

Некоторые результаты численного решения задачи электроимпедансной томографии

ШЕРИНА ЕКАТЕРИНА СЕРГЕЕВНА

Томский государственный университет (Томск), Россия

e-mail: sherina@math.tsu.ru

Аннотация

В работе представлены некоторые результаты численного решения задачи электроимпедансной томографии (ЭИТ) [1]. В ЭИТ на поверхность объекта прикрепляется набор электродов, затем выполняется серия измерений, в которых через объект пропускается электрический ток небольшой силы. Измерения результирующего напряжения на электродах используется для реконструкции неизвестного распределения электрической проводимости внутри объекта. По реконструкции даётся оценка внутренней структуры объекта. Методика ЭИТ имеет приложения в медицине и промышленности, разрабатывается как альтернативный вид томографии со своим спектром применения.

Постановка задачи получена из уравнений Максвелла и закона Кирхгофа для электрической цепи [1]. В основе математической модели ЭИТ лежит краевая задача для уравнения эллиптического типа в частных производных [1, 2, 3]. Задача ЭИТ по восстановлению коэффициентов электрической проводимости является нелинейной некорректной обратной задачей. Её решение усложнено нарушением условия устойчивости. Количество неизвестных параметров проводимости, которое возможно восстановить, ограничено числом линейно независимых измерений напряжения, получаемых системой ЭИТ [2].

В работе исследовано несколько подходов к реконструкции ЭИТ. В основе всех численных алгоритмов лежит минимизация

квадратичного функционала ошибки. Функционал составлен по измерениям и численной оценке электрического напряжения на электродах. Рассмотрены модификации классического ньютоновского подхода на линеаризованной задаче и стохастического метода дифференциальной эволюции [3]. Решение обратной задачи ЭИТ чувствительно к ошибкам измерений и аппроксимации. Чтобы получить более устойчивое решение, функционал был дополнен членом регуляризации.

Отдельное внимание уделено вопросу уменьшения ошибки аппроксимации. Предложено и исследовано несколько вариантов конечно-разностной схемы для краевой задачи ЭИТ относительно электрического потенциала. Численные схемы получены с помощью метода конечных объёмов на неструктурированной треугольной сетке.

Для исследуемой задачи разработан и протестирован комплекс программ на языке C/C++. Численные эксперименты проведены на искусственных данных.

Работа выполнена по заданию Министерства образования и науки РФ №8.4859.2011 при финансовой поддержке ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013" (госконтракт № 14.В37.21.0667), РФФИ (грант № 12-01-31050 мол_а).

Список литературы

- [1] Electrical Impedance Tomography: Methods, History and Applications / edited by D. S.

Holder. – Taylor & Francis, 2004. – 456 p.

- [2] Somersalo E. Existence and uniqueness for electrode models for electric current computed tomography / E. Somersalo, M. Cheney, D. Isaacson // SIAM J. Appl. Math. – 1992. – Vol. 52. – № 4. – P. 1023–1040.
- [3] Шерина Е.С. Численный метод реконструкции распределения электрического импеданса внутри биологических объектов по измерениям тока на границе / Е. С. Шерина, А. В. Старченко // Вестник Том. гос. ун-та. Математика и механика. – 2012. – № 4. – С. 36–49.