

Аннотации материалов
II Международной научно-практической конференции
«Компьютерные технологии и анализ данных» (CTDA'2020)

23-24 апреля 2020 г., г. Минск

Формат проведения: онлайн

Секция «Компьютерное моделирование процессов и систем»

Белорусский государственный университет

А.В. Борздов, В.М. Борздов, В.В. Милошевский

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА ЭЛЕКТРОНОВ В
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КВАНТОВЫХ ПРОВОЛОКАХ**

Представлены результаты численного моделирования процессов нелинейного переноса электронов в GaAs-квантовой проволоке при воздействии внешнего гармонического электрического поля. Моделирование проведено в рамках самосогласованного подхода на основе многочастичного метода Монте-Карло. Показано, что нелинейность процессов переноса электронов в структуре может быть использована для генерации электрических колебаний терагерцового диапазона. Численное моделирование позволяет оценивать эффективность генерации кратных гармоник в квантовой проволоке при заданных внешних условиях и конструктивных параметрах структуры.

Ключевые слова: квантовая проволока, метод Монте-Карло, нелинейный перенос

Белорусский государственный университет

Д.А. Бучинский, А.М. Огурцов, С.Н. Семенович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОЛОСОВОГО РАДИОЧАСТОТНОГО ФИЛЬТРА НА
СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ**

Предложена методика экспериментальных испытаний параметров полосового фильтра радио тракта наноспутника с использованием программно-аппаратного физического моделирования виртуального векторного анализатора цепей в интегрированной среде разработки LabVIEW (IDE).

Создана автоматизированная система натурных научных исследований – программно-аппаратный комплекс на базе контрольно-измерительных средств и вычислительной техники. Проведённые измерения позволили определить соответствие изготовленного образца и спроектированной модели. Произведена корректировка параметров фильтра для обеспечения максимальной чувствительности и помехозащищённости приёмного тракта и оценки уровня подавления гармоник высших порядков при передаче радио сигнала от бортового передатчика.

Ключевые слова: полосовой фильтр, расчет полосового фильтра, имитационное моделирование, программно-аппаратное моделирование, векторный анализатор цепей, Labview.

Белорусский государственный университет

М.А. Быков, Н.Н. Труш

**ИССЛЕДОВАНИЕ СЕТЕВОГО ТРАФИКА С ПОМОЩЬЮ УСТОЙЧИВЫХ
ПРОЦЕССОВ**

Для конкретных данных был предложен способ моделирования сетевого трафика, основанный на использовании устойчивых распределений. Был оценен параметр Харста и с его помощью проведен анализ самоподобия сетевого трафика. Были оценены параметры ARIMA модели сделан прогноз поведения трафика в дальнейшем.

Ключевые слова: сетевой трафик, устойчивые распределения, параметр Харста, ARIMA модель, оценка параметров.

Белорусский государственный университет

С.В. Василенко, М.С. Короткевич

УЧЁТ УГЛОВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ФОТОДИОДОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКА НАПРАВЛЕНИЯ НА СОЛНЦЕ

Показано, что учёт особенностей угловой характеристики чувствительности фотодиодов в составе датчика направления на Солнце позволяет повысить точность определения ориентационных углов, причём увеличение точности определения значительнее для зенитного угла нежели чем для азимутального. Использование предложенного метода предполагает большие вычислительные затраты в сравнении с широко используемым, однако это не является критической проблемой при современном уровне развития микропроцессорной техники.

Ключевые слова: фотодиод, угловая характеристика чувствительности, датчик направления на Солнце, наноспутник

Институт бизнеса Белорусского государственного университета

Т.И. Воротницкая

ОБ ОЦЕНКЕ КОВАРИАЦИОННОЙ ФУНКЦИИ СТАЦИОНАРНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ С НЕРЕГУЛЯРНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ

В статье рассмотрен стационарный случайный процесс с нерегулярными наблюдениями в случае, когда нерегулярности также задаются стационарным случайным процессом. Построена оценка ковариационной функции. Исследованы ее статистические свойства.

Ключевые слова: стационарный случайный процесс, нерегулярные наблюдения, ковариационная функция, оценка.

Белорусский государственный университет

Т.И. Воротницкая, Н.Н. Труш

СПЕКТРАЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ СТАЦИОНАРНОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА С ПУАССОНОВСКИМИ ПРОПУСКАМИ НАБЛЮДЕНИЙ

Рассмотрен стационарный случайный процесс с нерегулярными наблюдениями в случае, когда нерегулярности в наблюдениях задаются независимой последовательностью, распределенной по закону Пуассона. Построена оценка спектральной плотности. Исследованы ее статистические свойства.

Ключевые слова: стационарный случайный процесс, нерегулярные наблюдения, распределение Пуассона, спектральная плотность, периодограмма.

Европейская Лаборатория Молекулярной Биологии

А.А. Головатый

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОЛУЧЕНИЯ И АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ В СВЕТОВОЙ МИКРОСКОПИИ

Мы разрабатываем и поддерживаем методы автоматизированного получения и анализа данных в световой микроскопии. Большое количество изображений, получаемых на высокопроизводительных микроскопах, требует автоматизации всех этапов анализа. Мы используем и комбинируем программное обеспечение с открытым исходным кодом для создания и сопровождения протоколов, включающих предварительную обработку данных, анализ изображений, контроль качества и статистический анализ. Для автоматизации сложных исследований, в которых настройки микроскопа должны изменяться во время эксперимента, используется микроскопия с адаптивной обратной связью. Мы разработали программную библиотеку *AutoMicTools* для *Fiji*, которая совместима с различными моделями микроскопов. В библиотеке предусмотрены функции для конфигурации экспериментов с различными биологическими системами и анализа получаемых изображений.

Ключевые слова: высокопроизводительная микроскопия, микроскопия с адаптивной обратной связью, автоматизация, анализ изображений, световая микроскопия.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

С.В. Гранько, А.А. Ковалевский

ПРИМЕНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПИРСОНА ДЛЯ РАСЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПРИМЕСИ ВВЕДЕННОЙ МЕТОДОМ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ.

Предложена модель для расчета объемного распределения концентрации примеси внедренной в твердое тело методом ионной имплантации с использованием маскирующих покрытий. Математической основой модели является использование распределения Пирсона VII, описывающее распределение концентрации при использовании модели точечного пучка ионов. Установлены особенности влияния момента эксцесса на пространственное распределение примеси.

Ключевые слова: ионная имплантация, локальное ионное легирование, распределение Пирсона, асимметрия, эксцесс.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем проектирования в микроэлектронике Российской академии наук (ИППМ РАН)

В.И. Джиган

ТЕХНИКА АДАПТИВНОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Рассматриваются ключевые аспекты адаптивной обработки сигналов – одного из направлений современной цифровой обработки сигналов, среди которых структуры адаптивных фильтров и критерии, находящиеся в основе работы этих фильтров. Рассматриваются основные приложения адаптивных фильтров, такие как эхо-подавление, выравнивание электрических характеристик каналов связи, адаптивные антенные решетки, активное шумоподавление, цифровое предискажение сигналов и др. Представлены основные алгоритмы адаптивной фильтрации: алгоритм Ньютона, наискорейшего градиентного спуска, алгоритм по критерию наименьших квадратов и ряд рекурсивных алгоритмов по критерию наименьших квадратов. Обсуждаются перспективные направления в адаптивной фильтрации.

