

РЕФЕРАТЫ

УДК 517.938

Андреанов С. Н., Артамонов С. А. **Оптимальный алгоритм и программы построения изохронного магнитного поля на основе статических равновесных орбит в ускорителях с азимутальной вариацией** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 3–14.

Описывается эффективный алгоритм нахождения такого поля, которое позволяет обеспечивать как устойчивость движения, так и изохронность ускорения во всем необходимом диапазоне радиусов. Рассматривается процедура оптимального конструирования изохронного магнитного поля в ускорителях с азимутальной вариацией, обеспечивающего фазовую устойчивость. Алгоритм реализован на языке FORTRAN для двух возможных вариантов периодичности магнитной структуры: с периодом $T = 2\pi/N$ и суперпериодом $T = 2\pi$. Для этой цели используется процедура нахождения статических равновесных орбит и периода обращения на них ускоряемых частиц. В качестве сопутствующих результатов можно получить частоты радиальных и аксиальных колебаний, характеризующие устойчивость движения, а также другие параметры, представляющие практический интерес. Разработанные пакеты программ являются совершенно автономными и могут быть поставлены на любую платформу. Отличительной особенностью алгоритма является то, что он реализован в системе координат, используемой физиками-экспериментаторами, а уравнения движения при этом не линеаризуются. Все необходимые производные по полю, амплитудам, фазам и т. п. вычисляются численно по пятиточечной схеме, а в промежуточных точках производится квадратичная интерполяция данных карты поля. Библиогр. 11 назв. Ил. 6.

Ключевые слова: изохронное магнитное поле, статические равновесные орбиты, ускоритель с азимутальной вариацией поля, оптимальный алгоритм.

УДК 539.3

Реми́н А. С. **Модификация теории помеченных деревьев для структурного метода интегрирования систем ОДУ** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 15–21.

Современная теория конструирования одношаговых методов решения систем ОДУ типа Рунге–Кутты состоит из двух этапов. Первый из них – получение так называемых условий порядка – уравнений, связывающих параметры метода, обеспечивающих требуемый порядок, второй – решение полученной системы. Настоящая работа посвящена выводу условий порядка. Для методов высоких порядков это крайне трудоемкая задача даже для скалярного уравнения. Если система разделяется на несколько по-разному интегрируемых частей, то сложность конструирования методов возрастает экспоненциально. Дж. Бутчером была создана, а Э. Хайрером развита теория помеченных деревьев, позволяющая представить с помощью графов процесс вывода условий порядка. Однако рассмотренные ими классы задач уже, чем системы, на решение которых ориентирован структурный метод. В настоящей работе теория помеченных деревьев была обобщена на случай структурного метода. Разработан алгоритм вывода условий порядка для нескольких вариантов структуры системы. Библиогр. 7 назв. Ил. 3. Табл. 1.

Ключевые слова: ОДУ типа Рунге–Кутты, условия порядка, помеченные деревья.

УДК 517.977

Квитко А. Н. **Об одном алгоритме решения граничной задачи для нелинейной управляемой системы с учетом запаздывания управляющего воздействия** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 22–34.

Разработан алгоритм построения управляющей функции, гарантирующей перевод широкого класса нелинейных управляемых систем обыкновенных дифференциальных уравнений

из начального состояния в заданное конечное состояние с учетом ее ограничений и запаздывания управляющего сигнала. Найден конструктивный критерий выбора конечных состояний и величины запаздывания управляющего сигнала, при которых указанный переход возможен. Библиогр. 23 назв.

Ключевые слова: граничные условия, фазовые координаты, управляющие функции, стабилизация.

УДК 519.233.2

Коробейников А. И. Сравнение оценок параметров специальной модели кривой дожития для выборки с интервальным цензурированием // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 35–47.

