависимости от номера точки отсчёта его движения.

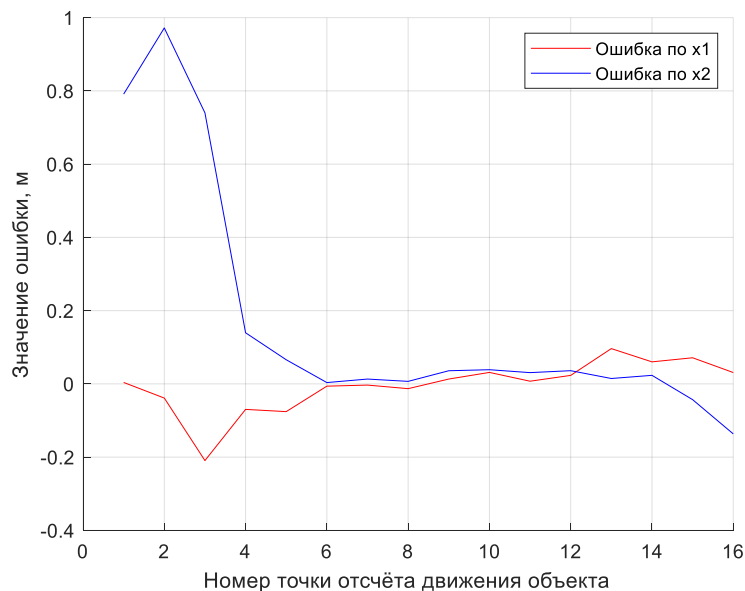


Рис.2. Ошибка оценки координат объекта

Очевидно, что возможность решения задачи навигации по магнитному полю зависит от его стабильности во времени. Для анализа этой стабильности съёмка поля была проведена два раза с временным интервалом 4 часа. Съёмки проводилась внутри помещения (прямоугольной комнаты). В качестве измерительного прибора выступал магнитометр мобильного телефона,

который осуществляет измерение магнитной индукции с точностью порядка 0.3 мкТл [9]. Запись данных осуществлялась в android-приложении «Physics Toolbox Magnetometer» [10]. Были выполнены измерения на участке размером 6.3×8.1 м в узлах сетки с шагом $\Delta L = 0.9$ м, т.е. в каждой из съёмок получены значения магнитного поля для 80 точек. Определены следующие характеристики: среднее значение 45.6 мкТл, среднеквадратическое отклонение (СКО) 7.1 мкТл, средний градиент 4.6 мкТл/м – первая съёмка; среднее значение 43.3 мкТл, СКО 7.2 мкТл, средний градиент 4.7 мкТл/м – вторая съёмка.

На рисунках 3 и 4 приведен пример графиков поточечной разности и карта разности значений поля, полученные по данным двух съёмок. В качестве критерия изменчивости поля использовано СКО разности его значений.

Результаты съёмок показали, что СКО разности значений поля равно 2.7 мкТл, средняя разность значений поля равна 1.6 мкТл.