Ключевые слова: адаптивная обработка сигналов, адаптивный фильтр, эхо-подавление, выравнивание электрических характеристик каналов связи, адаптивная антенная решетка, активное шумоподавление

Белорусский государственный университет

А.В. Дигрис

МАСШТАБИРОВАНИЕ КРИВЫХ МНОГОЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГЛОБАЛЬНОГО АНАЛИЗА МЕТОДОМ ФАЗОВЫХ ВЕКТОРОВ

В данной статье представлен алгоритм вычисления оценок коэффициентов масштабирования для многоэкспоненциальной модели, который может использоваться совместно с методом фазовых векторов при глобальном анализе кривых затухания флуоресценции. Применение предложенного алгоритма в дополнение к результатам самого метода фазовых векторов обеспечивает возможность расчета значений критериев, необходимых для контроля качества проведенного анализа данных.

Ключевые слова: флуоресцентная спектроскопия, глобальный анализ данных, многоэкспоненциальная модель, метод фазовых векторов.

Белорусский государственный университет

В.И. Емельяненко

СИСТЕМО-ОНТОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДАННЫХ

Предложена модель представления результатов наблюдений за взаимодействием объектов сложных систем в виде слоев создаваемых ими событий. В основу положено координатное представление реляционных моделей данных и построение решеток формальных понятий в качестве схем соответствия типов для организации поисковых запросов.

Ключевые слова: конфигурационное пространство, события, реляционные модели данных, анализ формальных понятий, концептуальная решетка.

Белорусский государственный университет

О.Г. Жевняк, Я.О. Жевняк

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУННЕЛЬНОГО ТОКА В ЭЛЕМЕНТАХ ФЛЕШ-ПАМЯТИ НА ОСНОВЕ КНИ-МОП-ТРАНЗИСТОРОВ

С помощью численного моделирования методом Монте-Карло рассмотрено влияние затворного напряжения на величину паразитных токов в элементах флеш-памяти на основе КНИ-МОП-транзисторов в рабочем режиме для транзисторов с узким и широким проводящим слоем.

Ключевые слова: КНИ-МОП-транзистор, флеш-память, электронный транспорт, туннельный ток, метод Монте-Карло.

Белорусский государственный университет

А.А. Камоцкий, С.Н. Семенович, И.П. Стецко

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДАТЧИКА НАПРАВЛЕНИЯ НА СОЛНЦЕ НА РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ЦИФРОВЫХ СЕНСОРАХ

Представлен процесс проектирования датчика направления на Солнце на распределённых цифровых сенсорах. Приведены способы определения вектора направления на солнце используя различные конфигурации фотодиодов. Обоснована конфигурация фотодиодов разработанного датчика, описана его структура. Приведено описание и структурная схема испытательного стенда и результаты испытаний датчика. Проведенные испытания подтвердили возможность использования опытного образца с распределенными сенсорами в качестве датчика направления.

Ключевые слова: CubeSat, солнечный датчик, направление, фотодиод, ориентация.

Белорусский государственный университет

М.М. Кугейко, С.А. Лысенко, Д.А. Смунев

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА И ПРОГРАММНЫЕ ПАКЕТЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ИНФОРМАТИВНОСТИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ В ОПТИКЕ РАССЕИВАЮЩИХ СРЕД

Разработан программный пакет для анализа информативности оптических измерений различных типов аэрозоля (континентальный – фоновый и городской; морской; дымовой и пылевой), а также заведомо несферических частиц – эритроцитов, имеющих в реальности форму, наиболее приближенную к двояковогнутому дискуду. Универсальность программы обеспечивается возможностью рассмотрения любых комбинаций аэрозольных ОХ, реально осуществляемых на практике.

Ключевые слова: оптические характеристики, аэрозоль, эритроциты

Белорусский государственный университет

И.А. Кустов, В.С. Садов

ПРИМЕНИМОСТЬ ГОМОМОРФНЫХ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Работа рассказывает об основных понятиях и определениях в области гомоморфного шифрования, применениях уже разработанных алгоритмов, а также в ней рассматривается взгляд авторов на гомоморфные криптографические системы, их применимость в различных системах, а также их недостатки.

Ключевые слова: гомоморфное шифрование, алгоритм, ключ, криптография, безопасность.

Белорусский государственный университет
С.В. Козодоев, А.В. Леонтьев, А.О. Поживилко
РАСЧЕТ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО КОЭФФИЦИЕНТА ОБРАТНОГО
РАССЕЯНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ

В программном комплексе CASINO проведён расчёт коэффициента обратного рассеяния электронов от различных элементов. На основании полученных результатов, определены параметра моделирования, позволяющие получать данные, наиболее близкие к экспериментальным.

Ключевые слова: коэффициент обратного рассеяния электронов, casino, метод Монте-Карло, моделирование.

Учреждение образования «Белорусский государственный
университет информатики и радиоэлектроники»
Н.И. Листопад, О.Н. Виничук
МОДЕЛЬ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ БОЛЬШИХ
ОБЪЕМОВ

Предложена модель для обработки изображений большого объема. Модель построена по односторонней технологии разработки веб-приложений и в отличие от известных моделей позволяет при ее реализации снизить требования к аппаратно-программным средствам: сократить объем оперативной памяти, необходимой для хранения изображений, время его обработки, а также обеспечить качественное отображение самого изображений на веб-страницах.

Ключевые слова: изображения, UML, диаграмма вариантов использования, диаграмма деятельности

Белорусский государственный университет
В.С. Оразаев, А.В. Леонтьев
МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО ФИЗИЧЕСКОГО РАСПЫЛЕНИЯ
ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Представлены, рассчитанные с помощью программного комплекса SRIM-2013, значения коэффициента распыления Si ионами He, Ne, Ar, Kr и Xe при энергиях 1, 5, 10, 20, 40, 60, 80 и 100 кэВ. Проведена оценка глубины зарождения распыленных атомов.

Ключевые слова: SRIM-2013; Метод Монте-Карло; физическое распыление.

Белорусский государственный университет
М.Д. Рак, Е.А. Чудовская
МОДЕЛЬ ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ
МЕЖДУ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ

Созданный программный продукт предназначен для автоматизации процесса распределения нагрузки профессорско – преподавательского состава кафедры. Представлен пользовательский интерфейс приложения, содержащий все необходимое для сокращения непродуктивных временных затрат при выполнении рутинной части этой работы.

Ключевые слова: обработка данных, учебная нагрузка

Белорусский государственный университет

И.А. Сакович, В.А. Фираго

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ОБЪЕМЕ МАТЕРИАЛА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ МОЩНОСТИ

Предложена программа моделирования распределения температуры в объеме заготовки из металла при воздействии лазерного излучения. Разработанная программа поддерживает моделирование теплопроводности материала в твердой и жидкой фазе, истечение материала из плавильной ванны, аппроксимирует переход между этими фазами, а также моделирует ослабление передачи энергии лазера при образовании парогазового и плазменного факела.

