

Научно-популярная аннотация проекта 18-37-00220 мол_а

“Гибридные стохастические модели и параллельные алгоритмы адаптивного оценивания параметров движения объекта в условиях непредвиденного изменения режима движения”.

Руководитель проекта: Голубков Алексей Владимирович,
ФГБОУ ВО “Ульяновский государственный университет им. И.Н. Ульянова”

В настоящее время задача адаптивного оценивания параметров движения объекта по сложной траектории в условиях зашумленности и неполноты измерений, а также непредвиденного изменения режима движения объекта является чрезвычайно актуальной в силу важности ее практических приложений. Примерами таких приложений являются задачи судовождения и робототехники, в которых оценивание траектории подвижного объекта и обнаружение момента его маневрирования является крайне важным из-за опасности непредвиденного изменения режима движения. Другими примерами являются задачи сопровождения целей и задачи обработки сигналов со сканирующих дальномеров.

Целью проекта является разработка новых параллельных алгоритмов и программных средств адаптивного оценивания параметров движения объектов по сложной траектории на основе гибридных стохастических моделей в условиях зашумленности и неполноты измерений и непредвиденного изменения режима движения.

За первый год выполнения проекта получены следующие результаты:

1. Разработаны новые алгоритмы моделирования данных траекторных измерений на основе гибридных стохастических моделей движения объектов по сложной траектории со сменой режимов движения, позволяющие: 1) моделировать траектории движения объекта на основе гибридных стохастических моделей, 2) моделировать зашумленные измерения полученных траекторий, 3) сохранять данные в различных форматах, пригодных для последующей обработки.

2. Разработаны параллельные алгоритмы адаптивного оценивания параметров движения объекта с диагностикой режима движения при условии, что моменты изменения режима движения известны.

Оригинальность разработанных алгоритмов заключается в том, что они построены с применением трех подходов: 1) моделировании траектории на основе гибридной стохастической модели, представляющей собой набор дискретных линейных стохастических моделей, отвечающих за различные участки траектории движения объекта; 2) скорейшем обнаружении изменений параметров дискретной линейной стохастической модели, реализованном с помощью последовательного критерия Вальда; 3) параллельной схеме реализации банка фильтров Калмана.

Используемые дискретные линейные стохастические модели позволяют описывать следующие режимы движения объекта: равномерное прямолинейное движение; равномерное круговое движение с заданным радиусом против часовой стрелки; равномерное круговое движение с заданным радиусом по часовой стрелке. Банк фильтров Калмана и последовательное решающее правило в критерии Вальда применяются для идентификации режимов движения объекта. На каждой итерации алгоритма обработка данных в каждом фильтре Калмана, содержащемся в банке активных фильтров, выполняется параллельно.

3. Разработана программа «Параллельный алгоритм адаптивного оценивания параметров движения объекта v1.0» с реализацией на языке C++ и с применением технологии OpenMP.

Программа предназначена для адаптивного оценивания параметров движения объекта с помощью разработанных параллельных алгоритмов. Программа реализована на языке C++ с использованием библиотек Armadillo, BLAS, LAPACK. Все параллельные участки кода

реализованы с использованием технологии OpenMP. Входные данные и настройки алгоритма считываются из текстовых файлов. Результатом работы программы является отчет об идентифицированных режимах движения объекта на всех участках траектории. Подана заявка на регистрацию программы в РОСПАТЕНТ. Правообладатель: ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет». Авторы: Голубков А.В., Цыганов А.В.

4. Проведен статистический анализ данных, полученных в результате проведения вычислительных экспериментов.

С помощью разработанной программы «Параллельный алгоритм адаптивного оценивания параметров движения объекта v1.0» проведены серии вычислительных экспериментов с различным уровнем помех в измерениях. Полученные результаты, представленные в публикациях, подтверждают работоспособность предложенных алгоритмов. Качество оценивания зависит, в частности, от времени принятия решения о смене режима движения, от степени зашумленности измерений и результата диагностики номера режима движения. В целом, при разных уровнях помех в измерениях, в большинстве случаев номера режимов движения определяются верно, радиусы поворота различаются хуже.

5. Проведен анализ наблюдаемости гибридной стохастической модели движения объекта по сложной траектории. На основе проверки критерия полной наблюдаемости дискретной линейной динамической системы решена задача о выборе оптимального набора сенсоров, при котором гибридная стохастическая модель сохраняет свойство полной наблюдаемости. Доказано, что измерения координат объекта являются обязательными для выполнения критерия полной наблюдаемости.

6. Разработан вычислительный алгоритм оценки объема банка конкурирующих фильтров Калмана в задаче диагностики режима движения объекта по сложной траектории, моделируемой с помощью гибридной стохастической модели.

Алгоритм реализован на языке MATLAB. Полученный результат применим как для исследования свойств гибридной стохастической модели, так и для решения задачи скорейшего обнаружения и диагностики режима движения.

Таким образом, в проекте исследован подход к решению задачи адаптивного оценивания параметров движения объекта в режиме реального времени на основе гибридной стохастической модели. Разработаны алгоритмы адаптивного оценивания, использующие методы калмановской фильтрации и метод скорейшего обнаружения изменения режима движения с последовательным тестированием гипотез о возможных режимах движения объекта по сложной траектории.

Результаты исследований подтверждают принципиальную возможность решения задачи адаптивного оценивания параметров движения объекта в режиме реального времени на основе гибридной стохастической модели с диагностикой режима движения. Ограничением данного подхода является знание моментов возможного переключения режима движения. Поэтому основным результатом в конце второго года выполнения проекта будет формулировка и практическая реализация параллельных алгоритмов адаптивного оценивания параметров движения объекта и диагностики режима движения при условии, что моменты изменения режима движения неизвестны.

В 2018 году Голубковым А.В. защищена магистерская диссертация "Параллельные алгоритмы обнаружения момента переключения и идентификации режимов движения объекта по сложной траектории" по тематике проекта. В настоящее время проводится работа по подготовке кандидатской диссертации в аспирантуре УлГПУ им. И.Н. Ульянова.