На практике время до наступления события не может наблюдаться непосредственно. Обычно возможно только знать некоторый временной интервал, которому принадлежит наблюдение, поэтому происходит цензурирование. Интервальное цензурирование смешанного типа является одной из самых важных моделей цензурирования из встречаемых в реальных приложениях. В статье рассматривается задача оценивания параметров одной специальной модели кривых дожития в таких условиях цензурирования. В частности, предлагается новый способ оценивания, основанный на непараметрической оценке максимального правдоподобия функции распределения. Описана также вычислительная процедура получения оценок. Такие свойства новых оценок как состоятельность, эффективность, робастность при наличии выделяющихся наблюдений изучены на модельных выборках. Кроме того, проведено сравнение всех этих свойств со свойствами обычных оценок максимального правдоподобия. Было обнаружено, что по сравнению с оценками максимального правдоподобия предложенные оценки обладают несколько большей дисперсией. Однако они демонстрируют лучшие свойства робастности в случае, когда выборка содержит некоторое количество выделяющихся наблюдений. Библиогр. 23 назв. Ил. 3.

Ключевые слова: дожитие, интервальное цензурирование, параметрические оценки, оценки максимального правдоподобия, робастность.

УДК 004.4'242

Латыпов В. Н. Автоматизация решения обыкновенных дифференциальных уравнений // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 48–58.

Важной целью современной прикладной математики считают создание универсальных процедур решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ). Подобные процедуры обычно основаны на автоматическом дифференцировании. В настоящей работе для автоматизации решения ОДУ используются другие идеи, ориентированные на системы дифференциальных уравнений с полиномиальными правыми частями. Предлагается система генерации вычислительных процедур, автоматизирующая процесс построения пошаговых схем интегрирования, основанных на методе рядов Тейлора и методе малого параметра. Процесс выбора шага интегрирования также может быть автоматизирован на основе известных оценок погрешности приближения решения для полиномиальных систем. В методе малого параметра, также рассматриваемом в статье, для приближенного решения полиномиальных систем получены все необходимые формулы, позволяющие автоматизировать построение приближений любого порядка. Рассмотрены две задачи, для интегрирования которых возможно применение получаемых с помощью генератора программ вычислительных процедур. Первая из них – задача о вращательном движении искусственного спутника относительно центра масс, вторая – задача о построении периодических решений системы уравнений Лотки–Вольтерры. Библиогр. 14 назв.

Ключевые слова: дифференциальные уравнения, автоматическое программирование, ряды Тейлора, метод малого параметра.

УДК 519.6

Макаров А. А. **Один вариант сплайн-вэйвлетного разложения пространств B -сплайнов** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 59–71.

В предлагаемой работе изучаются B -сплайны третьей степени. Рассматриваются аппроксимационные соотношения как система линейных алгебраических уравнений, в правой части которой стоит вектор-функция, порождающая сплайны. Здесь рассматривается полиномиальная порождающая вектор-функция $\varphi(t) = (1, t, t^2, t^3)^T$. Построенные таким образом полиномиальные сплайны дважды непрерывно дифференцируемы и имеют минимальный компактный носитель. Далее показывается, как полученные полиномиальные сплайны могут быть нормализованы и строятся нормализованные полиномиальные B -сплайны третьей степени. В работе строится система линейных функционалов, биортогональная системе B -сплайнов. Предложено решение некоторых интерполяционных задач в пространстве B -сплайнов, порождаемых упомянутой системой функционалов. Установлены калибровочные соотношения, дающие представление B -сплайнов на крупной сетке в виде линейной комбинации B -сплайнов на мелкой сетке, определена вложенность пространств B -сплайнов третьей степени для последовательности измельчающихся сеток. Получены телескопические системы пространств B -сплайнов третьей степени. Использование биортогональной системы функционалов позволило построить вэйвлетное разложение телескопической системы при произвольном способе измельчения неравномерной сетки. Полученный вэйвлетный базис имеет компактный носитель. Приведены формулы декомпозиции и реконструкции, которые допускают простую реализацию на параллельной вычислительной системе. Библиогр. 17 назв.

Ключевые слова: теория аппроксимации, сплайны, вэйвлеты, сжатие данных, параллельные алгоритмы.