Ключевые слова: распределение температурного поля, лазер, обработка металлов, моделирование, уравнение теплопроводности, метод конечных разностей

Белорусский государственный университет

Ю.В. Супонев, А.В. Дигрис, И.С. Эйсмонт, В.В. Скакун

АЛГОРИТМ СТОХАСТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ МИКРОСКОПИИ В ВЫСОКОМ РАЗРЕШЕНИИ

Разработан и интегрирован плагин для программы ImageJ. Плагин полностью реализует метод реконструкции изображений в сверхвысоком разрешении dSTORM, включая все основные шаги алгоритма – от считывания стека изображений, до восстановления изображения в высоком качестве. Реализован наглядный графический интерфейс, интуитивно понятный пользователю. Программно реализован алгоритм локализации молекул, а также предложены и внедрены методы фильтрации молекул. Модификации позволяют применять программный продукт в условиях некачественной подготовки экспериментальных образцов. Алгоритмы протестированы и демонстрируют высокую скорость работы в сравнении с конкурентами

Ключевые слова: флуоресцентная микроскопия, сверхвысокое разрешение, dSTORM, локализация одиночных молекул.

Белорусский государственный университет

В.С. Терех

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА УМЕРЕННО УСТОЙЧИВЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ

Рассмотрено применение классического и модифицированного умеренно устойчивых распределений при построении моделей GARCH. Приведено сравнение свойств устойчивых и умеренно устойчивых распределений, описаны методологии построения моделей и последующей оценки параметров с помощью метода максимального правдоподобия.

Ключевые слова: модель GARCH, устойчивое распределение, умеренно устойчивое распределение, метод максимального правдоподобия.

Белорусский государственный университет

В.С. Терех

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯТЕЛЬНОСТИ И АСИМПТОТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ GARCH(1,1) МЕТОДОМ ЭМПИРИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ ФУНКЦИИ

Предложен метод оценки параметров модели GARCH(1,1) с устойчивыми распределениями, использующий эмпирическую характеристическую функцию распределения остатков модели. Описан процесс построения оценки, сформулированы условия, при выполнении которых оценка является строго состоятельной. Исследовано асимптотическое распределение оценки.

Ключевые слова: модель GARCH, устойчивое распределение, характеристическая функция, оценка параметров, строгая состоятельность, асимптотическое распределение.

Белорусский государственный университет

А.С. Шпак, А.В. Поляков

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРАКТА ЦИФРОВОГО СПУТНИКОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО СИГНАЛА

Предложена математическая модель для энергетического расчета радиолинии на трассе спутник-Земля, позволяющая с помощью компьютерного моделирования определить параметры приемного устройства, обеспечивающие устойчивый прием цифрового спутникового телевизионного сигнала при различных погодных условиях, температурах окружающей среды и географических координатах для наиболее часто используемых типов фазовой модуляции.

Ключевые слова: цифровое спутниковое телевидение, устойчивый прием, фазовая модуляция, вероятность ошибки, отношение сигнал/шум

Белорусский государственный университет

И.Н. Щербак, Е.Е. Попко

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДВИЖЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Экзоскелет – устройство, позволяющее увеличить массу переносимого груза. Первый этап разработки экзоскелета – создание биомеханической модели движений человека. Используемый ранее способ описания движения с использованием углов Эйлера не позволяет добиться высокой скорости расчетов. В работе предложено описывать изменение положения тела человека с использованием кватернионов. Указанный способ при таких же значениях расчетной ошибки позиционирования позволяет существенно уменьшить объем вычислений.

Ключевые слова: экзоскелет, биомеханическая модель, ориентация твердого тела, углы Эйлера, кватернион.

Белорусский государственный университет

Т. П. Янукович, А. В. Поляков

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ВЫНУЖДЕННОМ РАССЕЯНИИ МЕНДЕЛЬШТАМА-БРИЛЛЮЭНА В ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ

Рассмотрена математическая модель вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна в оптическом волокне. Модель построена на базе системы трех дифференциальных уравнений, описывающих распространение оптических волн накачки и стоксовой, а так же акустической волны. На основании полученного решения было выполнено численное моделирование распространения сигнала в оптическом волокне при различных разностях частот между волной накачки и стоксовой. Предложенная модель используется при оценке параметров оптоволоконных сенсоров.

Ключевые слова: вынужденное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна, оптическое волокно.

Белорусский государственный университет

Н.Н. Яцков, В.В. Скакун, В.В. Апанасович

ОБРАБОТКА ГИСТОГРАММ ЧИСЛА ФОТООТСЧЕТОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ФЛУКТУАЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Перспективным направлением исследований в флуоресцентной спектроскопии является анализ флуктуаций интенсивности флуоресценции во времени с использованием гистограмм числа фотоотсчетов. Ключевым элементом подхода является применение метода главных компонент для проверки гипотезы о разделимости кластеров многомерных экспериментальных данных. В работе исследуются возможности использования нормировки локального взвешенного сглаживания данных в пространстве первых двух главных компонент и метода независимых компонент для интерпретации независимых факторов, объясняющих вариацию в данных.

Ключевые слова: флуоресцентная флукуационная спектроскопия, гистограмма числа фотоотчетов, имитационное моделирование, метод главных компонент, нормировка локального взвешенного сглаживания, метод независимых компонент.

Белорусский государственный университет

Н.Н. Яцков, В.В. Апанасович

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Предложен комплексный подход на основе методов интеллектуального анализа данных и имитационного моделирования для исследования биофизических систем, позволяющий определить параметры биофизических и оптических процессов в молекулярных соединениях. Рассмотрено применение разработанного подхода при исследовании бимолекулярных соединений с помощью метода флуоресцентной спектроскопии с временным разрешением.

Ключевые слова: биофизическая система, имитационное моделирование, интеллектуальный анализ данных, флуоресцентная спектроскопия.

Секция «Биоинформатика»

Мустансирия Университет, Ирак

Ахмед Рахим Луаиби, Тарик М. Сальман, Аббас Хуссеин Мири

КЛАССИФИКАЦИИ ЦИТРУСОВЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В данной статье представлена методика выявления и классификации основных заболеваний цитрусовых, имеющих экономическое значение. Из-за небольшой разницы в симптомах различных заболеваний растений, диагноз требует заключения эксперта о заболевании. Неправильный диагноз может привести к огромным экономическим потерям для фермеров при использовании пестицидов. В течение нескольких десятилетий использовали компьютеры для обеспечения автоматических решений, а не ручную диагностику для выявления заболеваний растений, которые являются дорогостоящими и подвержены ошибкам. Три класса заболеваний цитрусовых сравнивают со здоровым классом с использованием метода усиления top-hat и метода сегментации k-mean. Метод msvm используется для классификации конечного результат и оценивается область заболеваний. Точность результатов 93,18%.

Ключевые слова: цитрусовые заболевания, фильтр Top-Hat, GLCM, K-Mean, MSVM.

Министерство науки и технологии, Ирак,

Дирекция радиологической и ядерной безопасности,

Управление радиологической и ядерной безопасности

М.В. Алхамд, Назар али Абуд, Джасим М. Аль-Тамими

УЛУЧШЕНИЕ РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОНТУРНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Шумоподавление медицинских изображений – одна из фундаментальных задач в области компьютерной обработки биологических изображений. Рентгенография, компьютерная томография и МРТ являются наиболее широко используемыми методами получения изображений. Цель шумоподавления изображения состоит в том, чтобы улучшить исходное МРТ изображение путем подавления шума от загрязненной шумом версии изображения. Для повышения качества МРТ изображения в данной работе предложен алгоритм шумоподавления с использованием контурного преобразования блокирующим методом.

