

0.1. *Афанасьева А.А.* Применение итеративно регуляризованных методов для решения обратной задачи электроимпедансной томографии

Электроимпедансная томография (ЭИТ) – это метод, позволяющий "заглянуть" внутрь объекта, не используя при этом рентгеновское излучение или другие инвазивные процедуры. Она работает, основываясь на восстановлении значений коэффициента электропроводности объекта. Ключевым моментом в ЭИТ является использование электродов, которые размещаются на поверхности объекта. Через эти электроды пропускается слабый электрический ток, а затем измеряется напряжение между электродами. Именно эта информация – набор данных о токе и напряжении – используется для реконструкции распределения электропроводности внутри объекта.

Сложность ЭИТ заключается в том, что эта задача является некорректной нелинейной обратной задачей. Это означает, что небольшие изменения в измеренных данных могут приводить к существенным ошибкам в реконструированном изображении. Это связано с тем, что токи распространяются по объекту не по прямым линиям, а по сложным траекториям, что затрудняет точную интерпретацию измеренных данных. Для решения этой проблемы используются различные математические методы регуляризации.

Существует множество подходов к решению обратной задачи ЭИТ, и они подразделяются на три основные группы: Итерационные методы, неитерационные методы и машинное обучение. Итерационные методы строят приближенное решение, постепенно уточняя его на каждой итерации. Они отличаются высокой точностью, но могут быть вычислительно затратными. Неитерационные методы дают быстрое приближенное решение, но их точность может быть ниже. Применение машинного обучения позволяет улучшить качество реконструкции изображения, уменьшить влияние шума и увеличить скорость обработки данных.

В данной работе рассмотрены два метода из класса итеративно регуляризованных метода Гаусса-Ньютона для реконструкции распределения коэффициента электрической проводимости по известным значениям силы тока и напряжения на электродах:

- Итеративно регуляризуемый метод Гаусса-Ньютона Бакушинского [1]. Этот метод является модификацией метода Гаусса-Ньютона. Он использует регуляризацию А.Н. Тихонова для улучшения устойчивости решения и снижения шума.
- Модификации метода Левенберга-Марквардта [2, 3]. Этот метод является наиболее популярным для решения нелинейных задач наименьших квадра-

тов. Он использует комбинацию метода Гаусса-Ньютона и метода градиентного спуска.

Оба метода были применены для двумерной модели круга с двумя вставками, имеющими различные значения коэффициента электрической проводимости. В модели используется 16 электродов. Для повышения точности решения используется двухсеточная технология. Это значит, что прямая задача, которая описывает распространение электрического тока через объект, решается на "подробной" неструктурированной треугольной сетке с большим количеством ячеек. А обратная задача, в которой ищется распределение электропроводности по известным значениям напряжения и силы тока на электродах, решается на "грубой" сетке, имеющей в четыре раза меньше ячеек. Это позволяет за счет сокращения числа неизвестных в обратной задаче ускорить вычисления и уменьшить потребление ресурсов. Для каждого из рассмотренных методов построены графики сходимости итерационного процесса, вычислена среднеквадратичная ошибка, приведены полученные картины реконструкции распределения коэффициента электрической проводимости.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (соглашение №075-02-2024-1437).

Научный руководитель – профессор, д.ф.-м.н. Старченко А.В.

Список литературы

- [1] Бакушинский А.Б. Итерационные регуляризирующие алгоритмы для нелинейных задач // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 1987. Т. 27. № 4. С. 617–621.
- [2] Васин В.В., Пересторонина Г.Я. Метод Левенберга-Марквардта и его модификационные варианты для решения нелинейных уравнений с приложением к обратной задаче гравиметрии // Тр. ИММ УрО РАН. 2011. Т. 17. № 2. С. 53–61.
- [3] Li J., Yuan Y. Numerical simulation and analysis of generalized difference method on triangular networks for electrical impedance tomography // App. Math. Modelling. 2009. Vol. 3. N. 5. P. 2175–2186.