

**МАТЕРИАЛЫ XXII СЕМИНАРА**  
**«МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ**  
**ИССЛЕДОВАНИЯХ»**

4 – 5 марта 2014 г.

Редакционный совет сборника:

д.т.н., проф. Антошук С.Г. (председатель),  
д.т.н., проф. Гогунский В.Д.,  
д.т.н., проф. Нестеренко С.А.,  
д.т.н., доц. Савельева О.С.,  
д.т.н., проф. Становский А.Л.,  
д.т.н., проф. Тонконогий В.М.  
к.т.н. Торопенко А.В. (отв. секретарь)

Оформление и компьютерная вёрстка:

Е.А. Оборотова

---

МОДЕЛЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ПРОЦЕДУРЫ В САПР LUKOR2 <i>Корниенко Ю.В.</i> .....	73
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АСИММЕТРИЧНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В САПР <i>Лазарева Д.В.</i> .....	75
ПРОБЛЕМЫ ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МЕГАПРОЕКТОВ <i>Становский А.Л., Березовская Е.И., Гурьев И.Н.</i> .....	77
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ЛИТЬЯ <i>Оборский Г.А., Прокопович И.В., Шмараев А.В.</i> .....	80
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ <i>Духанина М.А., Шмараев А.В., Оборотова Е.А.</i> .....	83
К ПОЛУЧЕНИЮ СВЕРТОК ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ ОТ ОБЪЕКТОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Прокопович И.В., Духанина М.А., Саух И.А.</i> .....	85

## К ПОЛУЧЕНИЮ СВЕРТОК ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ ОТ ОБЪЕКТОВ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Прокопович И.В., Духанина М.А., Саух И.А.*

Не всегда температуру тела или его температурное поле можно определить, используя контактные средства измерения. Это касается прежде всего тел как достаточно малых размеров, так и с достаточно развитой поверхностью. В первом случае температурное поле тела искажается вследствие отвода теплоты от него чувствительным элементом средства измерения, а во втором – возникают трудности размещения на поверхности тела большого количества чувствительных элементов, например, спаев термопар [81].

Процесс измерения электромагнитных излучений от поверхности тела существенно отличается по своей сути в зависимости от того, равномерно или неравномерно распределены параметры этого излучения по поверхности. В первом случае измерение ограничивается спектром и интенсивностью такого излучения, во втором, – эти параметры могут отличаться для каждой излучающей точки.

При этом количество информации даже от мгновенного среза такого излучения по времени становится настолько большим (теоретически бесконечным), что говорить о ее измерении становится бессмысленным.

Оцифровка такого изображения даже при относительно низких значениях  $dpi$  немалого упрощает проблему. С другой стороны, введение еще и временной составляющей при любой частоте кадров ее еще больше усложняет.

Исходя из этого, можно утверждать, что единственным способом численного измерения электромагнитного излучения от бетонной плиты является двухступенчатый процесс:

- получение и оцифровка инфракрасного потока;
- компьютерная обработка огромного объема информации с целью свертки ее к одному числу – результату измерения.

Как было сказано выше, контактные средства измерения температуры позволяют контролировать температуру объекта в ограниченной зоне, практически в точке. Оптимизировать технологический процесс или термический режим исследуемого объекта по температуре в отдельной точке довольно трудно, или даже невозможно. В этих случаях важно иметь значительно больший объем информации, которую можно было бы получить, имея тепловое изображение объекта. В последние годы для этой цели все чаще используют инфракрасную аппаратуру, в частности, тепловизоры, которые позволяют фиксировать температурное поле тела.

Анализ методов свертки электромагнитного потока начнем с дискретизации последнего, которая выполняется в трехмерном пространстве-времени: две дискретные переменные по плоскому изображению (координаты пикселей) и одна – по времени (отдельные кадры изображения).

Вспомним также, что инфракрасное и видео излучения имеют одну физическую природу и отличаются только длиной волны. Поэтому в

дальнейшем без потери общности анализа будем говорить о видеопотоках, т.к. существующие методы их свертки представлены достаточно широко.

Свертка изображений отличается от классического распознавания образов тем, что системы анализа не ограничиваются делением областей кадра на фиксированное количество классов, предназначенных для описания сложных фрагментов, разнообразие которых может быть настолько большим, что их нельзя описать с помощью заранее заданных периодов времени. Именно такие операции предполагается осуществлять и с кадрами видеопотоков как с отдельными изображениями – с целью преобразования и оценки видеопотока в целом.

При цифровой обработке изображения обычно используется его представления в памяти в виде матрицы пикселей. Обработка изображения в общем случае состоит в преобразовании матрицы, в результате которого формируется новое, обработанное изображение. Преобразование может касаться значений яркостей пикселей или их координат, выполняться над матрицей в целом, группой пикселей или над каждым пикселем отдельно.

Несмотря на простоту, метод попиксельных преобразований позволяет решить довольно много прикладных задач улучшения качества и анализа изображений.