Ключевые слова: МРТ, блокировка, пороговое значение блока, контур

Витебский государственный медицинский университет,
Белорусский государственный университет, Люксембургский институт здоровья

А.К. Какоиченкова, М.К. Чепелева, П.В. Назаров

ВОЗМОЖНОСТИ АНАЛИЗА НЕЗАВИСИМЫХ КОМПОНЕНТ ТРАНСКРИПТОМОВ РАКА ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ ОЦЕНКЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОПУХОЛЕВОЙ ТКАНИ

Использование методов геномных исследований является актуальным для современной медицины, т.к. позволяет выявить индивидуальные особенности патологических процессов. Оценка транскриптомных данных является сложной для клинической интерпретации. В нашей работе был применен анализ данных методом независимых компонент, который позволил выделить отдельные транскрипционные сигналы, ассоциированные с клеточными процессами, участвующими в прогрессии рака поджелудочной железы. Показано, что метод позволяет связать влияние отдельных компонент с выживаемостью пациентов. Это позволит модифицировать подходы к лечению пациентов с раком поджелудочной железы и разрабатывать методики оптимизации полихимиотерапии.

Ключевые слова: транскриптом, анализ независимых компонент, рак поджелудочной железы.

Белорусский государственный университет

А.М. Андрианов, Ю.В. Корноушенко, Г.И. Николаев, А.Д. Карпенко, А.В. Тузиков

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИНГИБИТОРОВ ВИЧ-1 НА ОСНОВЕ НЕЙТРАЛИЗУЮЩЕГО АНТИТЕЛА N6

Методами виртуального скрининга и молекулярного моделирования идентифицированы 6 потенциальных пептидомиметиков кросс-реактивного нейтрализующего анти-ВИЧ-1 антитела N6, способных имитировать фармакофорные свойства этого иммуноглобулина путем специфических и эффективных взаимодействий с CD4-связывающим сайтом белка gp120 оболочки вируса. Показано, что ключевую роль во взаимодействии этих соединений с белком gp120 играют многочисленные вандер-ваальсовы контакты с консервативными остатками Phe43-полости гликопротеина, критическими для связывания ВИЧ-1 с клеточным рецептором CD4, а также водородные связи с остатком Asp-368gp120, образование которых увеличивает химическое сродство без активации нежелательного аллостерического эффекта. Согласно данным молекулярной динамики, комплексы обнаруженных лигандов с белком gp120 энергетически стабильны и характеризуются низкими значениями свободной энергии связывания. Идентифицированные соединения могут быть использованы в работах по созданию новых противовирусных препаратов – ингибиторов проникновения ВИЧ-1, блокирующих ранние стадии развития ВИЧ-инфекции.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, ВИЧ-1, gp120, виртуальный скрининг, молекулярный докинг.

Белорусский государственный университет

И.В. Климук, В.В. Гринев, В.В. Скакун, Н.Н. Яцков

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ РНК С ПОМОЩЬЮ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Предложена модель для классификации молекул РНК человека. Модель построена на основе многоканальной одномерной сверточной сети и применяет метод бинарного кодирования для геномных последовательностей. Разработанный подход работает более точно, чем аналогичные методы, а также способен обрабатывать более длинные последовательности.

Ключевые слова: молекулы РНК, биоинформатика, классификация, алгоритм, сверточная нейронная сеть, машинное обучение.

Белорусский государственный университет
Я.П. Кононович, Р.С. Шулинский
ОСОБЕННОСТИ СБОРКИ ГЕНОМА *BUCHNERA APHIDICOLA* ИЗ ДАННЫХ
МЕТАГЕНОМНОГО СЕКВЕНИРОВАНИЯ

Из данных метагеномного секвенирования, полученных из тлей видов *Macrosiphum albifrons*, *Aphis craccivora* и *Myzus persicae*, были собраны три генома *Buchnera aphidicola*. Приведена методика сборки и оценка полученных нуклеотидных последовательностей.

Ключевые слова: *Buchnera aphidicola*, метагеномика, сборка генома *de novo*.

Белорусский государственный университет
А.И. Левданская, Н.П. Максимова, Е.Г. Веремеенко
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕНОМОВ БАКТЕРИИ *PSEUDOMONAS*
CHLORORAPHIS SUBSP. *AURANTIACA* ШТАММОВ ДИКОГО ТИПА И МУТАНОВ,
СПОСОБНЫХ К СВЕРХСИНТЕЗУ ФЕНАЗИНОВЫХ АНТИБИОТИКОВ

Секвенированы геномы бактерий *Pseudomonas chlororaphis* subsp. *aurantiaca* штаммов дикого типа и мутантов, способных к сверхсинтезу феназиновых антибиотиков. Сравнение этих геномов помогло определить мутации в генах, способствующих увеличению синтеза феназинов. Это позволит в дальнейшем получать штаммы-сверхпродуценты данных метаболитов.

Ключевые слова: секвенирование, бактерии рода *Pseudomonas*, феназиновые антибиотики, мутагенез.

Белорусский государственный университет
Левыкина С.С., Воронова Н.В.
НЕОБХОДИМОСТЬ РУЧНОЙ ВАЛИДАЦИИ ДАННЫХ АВТОМАТИЧЕСКОЙ
СБОРКИ И АННОТАЦИИ ГЕНОМОВ НА ПРИМЕРЕ МИТОХОНДРИАЛЬНЫХ
ГЕНОМОВ

Рассмотрена необходимость ручной валидации полученных данных автоматической сборки и аннотации геномов. Ручная валидация применима при анализе небольших геномов, таких как митохондриальные геномы. Необходимо совершенствовать методы биоинформатики, чтобы необходимость ручной валидации отсутствовала.

Ключевые слова: методы биоинформатики, митохондриальный геном, тли

Белорусский государственный университет, Люксембургский институт здоровья,
Витебский государственный медицинский университет
М.К. Чепелева, И. Ванг, А.К. Какоиченкова, А. Мюллер, Т. Каома, П.В. Назаров
ДЕКОНВОЛЮЦИЯ «БОЛЬШИХ ДАННЫХ» В ОНКОГЕНОМИКЕ: ОТ
ОБОБЩЕННОГО АНАЛИЗА РАКОВЫХ ОБРАЗЦОВ КЛЕТОК

Большие пан-раковые наборы геномных данных, ставшие общедоступными в последнее десятилетие, дополняются в настоящее время измерениями на уровне единичных клеток. Такие наборы могут включать до миллиарда отдельных наблюдений, например, экспрессию генов в десятках тысяч клеток. В работе показано, как метод деконволюции, основанный на анализе независимых компонент, может извлекать клинически важную информацию как из пан-раковых наборов данных, так и из данных на уровне единичных клеток нормальных тканей и новообразований.