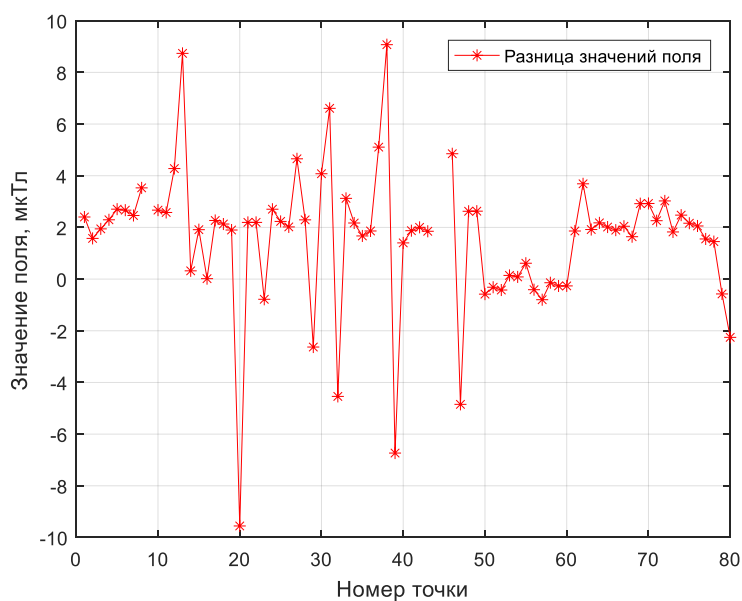


Рис.3. Разность значений поля

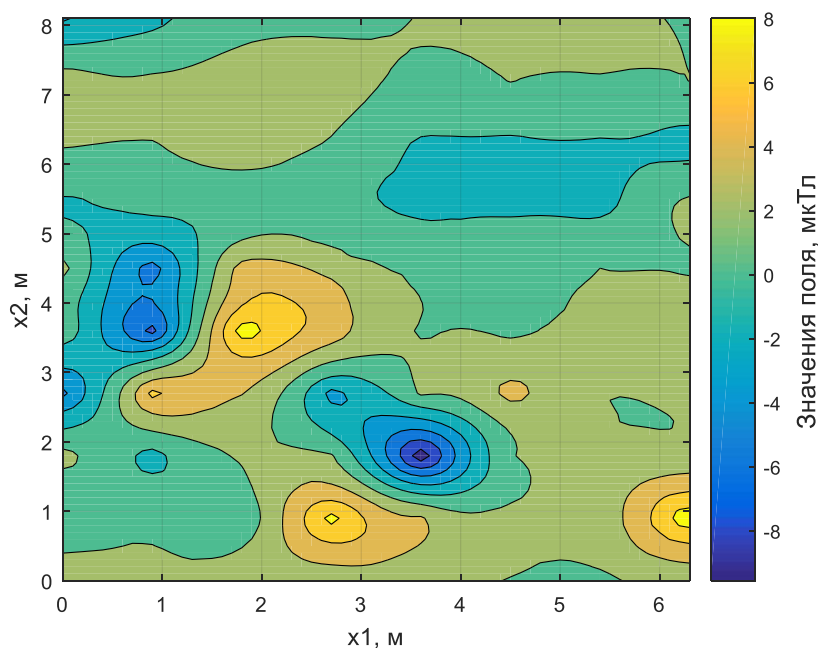


Рис.4. Карта разности значений поля по данным повторной съёмки

По полученным результатам можно сделать предварительный вывод о существенной изменчивости поля в используемом помещении.

Заключение. Проанализирована возможность решения задачи навигации по магнитному полю внутри помещений. По результатам проведенных съемок сделаны предварительные выводы о существенной изменчивости поля в используемом помещении. В дальнейшем планируется продолжить исследование стабильности магнитного поля внутри помещения с акцентом на определение временного интервала его изменчивости.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ проект № 18-19-00627, <https://rscf.ru/project/18-19-00627/>.

Литература

1. Степанов О.А., Торопов А.Б. Методы нелинейной фильтрации в задаче навигации по геофизическим полям. Ч. 1. Обзор алгоритмов // Гироскопия и навигация. 2015. № 3(90). С. 102–125.
2. Степанов О.А. Применение теории нелинейной фильтрации в задачах обработки навигационной информации. - Санкт-Петербург, 1998 г.
3. S. Sarkka. Bayesian Filtering and Smoothing. Cambridge University Press, 2013.
4. N. Bergman. Recursive Bayesian Estimation: Navigation and Tracking Applications, 1999.
5. Степанов О.А. Основы теории оценивания с приложениями к задачам обработки навигационной информации. Т. 1. Введение в теорию оценивания. СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 2017.

6. A.Solin, S.Sarkka, J. Kannala, E. Rahtu. Terrain navigation in the magnetic landscape: Particle filtering for indoor positioning. 2016 // European Navigation Conference (ENC). 2016.
7. A. Solin, M. Kok, N. Wahlström, T. Schön, S. Särkkä. Modeling and Interpolation of the Ambient Magnetic Field by Gaussian Processes. IEEE Transactions on Robotics, 2015.
8. Васильев В.А., Степанов О.А. Анализ эффективности решения задачи навигации с использованием карты и измерителя геофизического поля в зависимости от изменчивости погрешностей корректируемой навигационной системы // Материалы международного семинара «Навигация и управление движением» (NMC 2022). 2022.
9. LSM303C. Ultra-compact high-performance eCompass module: 3D accelerometer and 3D magnetometer. Datasheet-production data.
10. C.Vieyra, R. Vieyra. Physics Toolbox Magnetometer, v. 2021.08.08 [мобильное приложение]. Найдено в электронном магазине приложений AppStore. Дата обращения 02.09.2022. <https://www.vieyrasoftware.net/>.