

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЛОЩАДИ ПЛОСКИХ ФИГУР

Г.В. Сероклинов, Д.А. Хайдуков

В статье рассмотрены основные положения обработки изображений плоских фигур при оценке площади этих фигур. Представлены методы сегментации фигур и подробно раскрыт метод определения контуров объектов на основе обнаружения разрывов яркости. Данный метод заложен в алгоритм программы оценки площади плоских фигур Arealmage.

Ключевые слова: оценка площади, сегментация, обработка изображений, обнаружение контуров.

В настоящее время существует большое число областей науки и техники, где требуется определять площадь какой-либо плоской фигуры, отдельного изображения или их совокупности. Одной из таких задач является измерение площади пятен при оценке влагосвязывающей способности мясного сырья методом прессования. При этом методе навеска мясного фарша, расположенная на фильтровальной бумаге, подвергается воздействию груза массой 1 кг в результате чего на фильтровальной бумаге образуется плоская фигура (рисунок 1), состоящая из двух замкнутых контуров. Первый контур собственно спрессованная навеска мясного фарша и второй контур, окаймляющий первый, след оставленный на фильтровальной бумаге выделившейся под действием сдавливания навески свободной влаги. Для оценки влагосвязывающей способности необходимо знать площадь фигуры, которую представляет след оставленный на фильтровальной бумаге выделившейся свободной влагой [1].

$$M_{\text{св}} = 8,4 * S_{\text{св}},$$

где $M_{\text{св}}$ – масса свободной влаги (мг), $S_{\text{св}}$ – площадь следа от свободной влаги на фильтровальной бумаге (см²).

На рисунке 1 присутствуют две фигуры ограниченные двумя контурами: более светлая фигура ограниченная внешним контуром, и расположенная на ней более темная фигура, ограниченная внутренним контуром. Задача заключается в определении площади этих фигур. Естественно, что для этого необходимо сначала обозначить их границы.

Если для человека это не представляет особого труда, то при машинной (компьютерной) обработке, где изображения представляются в цифровом виде, определение замк-

нутых контуров (границ) объектов на изображении является достаточно сложной задачей.

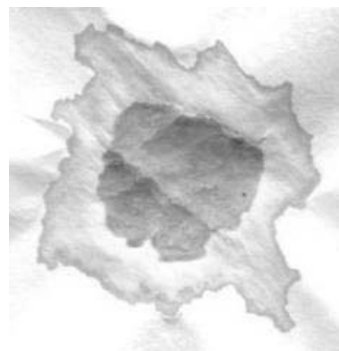


Рисунок 1 - Исходное изображение для оценки площади плоской фигуры

При цифровой обработке изображений эта задача относится к разделу сегментации изображений — подразделению изображения на составляющие его области или объекты и представляет собой одну из самых сложных задач обработки изображений.

Существуют различные методы сегментации изображений: определение контуров объектов на основе обнаружения разрывов яркости, анализ с помощью методов теории графов, пороговая обработка, выращивание областей, разделение и слияние областей, сегментация по морфологическим водоразделам, цветовая сегментация и др. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. Метод выращивания областей основан на процедуре, которая группирует пиксели или подобласти в более крупные области по заранее заданным критериям. Подходы, использующие методы теории графов, основаны на представлении отрезков контуров в виде графа и поиске на этом графе путей, соответствующих значимым контурам [2].

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЛОЩАДИ ПЛОСКИХ ФИГУР

Из всех методов сегментации следует выделить подход, основанный на идее так называемых морфологических водоразделов. Сегментация по водоразделам включает в себе многие концепции из других подходов и часто приводит к получению более стабильных результатов сегментации, в том числе к непрерывным границам выделяемых областей, что важно при определении площадей. Однако эффективная компьютерная реализация этого подхода является довольно сложной задачей. Выбор же того или иного метода сегментации диктуется по большей части специфическими особенностями рассматриваемой области.

В настоящее время наибольшее распространение получил метод определения контуров объектов на основе обнаружения разрывов яркости. При использовании этого метода алгоритмы сегментации изображений основываются на одном из двух базовых свойств сигнала яркости: разрывности и однородности. В первом случае подход состоит в разбиении изображения на основании резких изменений сигнала яркости, таких как перепады яркости на изображении.