*Линейное контрастирование.* Начальные изображения часто мало контрастны, то есть у них вариации функции яркости малы по сравнению с ее средним значением. Реальный динамический диапазон яркостей для таких изображений оказывается намного меньшим допустимого диапазона. Задача контрастирования состоит в «растягивании» реального динамического диапазона на всю шкалу.

*Бинаризация.* Некоторые задачи обработки изображения связаны с преобразованием полутонового изображения в бинарное. При таком преобразовании среднее значение яркости каждого пикселя сравнивается с заданным порогом. В результате сравнения формируется двоичная маска.

*Препарирование.* Широкий класс процедур обработки изображений состоит в их препарировании, то есть в приведении к такому виду, который иногда довольно далек от естественного, но удобный для визуальной интерпретации или дальнейшего машинного анализа.

Многие операции препарирования могут осуществляться с помощью поэлементных преобразований специальных видов.

Очевидным обобщением предельной обработки является *преобразование яркостного среза*. Оно позволяет выделить определенный интервал диапазона яркостей входного изображения.

*Контрастное масштабирование* или совпадает по смыслу с линейным контрастированием, или связано с обращением функции яркости, то есть получением «негатива».

*Обработка изображений скользящим окном.* При этом в окно попадает небольшой фрагмент изображения. При перемещении окна фрагмент меняется. Постепенно окно сканирует все поле изображения. Все пиксели, которые попадают в окно, обрабатываются по некоторым правилам. Результатом

обработки является пиксель исходного изображения, который обычно отвечает центру окна.

*Использование математической морфологии.* Математическая морфология является анализом изображения с точки зрения его формы. Работа алгоритмов, основанных на применении данного подхода, связана с выполнением над изображением ряда преобразований, которые меняют форму объектов, содержащихся на изображении.

*Выделение контуров.* Контуром изображения называют совокупность его пикселей, на границе которых наблюдается скачкообразное изменение функции яркости. Поскольку при цифровой обработке изображение представлено как функция целочисленных аргументов, контуры представляются линиями, шириной, как минимум, в один пиксель.

Метод активных контуров используется во многих приложениях, особенно для выявления границ объекта. Он базируется на вариационных вычислениях для минимизации функционала. Для преодоления проблем, связанных с методом, был предложен альтернативный метод, так называемое дискретное динамическое программирование. Такой подход напоминает метод генетического алгоритма, когда экстремум функции ищется по всему полю аргументов одновременно многими действующими элементами.

*Метод активных контуров без предыдущего выделения границ.* Данный метод похож на метод активных контуров, его отличие заключается в том, что он не требует предварительного выделения границ объекта. Для этой модели определения объектов на изображении необязательно, чтобы их границы были определены градиентом. Начальная кривая может быть в любом месте изображения. Развитие и направление этой кривой связаны с сегментацией изображения. При развитии кривая останавливается на желательной границе объекта.

Одним из преимуществ этого метода является то, что начальное изображение не нужно сглаживать. С помощью данного метода внутренние контуры определяются с помощью только одной начальной кривой. Ее позиция может быть выбрана произвольно, в любом месте изображения. Кроме того, эта кривая не обязательно должна окружать объект.

*Детектор границ Сэнну.* Метод исходит из трех критериев, которым должен удовлетворять детектор границ: хорошее выявление, хорошая локализация; один отклик на одну границу. Из этих критериев потом строится целевая функция стоимости ошибок, минимизацией которой находится «оптимальный» линейный оператор для свертки изображения.

*Статистические и вероятностные методы.* При выделении контуров полутоновых изображений широкое применение получили методы, основанные на разного рода статистических и вероятностных моделях, робастные при наличии ошибок, вызванных зашумленностью изображений, квантованием функции яркости по ее аргументам и значениям.

*Методы теории графов.* В качестве начальной информации для этого метода может быть некоторым образом полученный массив чисел, ставящих в соответствие каждой точке изображения вероятность принадлежности ее

контурному изображению.

*Методы фильтрации.* Влияние шумов и препятствий можно уменьшить применением линейной фильтрации в случае флуктуационных шумов и ранговой обработки при наличии разрозненных импульсных препятствий.

*Градиентный метод (метод производных).* В практических задачах нужно выделить контуры, направление которых произвольно. Для этих целей можно использовать модуль градиента функции яркости, который пропорционален максимальной (по направлению) скорости изменения функции яркости в данной точке и не зависит от направления контура.

Для цифровых изображений аналогами частных производных и модуля градиента являются функции, содержащие дискретные различия. Для подчеркивания перепадов яркости изображения можно использовать и вторые производные. Для этого используется двухмерный дифференциальный оператор Лапласа. В качестве недостатка использования такого оператора можно отметить, что в отличие от градиента, лапласиан – скалярная, а не векторная величина, и следовательно, с его помощью нельзя получить направление границы.

В любом случае перечисленные методы выделения контуров относятся к отдельным изображениям и не учитывают временную составляющую движения, содержащуюся в видеопотоках.

Немаловажную роль при такой обработке информации играет обеспечение представления последней в виде, удобном для последующего использования. Но главной проблемой являются не столько характеристики сжатия, сколько возможности сравнения видеопотоков в сжатом виде.