УДК 624.04:519.6

Матросов А. В. **Численно-аналитический алгоритм метода начальных параметров для расчета балок на упругом основании** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 72–81.

Представлен численно-аналитический алгоритм метода начальных параметров для расчета тонкой балки на упругом основании Винклера. Его реализация в системе компьютерной алгебры Maple позволяет расширить класс решаемых методом начальных параметров задач за счет преодоления вычислительной неустойчивости метода выбором необходимой длины мантииссы в представлении вещественных чисел для уменьшения погрешности расчетов. Приведены результаты численных экспериментов исследования вычислительной неустойчивости алгоритма на примере расчета длинной балки на упругом основании. Библиогр. 6 назв. Ил. 4.

Ключевые слова: балка на упругом основании, краевая задача, численно-аналитический алгоритм, вычислительная устойчивость.

УДК 517.97:621.384

Овсянников А. Д. **Управление пучком заряженных частиц с учетом их взаимодействия** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 82–92.

Работа посвящена проблеме оптимизации динамики пучков заряженных частиц в ускорителе с учетом взаимодействия частиц. Предложен новый подход к проблеме оптимизации на основе математической модели совместной оптимизации программных и возмущенных движений. Библиогр. 15 назв.

Ключевые слова: моделирование и оптимизация, пучки заряженных частиц, процессы управления.

УДК 524.3/4-423

Осипков Л. П. **Стохастизация в однородной гравиплазме** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 93–103.

В рамках парадигмы Гурзадяна–Саввиди рассмотрено характерное время расходимости близких траекторий в стационарных гравитирующих системах (время стохастизации). Для его оценки требуется знание закона распределения случайной силы. Для однородной среды последнее дается формулой Хольцмарка, которую надо обрезать, чтобы избежать расходимости выражения для среднего квадрата случайного ускорения. При обрезании на $4Gm/\sigma^2$, что означает пренебрежение тесными сближениями частиц, найдено, что отношение времени стохастизации к времени пересечения не зависит от числа частиц N . Это заключение противоречит результатам Гурзадяна и Саввиди, но согласуется с выводом Расторгуева и Семенцова и подтверждается численными экспериментами Кандрупа и др. При учете тесных сближений оказывается, что отношение этих двух характерных времен пропорционально $N^{1/5}$ (в согласии с результатом Расторгуева и Семенцова). Библиогр. 41 назв.

Ключевые слова: звездная динамика и небесная механика – звездные системы: эволюция – методы: аналитические.

УДК 539.3

Пронина Ю. Г. **Сосредоточенные силы и моменты в упругой полуплоскости с отверстием** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 104–114.

В статье исследована плоская задача теории упругости для линейно упругой полубесконечной плоскости с отверстием произвольной формы, ограниченным гладким контуром. Рассматриваемое тело подвержено усилиям на бесконечности, внешней нагрузке на прямолинейной границе и на поверхности отверстия, а также сосредоточенным силам и моментам, приложенным во внутренних точках. Задача сформулирована в терминах комплексных потенциалов Колосова–Мухелишвили. Решение найдено с помощью суперпозиции двух вспомогательных задач. Первая из них – это задача о сплошной полуплоскости (без отверстия) под действием известных сосредоточенных сил и моментов, заданной внешней нагрузки на прямолинейной границе и бесконечности. Вторая – задача о сплошной полуплоскости под действием неизвестной нагрузки, которая подлежит определению. Поскольку при решении использованы комплексные потенциалы для сил и моментов в полуплоскости, найденное решение точно удовлетворяет краевым условиям на прямолинейной границе полуплоскости и на бесконечности. В работе выведены разрешающие интегральные уравнения Фредгольма первого рода относительно неизвестной нагрузки. Кроме того, путем введения дискретной фиктивной нагрузки задача непосредственно приведена к системе линейных алгебраических уравнений. Дано обобщение задачи на случай периодических усилий на прямолинейной кромке и периодических сил и моментов во внутренних точках упругой полуплоскости с отверстием. Представлен пример решения задачи о полубесконечной плоскости с круговым вырезом под действием сосредоточенной силы, нормальной к границе отверстия и к прямолинейной кромке полуплоскости. Обсуждаются некоторые детали численной реализации предложенного метода. Исследовано влияние геометрии задачи на рост напряжений в рассматриваемом теле. Библиогр. 17 назв. Ил. 4.