Обнаружение перепадов яркости на полутоновом изображении лежит в основе обнаружения контуров. Перепад яркости можно определить как связанное множество пикселей (точек изображения), лежащих на границе между двумя областями. Идеальный перепад обладает свойствами модели, показанной на рисунке 2, а.

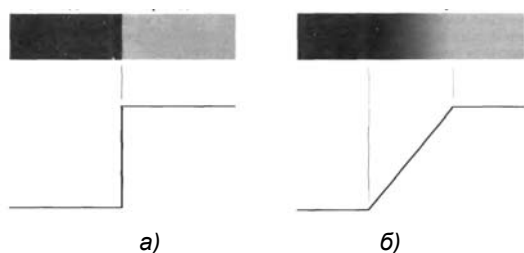


Рисунок 2 - Модели перепада яркости на границе между двумя областями полутонового изображения (а — идеального, б — реального)

В соответствии с этой моделью, идеальный контурный перепад — это множество соединенных пикселей (в данном случае по вертикали), каждый из которых расположен рядом с прямоугольным скачком яркости, как показывает горизонтальный профиль на рисунке. При идеальных контурных перепадах

определение границ объектов не представляет сложности.

На практике же реальные изображения в основном имеют размытые перепады яркости (рисунок 1). В результате перепады яркости более точно моделируются наклонным профилем, показанном на рисунке 2, б. Крутизна наклонного участка обратно пропорциональна степени расфокусировки перепада. И это является проблемой при определении границ объектов. В такой модели нет тонкой траектории (шириной в один пиксель). Здесь точкой перепада яркости является любая точка, лежащая на наклонном участке профиля, а сам перепад представляет собой связанное множество, образованное всеми такими точками. «Ширина» такого перепада определяется длиной наклонного участка, на котором осуществляется переход от начальной яркости к конечной. Эта длина зависит от крутизны участка, которая, в свою очередь, определяется степенью расфокусировки перепада. Размытые перепады выглядят широкими, а резкие перепады — тонкими.

Если цифровое изображение рассматривать как двумерную функцию $f(x, y)$, где x и y — координаты на плоскости, а значение функции в любой точке есть яркость, то для обнаружения наличия перепада яркости в каждой точке изображения можно использовать значение первой производной $f'(x, y)$. Свойства первой производной таковы, что она будет иметь постоянное положительное значение на протяжении склона (рисунок 2б) и равняться нулю в областях постоянства яркости. Для вычисления же первой производной цифрового изображения можно использовать различные дискретные приближения двумерного градиента. Однако данный подход пригоден для обнаружения контуров только полутоновых изображений.

При работе с цветными изображениями в цифровой форме используют цветовую модель. Как правило, это модель RGB, где цвет каждой точки представляется в виде интенсивностей красной, зеленой и синей составляющей спектра, т. е. значение пикселя представляет собой вектор, для которого операция взятия градиента не определена. Но для нахождения контуров на цветном изображении вполне приемлемые результаты дает подход, когда вычисляются градиенты каждой отдельной цветовой компоненты изображения, которые можно рассматривать как полутоновые изображения. Затем полученные градиенты суммируются, и формируется окончательный результат.

В идеале метод выявления контуров на основе обнаружения перепадов яркости должен выделять в изображении только пиксели, лежащие на контурах. На практике это множество пикселей редко отображает контур достаточно точно по причине шумов, разрывов контуров и прочих эффектов. Поэтому алгоритмы обнаружения контуров желательно дополнять процедурами связывания, чтобы сформировать из множества контурных точек содержательные контуры. Одним из таких подходов является анализ с помощью преобразования Хафа, в котором точки связываются друг с другом путем предварительного выяснения, лежат ли они на некоторой кривой заданной формы. Другой способ заключается в локальной обработке: все точки в некоторой области, являющиеся сходными в соответствии с некоторыми заранее заданными критериями, связываются и образуют контур, состоящий из пикселей, отвечающих этим критериям.