От алгоритмов выявления и анализа движения обычно требуется стойкость работы в широком диапазоне внешних условий. В общем случае требования к подобным алгоритмам выглядят таким образом: низкая вычислительная сложность и работа в реальном времени, устойчивое достижение цели при разных особенностях отдельных изображений (кадров). Существует ряд типичных преобразований, которым подвергается видеопоток с целью удовлетворения перечисленных требований.

Часто первым шагом к решению этих задач является выделение переднего плана. Методы вычитания фона строят модель заднего плана сцены и на каждом кадре делают попиксельное сравнение текущего значения в каждом пикселе с моделью и, согласно результатам сравнения, принимают решение, принадлежит пиксель к заднему плану или к переднему.

Несмотря на преимущества, существует ряд проблем, которые делают этот алгоритм практически непригодным на практике: изменения заднего плана, изменение освещения, движущиеся тени, динамический задний план, шум камеры, и т.п.

Решают проблему различные алгоритмы, основанные на вероятностных моделях.

В современных методах сжатия видеопотоков большую роль приобретают технологии преодоления так называемой временной избыточности, которая возникает из-за того, что при видеозахвате с частотой 25 – 30 кадров в секунду

информация, попадающая в последовательность сопредельных кадров, связана стохастическими функциональными зависимостями.

Для сжатия видеопотоков используют, в основном, алгоритмы компрессии с потерями, когда часть информации безвозвратно теряется. При этом качество субъективного восприятия восстановленного потом изображения может и не ухудшиться благодаря некоторым особенностям человеческого зрения.

В метрологии сжатые с целью измерения изображения не восстанавливаются, а используются в виде свертки.

Поэтому методы сжатия/восстановления, которые жертвуют временем на сжатие ради быстрого восстановления, в данном случае не имеют преимущества.

Взамен этому предложено так называемое параболическое преобразование медленных видеопотоков, которое одновременно учитывает изменение изображения в пространстве и времени и состоит в попиксельной обработке двух кадров потока согласно параболическому закону распределения фазовой переменной, и доказано утверждение о том, что на границах подвижных участков изображения с постоянной на каждом участке, но разной между участками яркостью, в результате параболического преобразования создается белая линия толщиной в один пиксель на общем черном фоне полученного кадра.

#### Литература.

1. Становский П.А. Параболическое преобразование полноцветного видеопотока от тепловизора / П.А. Становский, Л.В. Бовнегра, Ю.В. Шихирева // Праці Одеського політехнічного університету, 2012. – Вип. 2(39). – С. 67 – 71.
2. Шихирева, Ю.В. Особенности проектирования и управления процессами нагрева твердеющего железобетона внутренними источниками тепла / Ю.В. Шихирева, Г.А. Оборский, О.С. Савельева // Восточно-европейский журнал передовых технологий. Информационные технологии. – Харьков, 2014. – № 2/5 (68). – С. 20 – 24.
3. Оборский, Г.А. Экспресс-метод оценки изменений в интегральной температуре элементов электронной аппаратуры с помощью инфракрасного видеопотока от их поверхности / Г.А. Оборский, О.С. Савельева, Ю.В. Шихирева // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2014. – № 1. – С.
4. Оборский, Г.А. Измерение параметров внутренних тепловых процессов по инфракрасным видеопотокам от поверхности детали / Г.А. Оборский, В.М. Рязанцев, Ю.В. Шихирева // Сучасні технології в машинобудуванні: збірник наукових праць. – Вип. 8. – Харків, НТУ «ХП», 2013. – С. 124 – 132.
5. Бовнегра Л.В. Оценка состояния режущего инструмента с помощью параболического преобразования видеопотока со сходящей стружки / Л.В. Бовнегра, П.А. Становский, Ю.В. Шихирева // Сучасні технології в машинобудуванні: збірник наукових праць. – Вип. 7. – Харків, НТУ «ХП», 2012. – С. 8 – 17.
6. Становский П.А. Автоматизированный мониторинг протекания технологических процессов с помощью низкочастотных видеопотоков / П.А. Становский, Л.В. Бовнегра, Ю.В. Шихирева // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – Вип. 25. – Частина II. – С. 70 – 74.
7. Бовнегра Л.В. Метод оценки износа режущего инструмента с помощью параболического преобразования видеопотока со сходящей стружки / Л.В. Бовнегра, Ю.В. Шихирева, Т.И. Носенко // Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.С.Пухова. – 2012. – Вип.65. – С. 60–67.

8. Становська Т.П. Инфракрасный метод измерения тепловых параметров затвердевания бетона // Т.П. Становська, М.А. Духанина, Ю.В. Шихирева // Холодильна техніка і технологія. – 2013. – № 2(142). – С. 112 – 115.

9. Оборский Г.А. Метод измерения тепловых параметров затвердевания бетона по инфракрасным видеопотокам от поверхности детали / Г.А. Оборский, Л.В. Бовнегра, Ю.В. Шихирева, М.А. Духанина // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві: збірник наукових праць. – Одеса: АО Бахва, 2013 – Вип. 1(2). – С. 33 – 40.