Ключевые слова: трансскриптом, секвенирование РНК, метод независимых компонент, пан-рак, единичные клетки

¹Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, Минск, Беларусь, ²Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, ³Институт биоорганической химии Национальной академии наук Беларуси

Г. И. Николаев¹, Н. А. Шульдов², А. И. Анищенко², А. В. Тузиков¹, А. М. Андрианов³

АВТОЭНКODЕРНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИНГИБИТОРОВ ВИЧ-1 МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Методами глубокого обучения разработан генеративный состязательный автоэнкодер для рационального дизайна потенциальных ингибиторов проникновения ВИЧ-1, способных блокировать участок белка gp120 оболочки вируса, критический для его связывания с клеточным рецептором CD4. Были выполнены исследования, включающие создание архитектуры автоэнкодера, формирование молекулярной библиотеки потенциальных лигандов белка gp120 ВИЧ-1 для обучения нейронной сети, молекулярный докинг лигандов с белком gp120 и расчет свободной энергии связывания, генерацию молекулярных дескрипторов химических соединений обучающего набора данных, обучение нейронной сети, оценку результатов обучения и работы автоэнкодера. Рассмотрены результаты тестирования автоэнкодера на широком наборе соединений из молекулярной библиотеки ZINC. Показано, что совместное использование нейронной сети с виртуальным скринингом баз данных химических соединений формирует продуктивную платформу для идентификации базовых структур, перспективных для создания новых противовирусных препаратов, ингибирующих ранние стадии развития ВИЧ-инфекции.

Ключевые слова: методы глубокого обучения, генеративно-состязательный автоэнкодер, белок gp120, ингибиторы проникновения ВИЧ-1, методы молекулярного моделирования

Белорусский государственный университет

М.А. Сиколенко, Р.С. Сергеев, Л.Н. Валентович

МЕТОД ОЦЕНКИ ПОЛНОТЫ НУКЛЕОТИДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ СБОРКИ ГЕНОМНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ РАСЧЁТА ДОЛИ СМЕЖНЫХ КОНТИГОВ

Предложена метрика, оценивающая полноту нуклеотидных данных для сборки генома *de novo*. Метрика основана на поиске и подсчёте контигов, которые могут соседствовать в геноме, несмотря на невозможность их объединения программой-сборщиком. Разработанный метод учитывает структуру собираемого генома и, следовательно, оценивает качество сборки более адекватно, чем метрики, основанные на подсчёте длин контигов, сохраняя при этом простоту в интерпретации.

Ключевые слова: сборка генома, контиги, метрики, повторы

Белорусский государственный университет

В.В. Скакун, Н.Н. Яцков, В.В. Гринев

ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ ORFHUNTER ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКРЫТЫХ РАМОК СЧИТЫВАНИЯ В МОЛЕКУЛАХ РНК ЧЕЛОВЕКА

Разработан программный пакет ORFhunteR для автоматического определения открытых рамок считывания (ОРС) в большом наборе молекул РНК, интегрирующий модель определения ОРС на основе алгоритмов векторизации нуклеотидных последовательностей и классификации. Пакет ORFhunteR состоит из набора программ, написанных на языке R в связке с C++, и интерактивного веб-интерфейса. Работоспособность пакета подтверждена на примере анализа молекул РНК из базы данных NCBI RefSeq. Пакет может быть использован в фундаментальных и прикладных биомедицинских исследованиях, связанных с изучением транскриптома нормальных, а также измененных (например, раковых) клеток человека.

Ключевые слова: РНК, открытые рамки считывания, транскриптом, методы классификации, веб-интерфейс

Белорусский государственный университет, Объединенный Институт Проблем
Информатики Национальной Академии Наук Беларуси

О.Н. Скидан, А.Ю. Хадарович

КЛАССИФИКАЦИЯ БИОИНФОРМАТИЧЕСКИХ ТЕКСТОВ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О БЕЛКОВЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Предложена модель для классификации биоинформатических статей для нахождения информации о белковых взаимодействиях. Модель построена на основе рекуррентной нейронной сети с использованием векторных представлений слов, заранее натренированных на PubMed и Википедии с использованием алгоритма Word2Vec и gensim фреймворка. Модель позволяет сократить ручной просмотр и аннотирование статей, также может использоваться как компонент в более сложных алгоритмах для нахождения белковых взаимодействий.

Ключевые слова: биоинформатика, белковые взаимодействия, рекуррентная нейронная сеть, векторное представление слов.

Белорусский государственный университет Люксембургский институт здоровья,
Витебский государственный медицинский университет

М.К. Чепелева, А.К. Какойченкова, Н.Н. Яцков, П.В. Назаров

МЕТОД НЕЗАВИСИМЫХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ РАКОВЫХ ТРАНСКРИПТОМОВ: ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ И ПОВЕШЕНИЕ ИНТЕРПРЕТИРУЕМОСТИ

В работе определены оптимальные параметры метода независимых компонент в зависимости от решаемой задачи: классификации подтипов глиобластомы и рака поджелудочной железы, предсказания выживаемости пациентов, а также для выделения значимых биологических функций. Показано, как метод независимых компонент позволяет объединять метаданные образцов тканей и единичных клеток.

Ключевые слова: транскриптом, секвенирование РНК, метод независимых компонент, единичные клетки, рак, выживаемость

Белорусский государственный университет

Р.С. Шулинский, Н.В. Воронова

СОСТАВ И ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ ГЕНОВ GST И UDT В ГЕНОМЕ APHIS CRACCIVORA

В работе представлены результаты аннотации генов GST и UDT в геноме *Aphis craccivora*, также проведен сравнительный анализ генного состава с другими геномами тлей. Показано, что генный состав семейств UDT и GST в геноме *A. craccivora* является типичным для тлей рода *Aphis*, однако отличаясь от такового у тлей других родов. Среди особенностей этого рода можно выделить уникальные гены 2A2 и 2B33, а также отсутствие генов 1_1.

Ключевые слова: геномика, тли, системы детоксикации

Секция «Системы машинного и глубокого обучения»

Белорусский государственный университет

А. В. Сидоренко, К. А. Акула

МЕТА-ОБУЧЕНИЕ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

Проведен вычислительный эксперимент с использованием разработанной компьютерной программы по мета-обучению с подкреплением агентов в модели роботизированной системы. Показано, что по определенному значению функции вознаграждения в модели роботизированной системы можно определить прекращение процесса обучения.

Ключевые слова: мета-обучение с подкреплением, компьютерная программа, модель, роботизированная система

Белорусский государственный университет

А.В. Богданович, Т.П. Янукович

РАСПОЗНАВАНИЕ ЗДАНИЙ НА СНИМКАХ С БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Предложена модель для распознавания зданий на снимках с беспилотного летательного аппарата. В основе модели лежит глубокая сверточная нейронная сеть, обученная на снимках городов и городских поселков Республики Беларусь, и по своим характеристикам она превосходит классические методы распознавания изображения применительно к этой задаче, поскольку обладает универсальностью, простотой применения и не требует для конечного пользователя знаний в корректном использовании, в отличие от классических методов, которые нужно подбирать в зависимости от условий.