Описанный выше подход, основанный на обработке каждой отдельной цветовой компоненты, для обнаружения контуров объектов на цветных изображениях был реализован в программном продукте «Arealmage». Данная программа предназначена для определения на цветном изображении со слабо контрастной границей площадей произвольных фигур. Программа написана в среде Java и работает с изображениями, полученными после сканирования объекта измерений в формате bmp. Программа «Arealmage» обеспечивает загрузку изображений и сохранение полученных результатов, определяет контура на изображении, образующие границы фигур, выделяет связанные области на изображении, ограниченные обнаруженными контурами, подсчитывает количества точек, входящих в связную компоненту, и вычисляет площадь, занимаемую этой связной компонентой при заданном значении DPI.

На рисунке 3 приведен внешний вид главного окна программы «Arealmage». Окно представляет рабочую область, которая располагается в центре, элементы управления, и индикации, расположенные вокруг рабочей области.

Основными элементами управления являются команды меню и кнопки, расположенные в правой части окна. Работа с программой осуществляется следующим образом. По команде меню производится загрузка изображения, которое появляется в рабочей области окна. Затем на изображении выделяется фрагмент, на котором расположены фигу-

ры, площадь которых необходимо определить.

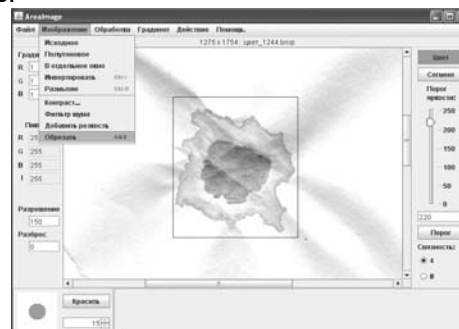


Рисунок 3 – Внешний вид главного окна «Arealmage»

Используя команду меню «Градиент», определяются границы фигур, после чего производится цветовая сегментация этих фигур и оценка их площади. На рисунке 4 приведен внешний вид главного окна с градиентным изображением исследуемых фигур.

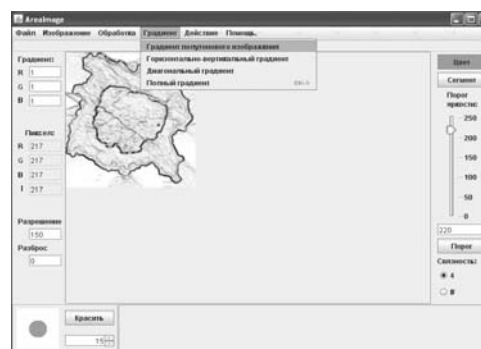


Рисунок 4 – Внешний вид главного окна с градиентным изображением

Внешний вид главного окна после цветовой сегментации фигур и устранения помех, приведен на рисунке 5

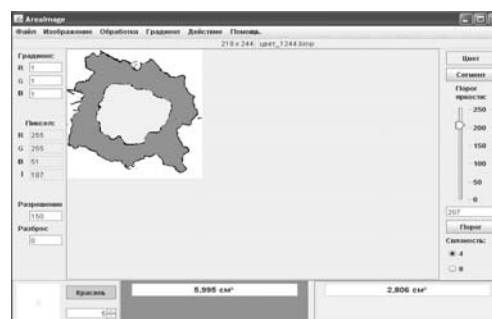


Рисунок 5 – Внешний вид главного окна после цветовой сегментации и устранения помех

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОЦЕНКЕ ПЛОЩАДИ ПЛОСКИХ ФИГУР

Как видно из представленных материалов, программа Arealmage позволяет получить вполне приемлемый результат сегментации изображения, т.е. выделить на исходном изображении интересующие нас фигуры. Площадь областей в данной программе вычисляется как произведение количества пикселей в данной связной области (сегменте) на площадь одного пикселя. В свою очередь площадь одного пикселя вычисляется в зависимости от указанного в программе DPI — количества точек на линейный дюйм. Погрешность оценки площади в программе Arealmage в основном зависит от DPI, при котором было получено изображение, и составляет менее 2%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антипова, Л.В. Методы исследования мяса и мясных продуктов. / Л.В. Антипова, И.А. Глотова, И.А. Рогов // М.: «Колос», 2001, - 570 с.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс // Москва: Техносфера, 2006 — 1072 с.

Сероклинов Г.В., к.т.н., ст. научн. сотрудник, Сибирский физико-технический институт аграрных проблем СО Россельхозакадемии (СибФТИ СО Россельхозакадемии), E-mail: seroklinov@mail.ru

Хайдуков Д.С., магистрант, Новосибирский государственный технический университет.