Ключевые слова: упругая полуплоскость, отверстие, сосредоточенные силы и моменты, концентрация напряжений.

УДК 518.9

Строкан П. В., Матсукиса Т. **Информационные равновесия в коммуникационных системах** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 115–121.

Рассмотрена математическая модель коммуникационного процесса нескольких участников, построенного на базе модели доверия и осведомленности. В приведенной модели не накладывается ограничений на знания игрока, как это делается в стандартной модели знания

с информационным разбиением. Основным результатом данной работы является разработка программного обеспечения, реализующего приведенную модель. Приведен контрольный пример, рассчитанный вручную и на компьютере. Программное обеспечение было построено с помощью языка программирования Java 5 для реализации алгоритмической части и графической библиотеки Swing для интерфейса пользователя. Эти технологии позволяли применить приложение на практически любой платформе ЭВМ. Алгоритмическая часть использует механизм инверсии зависимостей, что дало возможность сравнительно легко адаптировать программное обеспечение под другие схожие математические модели. Фактически реализована библиотека, на базе которой можно рассчитывать собственные модели. Разработанное программное обеспечение позволяет существенно ускорить дальнейшее исследование и адаптацию модели для ее практического применения. Библиогр. 8 назв. Ил. 5.

Ключевые слова: осведомленность, доверие, коммуникационный процесс, согласие, протокол, согласие на несогласие, компьютерное моделирование.

УДК 004.8

Тулупьев А. Л. **Непротиворечивость оценок вероятностей в идеалах конъюнктов и дизъюнктов** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 122–132.

Алгебраические байесовские сети (АБС) относятся к тому же классу вероятностных графических моделей баз фрагментов знаний с неопределенностью, что байесовские сети доверия (БСД) и марковские сети (МС). Общая идея, заложенная в архитектуру и алгоритмы обработки указанных вероятностных сетей, состоит в том, что знания о предметной области могут быть декомпозированы на достаточно небольшие фрагменты (фрагменты знаний, ФЗ), а фрагменты знаний могут быть связаны друг с другом, причем отдельно взятый ФЗ может быть связан лишь с небольшим числом других ФЗ. Связанные между собой фрагменты знаний образуют базу фрагментов знаний (БФЗ). С точки зрения локальной структуры, алгебраические байесовские сети отличаются от других вероятностных сетей используемой математической моделью фрагмента знаний: в основе этой модели лежит идеал конъюнктов со скалярными или интервальными оценками вероятности истинности. *Целями* настоящей статьи являются анализ идеала конъюнктов с оценками вероятности их истинности как математической модели фрагмента знаний, использующейся в теории АБС, а также определение и исследование операций поддержания непротиворечивости и априорного вывода в рамках указанной модели. Кроме того, рассматривается вопрос о проверке непротиворечивости альтернативной модели фрагмента знаний, носителем которой является идеал дизъюнктов, и вводится ряд определений, которые позволяют применять матрично-векторный язык для представления исследуемых объектов и операций над ними. Как было показано, по известным оценкам вероятностей конъюнктов можно оценить вероятность любой пропозициональной формулы, построенной над атомарными пропозициональными формулами, вошедшими в идеал конъюнктов, поскольку она однозначно и линейно выражается через вероятности этих конъюнктов. Вывод такой оценки в случае исходных интервальных данных опирается на решение задач линейного программирования. В отношении фрагмента знаний, построенного над идеалом дизъюнктов, справедливы аналогичные рассуждения; процессы проверки и поддержания непротиворечивости, а также априорного вывода сводятся в нем либо к непосредственной проверке матрично-векторных неравенств, либо к решению задач линейного программирования. Предложенный подход к представлению и обработке оценок вероятностей элементов идеалов конъюнктов (или дизъюнктов) опирается на весьма ясную вероятностную семантику соответствующих фрагментов знаний: непротиворечивому фрагменту знаний со скалярными оценками соответствует единственное распределение вероятностей на квантах, с интервальными оценками – семейство таких распределений, а противоречивому (с любым видом оценок) – пустое семейство. Последние два случая невозможно обработать в рамках традиционных теорий БСД и МС. Библиогр. 16 назв. Табл. 1.