Ключевые слова: распознавание изображений, сверточная нейронная сеть

Белорусский государственный университет

А.А. Гулицкий, Э.А. Чернявская

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

В работе рассматриваются вопросы, связанные с задачей обнаружения объектов в реальном времени. Проведён сравнительный анализ современных нейросетевых методов, используемых для обнаружения объектов. С помощью пользовательского набора данных была обучена модель на основе архитектуры YOLOv3, способная осуществлять детектирование объектов дорожного трафика в реальном времени. Для повышения показателей точности модели был применён алгоритм, способный улучшить распознавание краёв объектов нейронной сетью.

Ключевые слова: обнаружение объектов, глубокое обучение, YOLOv3, SSD, Faster R-CNN, свёрточные нейронные сети.

Белорусский государственный университет, Объединенный институт
проблем информатики НАН Беларуси

Д.М. Войнов, В.А. Ковалев

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ АТАК ТИПА БЕЛОГО И ЧЕРНОГО ЯЩИКОВ НА ГЛУБОКИЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ С РАЗЛИЧНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ

Несколько лет назад было обнаружено, что глубокие сверточные нейронные сети уязвимы для так называемых состязательных атак. Данный тип атак осуществляется путем специальной модификации исходных изображений, причем таких, что они не заметны для человеческого глаза. Подробно рассматриваются результаты оценки успешности атак типа белого (атакуемая сеть известна)

и черного ящиков на глубокие сети с различной архитектурой включая такие популярные архитектуры как InceptionV3, Xception, ResNet50, DenseNet121 и Mobilenet при решении задач распознавания биомедицинских изображений.

Ключевые слова: сверточные нейронные сети, состязательные атаки, биомедицинские изображения

Белорусский государственный университет

О.Ф. Ковалёв, М.М. Важник

ПОСТРОЕНИЕ КАРТЫ ГЛУБИНЫ ПО НЕРЕКТИФИЦИРОВАННЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

Метод Speeded Up Robust Features (SURF) применён к стереопарам с целью нахождению на изображениях точек, находящихся на эпиполярных линиях. Это позволит выровнять изображения стереопары так, чтобы эпиполярные линии на них были параллельны горизонтали, что в свою очередь позволит значительно ускорить построение карты глубины при помощи корреляционного анализа стереоизображений, так как идентичные фрагменты можно искать лишь на эпиполярных линиях снимков.

Ключевые слова: карта глубины, стереопара, корреляционный анализ, SURF, эпиполярная линия.

Белорусский государственный университет

К.Д. Политай, Е.И. Козлова

МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ В РЕЧЕВОМ СИГНАЛЕ

Описана связь эмоционального состояния человека и параметров речевого сигнала, а также предложена модель автоматического распознавания эмоций в речи. Реализованы системы, использующие в качестве входных данных мел-частотные кепстральные коэффициенты и различные алгоритмы классификации. Проанализированы результаты распознавания эмоций для контрольных данных и проведен сравнительный анализ эффективности и точности различных подходов.

Ключевые слова: обработка речи, распознавание эмоций, кепстральный анализ, машинное обучение.

Белорусский государственный университет

С.В. Садов

РАСПОЗНАВАНИЕ МИКРОДВИЖЕНИЙ ЛИЦЕВЫХ МЫШЦ НА ИЗОБРАЖЕНИИ ЛИЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Предложен общий алгоритм распознавания микродвижений лицевых мышц на изображении лица. В алгоритме используется метод Виолы-Джонса для распознавания лица на изображении, а также метод сверточных нейронной сети для распознавания улыбки. Завершающим этапом является определение искренности выражаемой на изображении эмоции.

Ключевые слова: изображения, распознавание эмоций, сверточная нейронная сеть, метод Виолы-Джонса.

Белорусский государственный университет

И.В. Саечников, В.В. Скакун, Э.А. Чернявская

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ НА АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКАХ МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Предложен ряд методов сегментации аэрокосмических изображений на базе различных архитектур сверточных нейронных сетей. Во время построения сетей учитывался дисбаланс классов на аэрокосмических снимках и малое число размеченных данных. Для расширения тренировочного

датасета мы предлагаем метод на основе стратегии остаточного обучения для приведения изображений к единому разрешению и сэмплирование их методом аугментации по сдвигу. В ходе обучения сетей оптимизация проводилась по следующим параметрам: количество карт признаков, размер ядра свертки и тип пула. Для предотвращения переобучения мы использовали регуляризацию нейронной сети, дополняя ее слоем dropout с подобранными вероятностями. В связи с высоким дисбалансом классов использовалась категориальная кросс-энтропия с коэффициентом модуляции. В заключение оценка точности сегментации выполнялась индексом Джаккарта.

Ключевые слова: сверточная нейронная сеть, глубокое обучение, сегментация, автоэнкодер.

Белорусский государственный университет

Д.А. Смутнёв, М.М. Кугейко, А.Н. Кочетов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ

Создан макет прибора для регистрации спектра отражения с пространственным разрешением на основе многомодовых волокон. Были созданы модельные объекты с заданной концентрацией веществ (фурацилин, цианокобаламин и фукокорцин). Значения концентрации, восстановленные с помощью регрессионных соотношений, хорошо согласуются с реальными концентрациями. Для уменьшения погрешностей определения микрофизических параметров вместо регрессии была использована нейросеть. Результаты предсказания концентраций значительно улучшились, в частности, погрешность определения концентрации фукокорцина уменьшилась вдвое (с 11% до 5%).

Ключевые слова: спектроскопия с пространственным разрешением, регрессионные соотношения, нейросети

Белорусский государственный университет

А.М.Сорока, А.В.Хлебко

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ КАРЬЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ DEEPLABV3+

Разработан метод детектирования карьеров на спутниковых снимках с использованием нейронной сети глубокого обучения deeplabv3+. Решена задача бинарной семантической сегментации спутниковых снимков для определения границ карьеров на снимке. Исходными данными для обучения нейронной сети глубокого обучения были 965 размеченных карьеров на спутниковых снимках Республики Беларусь. Итоговая точность составила 83.76%.

Ключевые слова: нейронные сети глубокого обучения, семантическая сегментация, дистанционное зондирование, определение границ карьеров

Секция «Интеллектуальные технологии и системы»

Белорусский государственный университет

К.В. Автушко, В.С. Садов

ОЦЕНКА СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОЙ ЁМКОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ RGB ФОРМАТА

На сегодняшний день задача поиска оптимальных контейнеров в цифровой стеганографии является полностью не решенной. В работе рассмотрены блоки изображений различной тематики. Исследовано влияние корректировки цветовой компонент взятых изображений на стеганографическую ёмкость, а также выработаны конкретные рекомендации к контейнерам для увеличения стеганографической ёмкости.

Ключевые слова: стеганографическая ёмкость, изображения, RGB, стеганография, PSNR, субдискретизация.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

А.И. Бражук

СТРУКТУРА МЕТОДИКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ УГРОЗ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ

Предложена методика моделирования угроз компьютерных систем на основе предметно-ориентированных моделей угроз, которая позволяет автоматически формировать списки релевантных угроз и контрмер на основе описаний архитектур компьютерных систем (диаграмм потоков данных). Методика использует язык онтологий OWL и функции автоматического логического вывода. В отличие от существующих решений методика позволяет внедрить объектно-ориентированный подход, обеспечить интеграцию с источниками связанных открытых данных и представлять контрмеры как контекстные шаблоны безопасности.

