

ЧИСЛЕННЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ СЛОИСТЫХ СРЕД В ПРИЛОЖЕНИИ К ЗАДАЧЕ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ТЕРМОДИНАМИКИ ПОЧВЫ

Пененко Алексей Владимирович

ИВМ&МГ СО РАН

e-mail:aleks@ommgp.sccc.ru

Июнь 2012

Постановка обратной задачи о поиске коэффициента температуропроводности почвы

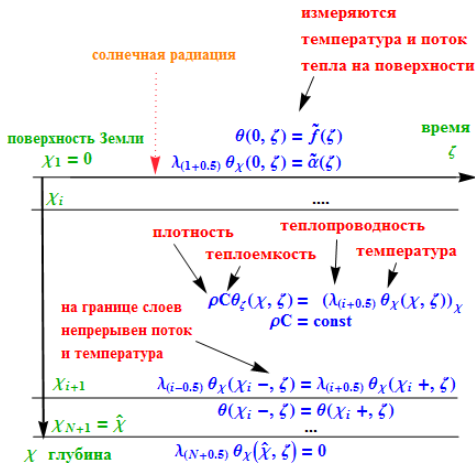


рис. 1: Даны $\tilde{f}$, $\tilde{\alpha}$. Оценить КТП $\kappa = \frac{\lambda}{\rho C}$

Зная коэффициенты температуропроводности почвы (КТП), можно восстановить другие её характеристики, например влажность.

Возможные области приложений:

- Сельское хозяйство.
- Неразрушающий контроль инженерных объектов.
- Прогноз погоды.
- Поиск объектов, скрытых под поверхностью земли на небольшой глубине (10-20 см.).
- И другие...

Структура комплекса программ

Следуя подходу "от общего к частному", задача решается посредством разрабатываемого в нашей лаборатории комплекса программ. Комплекс имеет модульную структуру, позволяющую:

- расширять его различными физическими приложениями (идентификация свойств почвы или структуры композитного материала);
- различными численными реализациями диффузионной модели (конечно-разностная или дискретно-аналитическая);
- различными алгоритмами решения обратной задачи (алгоритм поиска начального приближения, алгоритмы градиентного типа, алгоритмы, основанные на сингулярном разложении);

Основные варианты использования

Основные варианты использования разрабатываемого комплекса программ:

- решение прямой задачи теплопроводности;
- анализ информативности данных обратной задачи посредством анализа оператора чувствительности;
- решение обратной задачи по поиску коэффициентов температуропроводности.

Проверка на реальных данных

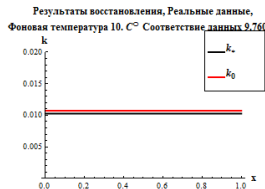
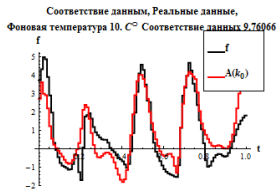
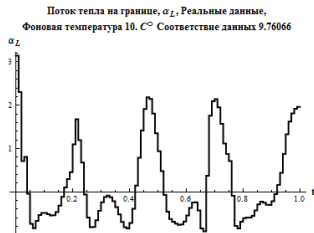


рис. 2: Слева представлен поток тепла, измеренный на границе области. В центре представлен экспериментальный ряд значений температуры на поверхности глинистой почвы (черным) и ряд температур, полученных для КТП, найденного алгоритмом поиска начального распределения (красным). Справа представлено точное значение КТП(черным) и его реконструкция(красным). Фоновую температура пришлось подбирать исходя из наилучшего соответствия данным

Проверка на искусственных данных

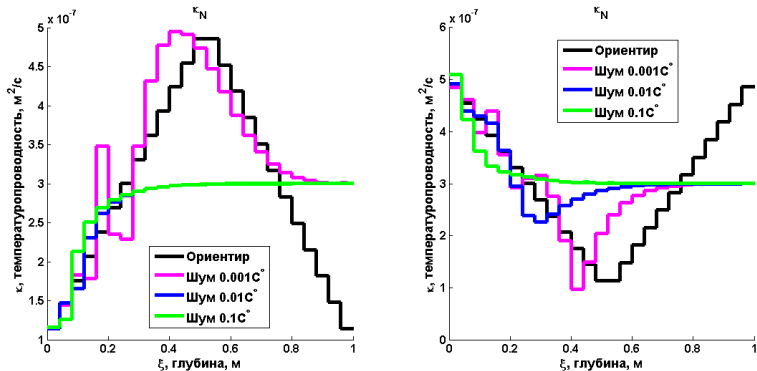


рис. 3: Восстановление более тонкой структуры среды по искусственным данным, искаженным случайным шумом

Поиск металлического объекта

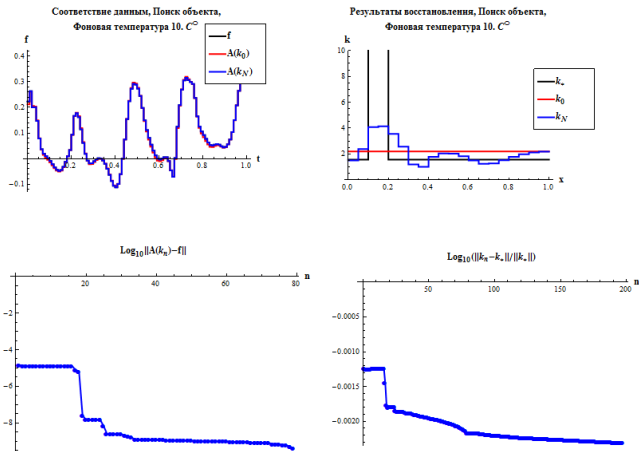


рис. 5: Поиск металлического объекта на глубине 10 см по искусственным "точным данным".

Заключение

- Задача о распространении тепла в почве сводится, посредством упрощения и обезразмеривания, к обратной коэффициентной задаче теплопроводности.
- На основе данные реальных измерений удалось валидировать алгоритмы решения прямой задачи, а также алгоритмы поиска постоянного начального приближения к коэффициенту температуропроводности неизвестной среды.
- Для поиска более тонкой структуры среды представлен алгоритм типа Ньютона, регуляризованный посредством сингулярной срезки оператора чувствительности модели теплопроводности и принципа невязки.
- Исследование сингулярной структуры оператора чувствительности позволяет исследовать информативность данных обратной задачи.

Благодарю за внимание!