Ключевые слова: вероятностная графическая модель, неопределенность знаний, фрагмент знаний, байесовская сеть, вероятностная логика, вывод, интервальная оценка, непротиворечивость.

УДК 517.962.2

Чашников М. В. **К вопросу о единственности матрицы Ляпунова: случай систем с кратными запаздываниями** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 133–140.

Метод функционалов Ляпунова является одним из основных при исследовании устойчивости систем с запаздывающим аргументом. Ключевую роль при построении квадратичного функционала Ляпунова для линейных систем играет матрица Ляпунова, первоначально определяемая через фундаментальную матрицу исходной системы. Используется альтернативное определение матрицы Ляпунова, не требующее знания фундаментальной матрицы системы. Оно позволило свести задачу нахождения матрицы Ляпунова к поиску специального решения линейной системы без запаздывания. Ранее для случая одного дискретного запаздывания были получены условия единственности матрицы Ляпунова, сформулированные в терминах корневых характеристической функции исходной системы. Предлагаемая статья обобщает условия единственности матрицы Ляпунова на случай системы с несколькими кратными запаздываниями. Библиогр. 7 назв.

Ключевые слова: матрица Ляпунова, линейные запаздывающие системы.

УДК 519.67

Чашников Н. В. **Составные параметрические поверхности Кунса** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 141–145.

В теории компьютерного геометрического моделировании разработаны различные методы построения поверхностей. Один из них, первоначально описанный Кунсом, основан на построении порции поверхности, интерполирующей четыре заданные граничные кривые и производные первого порядка на них. Составляя несколько таких порций вместе, можно построить поверхность, проходящую через заданную сеть кривых. Это дает возможность моделировать поверхность по заданным ключевым кривым. В данной статье описан метод построения составной поверхности Кунса. Показано, что при его использовании выполняются условия согласования, необходимые для построения параметрических порций Кунса. Доказано, что получаемая поверхность будет гладкой и ее смешанные производные будут непрерывны. Приведены примеры построения составной поверхности Кунса по заданной сети кривых, а также пример, показывающий возможность построения замкнутых поверхностей при помощи составных поверхностей Кунса. Библиогр. 2 назв. Ил. 4.

Ключевые слова: компьютерное геометрическое моделирование, моделирование поверхностей, поверхности Кунса.

УДК 519.92

Юмагулов М. Г., Вышинский А. А., Муртазина С. А., Нуров И. Д. **Операторный метод исследования локальных бифуркаций многопараметрических динамических систем** // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 146–155.

В статье приводятся основные положения нового метода исследования широкого класса бифуркационных задач, приводящего к итерационной процедуре построения решений. Метод позволяет моделировать поведение зависящих от параметров динамических систем, линейризованные уравнения которых имеют многомерные вырождения. Рассматривается зависящая от скалярного или векторного параметра динамическая система, описываемая обыкновенным дифференциальным уравнением. Предполагается, что данное уравнение при всех значениях параметра имеет нулевое решение, при этом соответствующая матрица Якоби при некоторой величине параметра имеет чисто мнимые собственные значения. В таком случае возможны различные локальные бифуркации в окрестности нулевого состояния равновесия

