

Сведения о выполненных работах и  
полученных научных результатах  
в 2024 году

по проекту **«Оптимальные робастные вероятностные и статистические методы анализа и принятия решений при обработке информации в стохастических динамических системах»**,

поддержанному Российским научным фондом

Соглашение № 24-11-00191

Руководитель: д-р физ.-мат. наук Пчелинцев Евгений Анатольевич

В ходе выполнения проекта в отчетном периоде разработаны адаптивные суперэффективные непараметрические методы оценивания (калибровки) для динамических систем, определяемых стохастическими разностными и стохастическими дифференциальными уравнениями с негауссовскими семимартингальными компонентами. Решены задачи минимаксного оценивания для функционального класса, определяемого бесконечномерным эллипсом с экспоненциально растущими коэффициентами. Найдены асимптотически точные нижние границы для квадратических рисков, нормированных суперэффективной минимаксной скоростью. Построена суперэффективная в минимаксном смысле процедура оценивания. Предложенные процедуры применены к задачам оценивания числа сигналов в многолучевых каналах связи. Построена оптимальная байесовская усеченная последовательная процедура обнаружения разладок во временных рядах, определяемых марковскими или марковскими с памятью процессами на коротких временных интервалах при неизвестных распределениях наблюдений после разладок. Задача оптимального обнаружения решена для априорного равномерного распределения. Для случая неизвестных с точностью до параметров послеразладочных распределений процедуры обнаружения построены методом аппроксимации параметрических множеств конечными множествами и последующим предельным переходом при стремлении к бесконечности числа точек аппроксимирующих множеств. Найдены достаточные условия на модель наблюдений, обеспечивающие существование предела для аппроксимационной процедуры обнаружения, дающего решение соответствующей задачи об оптимальной остановке и определяющего оптимальную процедуру обнаружения для ограниченного временного интервала. Разработаны методы усеченного оценивания параметров стохастических дифференциальных уравнений с вырожденным диффузионным коэффициентом типа Кокса-Ингерсолла-Росса. Найдены условия на модель, при которых для разработанных усеченных последовательных оценок, доказана оптимальность в смысле минимума среднего времени при стремлении его к бесконечности. Установлено свойство оптимальности в минимаксном смысле предложенных усеченных оценок в классе всех последовательных процедур с фиксированными средними временами, стремящимися к бесконечности. Для оценивания непараметрических коэффициентов диффузионных процессов по

дискретным наблюдениям, разработаны методы улучшенного непараметрического оценивания. Проанализирован эффект улучшения. Для разработанных улучшенных процедур выбора моделей установлены свойства квазиоптимальности в неасимптотической постановке с помощью точных оракульных неравенств, а для асимптотического оценивания доказана эффективность в адаптивной постановке. Изучены финансовые рынки со случайными волатильностями, определяемыми пуассоновскими процессами, интенсивность которых является кусочно-постоянным марковским процессом и является функцией от скрытой марковской цепи с конечным числом состояний, которое может быть как известным, так и неизвестным. Были синтезированы и проанализированы оценки параметров модели. Для страховых компаний, инвестирующих свои резервы в финансовые рынки со стохастическими волатильностями, зависящими от скрытых марковских цепей с конечным числом состояний, изучена проблема разорения в рамках моделей Спарре Андерсена. Развита новая вероятностная теория для анализа проблем разорения. Установлено, что скорость убывания вероятности разорения не зависит от начального значения скрытой марковской цепи и является степенной. Найдены инвестиционные стратегии, при которых степень находится в явном виде и является обратно пропорциональной доли инвестирования в страховой компании в рисковые активы. Изучена задача о робастной оптимизации инвестиционных портфелей при логарифмических полезностях для финансовых рынков Блэка–Шоулса с транзакционными издержками. Найдены равномерные по параметрам модели неасимптотические оценки для отклонений дискретизированных стратегий, настроенных на операционные издержки, от оптимальных, полученных методами динамического программирования для рынков без издержек. Установлено, что целевой функционал, вычисленный для предложенных стратегий, сходится при стремлении к бесконечности числа портфельных ревизий к своему оптимальному значению равномерно по всевозможным допустимым распределениям, определяющим стохастическую динамику модели. Это значит, что построенные стратегии являются асимптотически оптимальными и робастными относительно изменений вероятностных характеристик рыночных моделей. Изучена проблема оценивания неизвестных параметров для частично наблюдаемых линейных систем стохастических дифференциальных уравнений. На основе фильтра Калмана–Бьюси и применяя метод корректировки построены оптимальные оценки параметров в минимаксном смысле при стремлении к бесконечности временного горизонта. Разработана единая методика статистического анализа нестационарных быстрофлуктуирующих гауссовских случайных процессов, характеристики которых описываются гладкими, кусочно-гладкими и кусочно-непрерывными функциями. Разработан нейросетевой алгоритм для оценивания сигналов, наблюдаемых в белом шуме, при стремлении отношения сигнал/шум к бесконечности. Проведены численные моделирования по методу Монте-Карло, подтверждающие на практике полученные теоретические результаты.