

Научно-популярная аннотация результатов проекта № 18-41-732001

В настоящее время благодаря значительному прогрессу в области встраиваемых систем и технологий передачи данных мультисенсорные системы пользуются все большей популярностью у инженеров и исследователей. Благодаря использованию нескольких датчиков появляется возможность получить более точную оценку параметров математической модели системы посредством синтеза информации с нескольких датчиков. Обратной стороной такого подхода является усложнение математических алгоритмов обработки измерений, связанное с техническими аспектами построения мультисенсорных систем, такими, например, как однородность/неоднородность и др. В связи с этим появляется потребность в проведении междисциплинарных исследований, направленных на разработку новых мультисенсорных методов оценивания параметров математических моделей сложных технических систем.

Научная новизна исследования заключается в разработке новых методов и алгоритмов для решения задач мультисенсорного адаптивного оценивания математических моделей сложных технических систем.

В ходе реализации проекта были получены следующие важнейшие результаты:

1. Разработан новый подход к построению численно эффективных алгоритмов мультисенсорного оценивания на основе модифицированной взвешенной ортогонализации Грама-Шмидта.

Данный подход обладает следующими преимуществами:

- 1) устойчивость по отношению к ошибкам машинного округления;
- 2) отсутствие операции извлечения квадратного корня;
- 3) возможность эффективного распараллеливания.

2. Разработан и теоретически обоснован новый децентрализованный квадратно-корневой информационный алгоритм мультисенсорной калмановской фильтрации.

Отличием данного алгоритма от предложенных ранее вычислительных схем является то, что на этапе коммуникации и ассимиляции оценка вектора состояния и треугольные факторы информационной матрицы вычисляются с помощью J -ортогонального преобразования на основе соответствующих величин, получаемых от каждого узла мультисенсорной сети.

Такой подход позволил построить вычислительную схему, устойчивую к ошибкам машинного округления как на этапе вычисления локальных оценок, так и на этапе ассимиляции. Кроме того, J -ортогональное преобразование позволяет избежать

применения комплекснозначной арифметики. Результаты численных экспериментов подтверждают работоспособность предложенного решения.

3. Разработаны новые алгоритмы линейной фильтрации для дискретных линейных стохастических систем с мультипликативными и аддитивными шумами, устойчивые к ошибкам машинного округления на основе UD-разложения ковариационной и информационной матриц. Первый из этих алгоритмов - ковариационный фильтр на основе UD-разложения, а второй - информационный фильтр на основе UD-разложения. Оба этих фильтра используют расширенную блочную форму, а их вычислительные схемы позволяют обновлять все требуемые элементы фильтров с использованием численно устойчивой процедуры МВГШ-ортогонализации. Результаты численных экспериментов показывают устойчивость предложенных алгоритмов к ошибкам округления.

Алгоритм, основанный на UD-разложении информационной матрицы, может служить естественной основой для построения численно устойчивых к ошибкам машинного округления децентрализованных алгоритмов линейной фильтрации (в том числе, адаптивных) для дискретных линейных стохастических систем с мультипликативными и аддитивными шумами в случае, если мультипликативный шум присутствует только в объекте, а в измерителе отсутствует.

4. Разработаны новые квадратно-корневые ковариационные алгоритмы оптимальной линейной фильтрации для дискретных линейных стохастических систем с мультипликативными и аддитивными шумами. Разработанные алгоритмы (обычный и расширенный) алгебраически эквивалентны стандартному ковариационному фильтру, но обладают лучшими вычислительными свойствами, присущими квадратно-корневым алгоритмам. Результаты численных экспериментов, подтверждают работоспособность предложенных алгоритмов.

На основе разработанных алгоритмов могут быть построены аналоги квадратно-корневых алгоритмов децентрализованной линейной фильтрации для систем с аддитивными шумами.

5. Разработан адаптивный LD-фильтр с автоматическим контролем оптимальности по методу вспомогательного функционала качества.

Полученное решение обладает следующими преимуществами:

1) выбор структуры адаптивного фильтра в виде LD-алгоритма, дополненного возможностью вычисления функций чувствительности, позволяет существенно снижать влияние ошибок машинного округления на результаты вычислений;

2) применение метода вспомогательного функционала качества (ВФК) позволяет контролировать оптимальность адаптивного фильтра по условию равенства нулю градиента ВФК в точке минимума, что соответствует оптимальному значению параметра.

3) вычисление градиента ВФК в адаптивном LD-фильтре не требует существенных вычислительных затрат, и такой метод контроля возможно проводить в режиме реального времени.

Полученный результат может быть использован при решении задач совместного контроля и идентификации дискретных линейных стохастических систем.

Все разработанные в ходе реализации проекта алгоритмы были реализованы на языках программирования MATLAB и C++, численные эксперименты подтверждают применимость и эффективность предложенных решений.

Все важнейшие результаты, полученные при реализации проекта, соответствуют мировому уровню.

Подготовленные к публикации результаты проекта прошли строгое рецензирование и отбор в рецензируемых научных изданиях и были апробированы на международных мероприятиях.