динамической системы. Задача о локальных бифуркациях может быть сведена к эквивалентному операторному уравнению. Линеаризация такого уравнения (в окрестности нуля) приводит к линейному оператору, имеющему собственное значение 1. Предполагается, что его кратность совпадает с размерностью векторного параметра. Вводится понятие правильной точки бифуркации по направлению собственных векторов линейного оператора. Для исследования задачи о правильных бифуркациях предложена новая схема, основанная на идеях метода функционализации параметра и метода Ньютона. Получены признаки правильных бифуркаций для операторных уравнений, предложена итерационная процедура приближенного построения решений, разработана программа компьютерного моделирования бифуркационных процессов в динамических системах. В качестве приложений рассмотрены задача о бифуркации Андронова–Хопфа динамических систем (в частности, модели Лоренца) и вопрос о бифуркации периодических решений в задаче трех тел. Для указанных задач получены новые признаки бифуркации и предложена схема приближенного их исследования. Библиогр. 10 назв. Ил. 1. Табл. 1.

Ключевые слова: динамические системы, бифуркации, компьютерное моделирование, функционализация параметра, операторные уравнения.

УДК 539.3

Васильева Н. С. Выбор шага квантования при построении цветовой гистограммы в задаче поиска изображений // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 156–165.

Цвет – одна из наиболее значимых визуальных характеристик, используемых для определения степени подобия изображений. Наиболее распространенным представлением цвета в системах поиска является гистограмма распределения цветов изображения. Общепринято, что эффективность цветowych гистограмм зависит от схемы квантования исходного пространства значений. Тем не менее вопросу выбора оптимального шага квантования в литературе уделено недостаточно внимания. Работа посвящена поиску ответа на данный вопрос на основе экспериментальных исследований. Представлены результаты оценки эффективности поиска для различных схем квантования цветового пространства и для двух функций подобия, используемых для сравнения гистограмм. Приведено обсуждение полученных результатов и предложены рекомендации по выбору оптимального шага квантования цветового пространства. Результаты экспериментов показали, что увеличение числа интервалов (соответственно уменьшение шага квантования) незначительно повышает точность поиска при применении манхэттенской метрики в качестве функции подобия. В случае сравнения гистограмм косинусной метрикой точность поиска понижается с увеличением числа интервалов. Полнота результатов поиска снижается с ростом числа интервалов для обеих метрик. На основе данных результатов можно прийти к выводу, что при использовании косинусной метрики стоит разбивать цветовое пространство на меньшее число интервалов. Это позволит повысить точность и полноту результатов поиска, а также уменьшить размер вектора признаков. Когда применение косинусной метрики не обязательно, более точного результата поиска можно добиться при выборе небольшого шага квантования и сравнении векторов манхэттенской метрикой. Однако это приведет к повышению вычислительных затрат и объема памяти в связи с ростом размерности вектора признаков. Библиогр. 20 назв. Ил. 2.

Ключевые слова: поиск изображений, цветовые признаки, цветовые гистограммы, шаг квантования.

УДК 004.434:004.42

Романовский К. Ю. Разработка повторно используемой документации семейства телефонных станций средствами технологии DocLine // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 166–180.

Представлен проект реализации повторно используемой документации семейства телефонных станций с помощью технологии DocLine. В ходе проекта на базе разрозненной

документации двух программных продуктов создана повторно используемая документация. Проанализированы виды отличий документации нескольких сходных продуктов. Библиогр. 16 назв. Ил. 3. Табл. 2.

Ключевые слова: повторное использование, семейства программных продуктов, техническая документация, визуальное моделирование.

УДК 656.022+004.021

Сотникова М. В. Алгоритмы формирования маршрутов движения судов с учетом прогноза погодных условий // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. 2009. Вып. 2. С. 181–196.

Рассматривается задача формирования маршрутов движения судна, оптимальных по отношению ко времени перехода или расходу топлива. Приводится постановка проблемы в форме задачи вариационного исчисления и осуществляется ее сведение к задаче конечномерной оптимизации. Предложен оригинальный подход к разработке алгоритмов формирования маршрутов, близких к оптимальным решениям. Практическая применимость и эффективность предлагаемого подхода проиллюстрированы на конкретном примере. Библиогр. 5 назв. Ил. 3.

Ключевые слова: морские суда, маршрут, время движения, расход топлива, оптимизация.