Ключевые слова: моделирование угроз, онтология, OWL

Белорусский государственный университет

А.П. Верстаковская, В.Е. Евчик, А.Г. Кезик, В.А. Саечников, С.А. Соловьев, А.А. Спиридонов, Д.В. Ушаков, Черный В.Е.

НАЗЕМНАЯ СТАНЦИЯ ПРИЕМА ТЕЛЕМЕТРИИ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРБИТЫ СВЕРХМАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Задачи надежного приема телеметрии и определения орбитальных параметров являются актуальными для сверхмалых космических аппаратов. Описаны программно-аппаратные средства построения наземной станции приема телеметрии сверхмалых космических аппаратов с возможностью определения параметров орбиты. Рассмотренная наземная станция приема позволит расширить географии приема, улучшить качество принимаемой информации, работать в автономном режиме, измерять орбитальные параметры, на практике обучать студентов технологиям приема телеметрии и определения орбит космических аппаратов.

Ключевые слова: наземная станция, сверхмалые космические аппараты, телеметрия, определение орбиты.

Белорусский государственный университет

Ю. И. Воротницкий, К. В. Козадаев, Е. И. Козлова, И. А. Шалатонин, Е. А. Головатая, А. М. Соболев

ЦИФРОВАЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СРЕДА ФАКУЛЬТЕТА

Предложена концепция открытой цифровой интеллектуальной среды факультета, при интеграции в которую студент сможет создавать свою уникальную базу знаний и навыков в самых современных областях информационных технологий. Представлена общая схема аппаратной части цифровой платформы, в структуре платформы выделены следующие основные системы: телекоммуникационная, идентификации, отображения информации, хранения и обработки данных, интернет вещей и управление технологическим оборудованием, видеонаблюдения и распознавания образов.

Ключевые слова: цифровая интеллектуальная среда, интернет вещей, видеонаблюдение, идентификация, обработка данных, управление.

Белорусский государственный университет

П.С. Дрозд, И.А. Адуцкевич

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ПЕРСОНАЛЬНЫХ В РОЗНИЧНОМ МАРКЕТИНГЕ

В работе предлагается подход для кластеризации транзакционных данных высокой размерности, который может быть использован розничными компаниями для того, чтобы получить важную маркетинговую информацию из персональных данных клиентов. Эта информация помогает компаниям адаптировать свои бизнес-процессы под изменяющиеся условия рынка и объективно анализировать поведенческие паттерны различных типов покупателей. В модели используются

несколько алгоритмов предварительной обработки данных, которые заменяют исходное пространство признаков пространством, которое содержит исключительно значения необратимых хэш-функций. Последующий кластерный алгоритм обрабатывает хэш-значения в метрическом пространстве. Таким образом, описанный способ соответствует различным законам регулирования данных, таким как GDPR в ЕС или CCF в Саудовской Аравиию.

Ключевые слова: кластеризация, персональные данные, хэширование, GDPR

Белорусский государственный университет

В.Е. Евчик, П.В. Самонов, В.А. Саечников, А.А. Спиридонов, Д.В. Ушаков.

БОРТОВОЙ МОДУЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИИ И СТАБИЛИЗАЦИИ ДЛЯ МАКЕТА НАНОСПУТНИКА

Предложен вариант построения бортового модуля системы определения ориентации и стабилизации для макета университетского наноспутника. Макет наноспутника и подсистема «Наземный комплекс управления» составляют основу аппаратных средств лаборатории удаленного доступа. Описаны программно-аппаратные средства модуля системы определения ориентации и стабилизации и его функциональные возможности.

Ключевые слова: наноспутник, система определения ориентации и стабилизации, имитатор космического аппарата, лаборатория удаленного доступ.

Белорусский государственный университет

Ю.А. Коберник-Березовский, В.В. Скакун

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРЕЙМВОРКА gRPC ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

В работе представлен результат цифровой трансформации способа передачи данных, необходимых для выполнения лабораторных работ учебной дисциплины «Анализ Больших Данных». Путём создания сервиса, с использованием универсальной платформы разработки .NET Core 3.1 и фреймворка gRPC, представлен эффективный механизм передачи данных, необходимых для выполнения лабораторных работ, с внедрением в образовательный процесс элемента веб разработки и сетевой коммуникации при помощи механизм вызова удаленных процедур.

Ключевые слова: удаленный вызов процедур, gRPC, цифровая трансформация, образовательный процесс, .NET Core 3.1.

Белорусский государственный университет

А.С. Криштапович, И.А. Адуцкевич

АНАЛИЗ ВАКАНСИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ТРУДА

Целью данной работы является создание системы анализа вакансий для исследования регионального рынка труда и предоставления сведений о наиболее востребованных знаниях и умениях, которые работодатели хотят видеть в соискателях. Для получения данных из систем публикации вакансий применена технология веб-скрапинга. Созданная система протестирована на таких системах публикации вакансий, как indeed.com (регион-Сизтл) и jobs.tut.by (регионы: Москва, Минск и Брест).

Ключевые слова: веб-скрапинг, анализ вакансий, исследование рынка труда

Белорусский государственный университет

В.Ю. Курицкий, С.В. Садов

НЕЙРОСЕТЕВОЙ АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ ЧЕЛОВЕКА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА

Предложен общий алгоритм распознавания эмоций человека на изображении лица. В алгоритме используется метод Виолы-Джонса для распознавания лица на изображении, а также метод сверточных нейронной сети для классификации эмоции. Нейронная сеть создавалась на языке программирования Python с помощью библиотеки с открытым исходным кодом Keras.

Ключевые слова: изображения, распознавание эмоций, сверточная нейронная сеть, метод Виолы-Джонса.

Белорусский государственный университет
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФОВОЙ СХЕМЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ХРАНЕНИЯ И
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ

А.В. Курочкин, В.С. Садов

В работе рассматривается возможность применения графовой модели для организации централизованного хранилища по агрегации информации из различных медицинских информационных систем. Показано, что такая агрегация позволяет единообразно обрабатывать информацию о проведенных медицинских исследованиях как с точки зрения истории болезни отдельного пациента, так и с точки зрения статистической обработки исторических данных в рамках конкретного обследования. Также рассмотрены преимущества графовой схемы для данной задачи по сравнению с традиционными реляционными СУБД.

Ключевые слова: медицинские информационные системы, графовые базы данных, нереляционные базы данных

Белорусский государственный университет

В.А. Мельников, К.С. Шпак

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ
РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО РИСУНКУ ВЕН
ЛАДОНИ

Рассмотрен процесс обработки рисунка вен, включающий два этапа: предобработка входного изображения, локализация вен. Показано что для бинаризации изображения рисунка вен лучше подходят алгоритмы адаптивной бинаризации. Реализованы алгоритмы цифровой обработки изображений необходимые для локализации рисунка вен на изображении ладони.

Ключевые слова: цифровая обработка изображений, биометрическая идентификация, бинаризация изображения, детектор границ Канни, утоньшение линий.

