



Contribution ID: 105

Type: Sectional reports

Регуляризация обратной задачи определения параметров нелокального переноса энергии в термоядерной плазме и ее решение методами оптимизации

Friday, 8 July 2016 13:30 (15 minutes)

Явление чрезвычайно быстрого распространения тепла в магнитно-удерживаемой термоядерной плазме, часто называемого «супердиффузией» или «нелокальным переносом» тепла известно уже более 40 лет и наблюдается в экспериментальных установках термоядерного синтеза различных типов («Токамак» и «Стелларатор»). Однако общепризнанной адекватной теории этого процесса не создано до сих пор.

В докладе рассматривается одна из математических моделей, предложенная сотрудниками НИЦ «Курчатовский институт». В ее основе — подлежащие определению коэффициенты поглощения и испускания плазмой гипотетических «переносчиков» энергии как функции температуры и частоты. В докладе рассматривается упрощенный «мономатричный случай», когда функции источника и поглощения зависят только от температуры плазмы, зависящей, в свою очередь, от нормированной радиальной координаты (r) «вдоль» эффективного радиуса плазменного шнура. В предположении однозначной связи функций поглощения и испускания, неизвестную функцию поглощения $K(T)$ предлагается искать в результате решения интегрального уравнения специального вида. В качестве исходных данных доступны профили температуры плазмы вида $T(r,t)$ и ее «электронной» плотности $e(r,t)$. Здесь t — отметки времени замеров после начала процесса переноса энергии (до этого плазма находилась в некотором равновесном состоянии). Первоначально эти данные не корректировались, а для целей численного интегрирования и дифференцирования к ним применялась процедура кубической сплайн-интерполяции.

Непосредственное применение к указанному интегральному уравнению методов оптимизационной идентификации параметров искомой функции $K(T)$ в результате минимизации его «невязки» не удовлетворяло наших коллег точностью «падания» в предоставленные ими экспериментальные данные. Кроме того, применяемый поначалу метод решения обратной задачи не позволял количественно учесть очевидную погрешность исходных данных. Эти соображения заставили применить к задаче иной метод, в основе которого регуляризирующая аппроксимация исходных данных.

Для регуляризации задачи (и оценки исходных и возникающих погрешностей) применяется оригинальный метод аппроксимации SvF (Simplicity versus Fitting, Простота модели против точности повторения экспериментальных данных). Метод состоит в поиске компромисса между простотой модели и точностью повторения экспериментальных данных. В качестве меры простоты модели используется гладкость искомого кривых и поверхностей (интегралы от квадрата 2-ой производной), в качестве меры близости к данным — обычное, среднеквадратичное отклонение. Результат (сглаженные кривые и оценки точности) достигается путем минимизации функционала состоящего из взвешенной суммы меры простоты и меры близости. Для выбора оптимального значения весов используется процедура перекрёстного оценивания (Cross-validation).

В результате оказалось, что оставаясь в пределах четырех процентов (4%) коррекции исходных данных удалось определить искомые неизвестные функции, т.е. добиться почти точного совпадения экспериментальных данных с расчетными, что свидетельствует о перспективности применения SvF-метода в подобных обратных задачах.

Primary author: СОКОЛОВ, Александр (Витальевич)

Co-author: Mr VOLOSHINOV, Vladimir (Institute for Information Transmission Problems RAS)

Presenter: СОКОЛОВ, Александр (Витальевич)

Session Classification: 4. Scientific, Industry and Business Applications in Distributed Computing System

Track Classification: 2. Operation, monitoring, optimization in distributed computing systems