Белорусский государственный университет

Е.Е. Попко, Ю.М. Минин, И.Н. Щербак

ПОЛИТИКИ МАНДАТНОГО РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА В SELINUX

Изучение моделей контроля доступа и механизмов их реализации в современных операционных системах является актуальной задачей в подготовке специалистов по специальности «Компьютерная безопасность» и смежных с ней. Для изучения различных механизмов контроля доступа рассмотрена возможность использования операционной системы CentOS, в которой в качестве основного механизма применяется дискреционный контроль доступа, а управление доступом на основе ролей, мандатное управление и контроль доступа на основе типов могут быть реализованы в рамках широко известной подсистемы защиты ОС Linux, SELinux. В статье рассмотрена реализация подсистемы безопасности SELinux: поддерживаемые формы контроля доступа, модули политик, сценарии реализации, что позволяет использовать изложенный материал для обучения студентов по соответствующим дисциплинам.

Ключевые слова: операционная система, мандатное управление доступом, Type Enforcement (TE), SELinux, многоуровневая политика безопасности (MLS/MCS), политика безопасности minimum; CentOS

Белорусский институт системного анализа (ГУ «БелИСА»), ООО «Кастомертаймс»

¹ООО «Customertimes Corp», ²ГУ «БелИСА», г. Минск, Беларусь

Н.Л. Михальченко¹, И.В. Салтанова²

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО И ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Разработан информационный ресурс для обработки различного типа данных при прогнозировании научно-технологического и инновационного развития страны. Используемое программное обеспечение и языки программирования обеспечивают динамику и гибкость системы. Разработанное веб-приложение позволяет отслеживать изменение тенденций научно-технического прогресса.

Ключевые слова: технологическое прогнозирование, форсайт, инновации, экономический рост, реляционные базы данных, анализ больших данных.

Белорусский государственный университет

К.С. Мулярчик, В.И. Сотников

АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМООТНОШЕНИЯМИ МЕЖДУ ЗАКАЗЧИКАМИ И ПОДРЯДЧИКАМИ, РИСКАМИ В СФЕРЕ ИТ

Цифровые платформы помогают эффективнее выстроить взаимоотношение с клиентом, уменьшить количество ошибок, возникающих при функционировании бизнеса, а также быстрее вывести его на новый уровень. В работе рассматриваются основные модели функционирования, преимущества и недостатки цифровых платформ. Приводится анализ известных на сегодняшний день платформ для управления взаимоотношениями между заказчиками и подрядчиками в сфере разработки программного обеспечения с точки зрения поиска подрядчика, установления с ним договорных отношений, а также выявления и анализа рисков.

Ключевые слова. Цифровые платформы, управление взаимоотношениями, выявление рисков, управление рисками.

Белорусская медицинская академия последипломного образования

Т.А. Радишевская

COTS-ТЕХНОЛОГИЯ В СЛОЕ ЗОНДИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В работе рассматриваются технические решения для реализации двухуровневой архитектуры слоя зондирования Промышленного Интернета Вещей. Архитектура основана на эталонной архитектуре IoT Edge Gateway/Hub с разделением функций между Edge hub и Edge gateway. Для выбора аппаратных платформ использована технология COTS (Commercial Off-The-Shelf). Edge hub реализован на сервере cMT-SVR-100 компании Weintek Labs, поддерживающий интерфейс CloudHMI. Edge gateway реализован на оценочной плате NUCLEO на базе микроконтроллера STM32F7 и бесплатном программном обеспечении STM32Cube.AI.

Ключевые слова: COTS-технология, слой зондирования, Промышленный Интернет Вещей, эталонная архитектура IoT, Edge hub, Edge gateway, cMT-SVR-100, STM32F7

Белорусский государственный университет

А.Л. Труханович, Н.А. Ращенья, М.И. Новик

ФИЗИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЛОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Разработан аппаратно-программный генератор случайных числовых последовательностей (СЧП) с USB-интерфейсом, обеспечивающий формирование СЧП на физическом источнике шума и ее

выгрузку в ПЭВМ со скоростью не менее 5 Мбит/с в виде двоичной последовательности по статистическим свойствам (не хуже 10^{-5}) близкую к последовательности независимых равновероятных испытаний.

Ключевые слова: алгоритм, СЧП, физический источник шума, генератор.

Белорусский государственный университет
А.Л. Труханович, Н.А. Ращенья, В.О. Хилинский
АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ
ДАННЫХ

Для подготовки специалистов в области информационной безопасности разработан и изготовлен аппаратно-программный комплекс, позволяющий организовать эффективный процесс изучения основных принципов создания устройств защиты информации, способов генерации ключевой информации, изучения алгоритмов криптографического преобразования данных.

Ключевые слова: алгоритм, криптография, защита информации, АПК.

Белорусский государственный университет
В.О. Хилинский, А.Л. Труханович, Н.А. Ращенья
ДОВЕРЕННАЯ УСТАНОВКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ
МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Разработан загрузчик ПО с подтверждением подлинности для микроконтроллера STM32L475XX. Достоверность ПО гарантируется благодаря проверке ЭЦП, реализованной по СТБ 34.101.45. Актуальность проекта обусловлена высокими требованиями безопасности для микропроцессорных систем.

Ключевые слова: микроконтроллеры, микропроцессорные системы, доверенная загрузка программного обеспечения, ЭЦП.

Белорусский государственный университет
И. А. Шалатонин, Д.С. Станкевич, Н.А. Иващенко, И. А. Цеховой, В.В. Нехай
УДАЛЕННЫЙ ДОСТУП К МАКЕТУ ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕТИ

Предложены варианты осуществления удалённого доступа к макету промышленной сети. Разработанные решения позволяют организовать для студентов лабораторные работы с макетом сети из дома или компьютерных классов с применением технологий удалённого доступа к рабочему столу локального сервера, а так же с помощью облачных сервисов. Данные модификации макета могут быть внедрены в существующие промышленные сети для удаленного контроля устройствами сети и мониторинга её состояния.

Ключевые слова: иерархическая промышленная сеть, удалённый доступ, IoT-шлюз, облачные сервисы.

Белорусский государственный университет
И.А. Шалатонин, В.В. Нехай, В.В. Домбровский, Д.Н. Гринь.
НАЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ И ПРИЕМА ТЕЛЕМЕТРИИ ДЛЯ
ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Предложен вариант построения системы приема и обработки телеметрии, осуществляющей декодирование протокола пакетной связи AX.25. Описано построение и настройка программно-определяемой радиосистемы (англ. Software-Defined Radio, SDR), устройство имитатора космического аппарата, структура наземной станции приема и их использование в учебном процессе.

Ключевые слова: наноспутники, радиолюбительские спутники, AX.25, программно-определяемая радиосистема (SDR), цифровая обработка сигналов (ЦОС), телеметрия, космос,

радиосвязь, наземная станция, Python, веб-разработка, объектно-ориентированное программирование, обучение.

Белорусский государственный университет

К.С. Шпак, В.А. Мельников

СЕТЕВАЯ АРХИТЕКТУРА В АВТОНОМНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМАХ

Проведен обзор различных подходов к организации сетевой архитектуры, применительно к автономным динамическим мультиагентным системам. Проведен сравнительный анализ различных сетевых архитектур на основании требований динамических мультиагентных систем. Сделан вывод, что mesh-сети являются наиболее актуальным решением для сетевой архитектуры автономных динамических мультиагентных систем.

Ключевые слова: автономные мультиагентные системы, одноранговые сети, mesh-сети, сетевая архитектура