

FATYCHOV Juri Adgamovich¹⁾, AGEEV Oleg Viatcheslavovich¹⁾, DUTKIEWICZ Daniel²⁾¹⁾ Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia²⁾ Technical University of Koszalin, Koszalin. Poland

Оптикоэлектронная система для измерения морфометрических параметров рыбы прямым методом

Резюме

Рассмотрены перспективы применения прямого метода для измерения основных морфометрических параметров рыбы. Показана необходимость создания оптикоэлектронной системы для измерения длины, высоты и ширины рыбы. Проанализированы пути создания математического обеспечения оптикоэлектронной системы, рассмотрены технические средства для её построения.

Ключевые слова: прямой метод, морфометрические параметры, оптикоэлектронная система, лазерный сканер.

System optoelektroniczny do pomiarów parametrów morfometrycznych ryb metodą bezpośrednią

Streszczenie

W pracy przedstawiono możliwości zastosowania metody bezpośredniego pomiaru podstawowych parametrów ryb dla potrzeb sterowania maszynową obróbką ryb. Uzasadniono celowość zbudowania układu optoelektronicznego dla pomiaru długości, wysokości i szerokości ryb. Przeanalizowano drogi stworzenia matematycznych podstaw układu optoelektronicznego i rozpatrzono środki techniczne do jego budowy.

Słowa kluczowe: metoda bezpośrednia, parametry morfometryczne, system optoelektroniczny, skaner laserowy

Optoelectronic system for measuring parameters morphometric of fish by a direct method

Summary

The paper presents the applicability of the method of direct measurement of the basic parameters of fish for the fish processing machine control. It has been justified the purposefulness of building a system for optoelectronic measuring of the length, height and width of fish. The ways to create the mathematical basis of optoelectronic system were analyzed and dealt with the technical means for its construction.

Key words: direct method, morphometric parameters, optoelectronic system, laser scanner.

В настоящее время при первичной обработке рыбы требуется рациональное использование сырья. Это достигается за счет следующих мероприятий: обеспечения экономичности отсекающей головы, хвоста и вырезания костей; точного выставления тушек на позиции обработки; повышения производительности разделочно - филетировочных машин; обеспечения точного измерения параметров тушек; расширения универсальности машин с точки зрения видового состава и размерных диапазонов обрабатываемых рыб (1).

В частности, при производстве тушки обезглавленной и ряда других продуктов базовой технологической операцией является отсекание головы у рыбы. При этом, для точной настройки режущих рабочих органов у каждого экземпляра рыбы должна точно определяться длина головы по краю жаберной крышки. По результатам каждого измерения должна выполняться автоматическая настройка режущих рабочих органов в реальном масштабе времени. Эффективное решение вышеперечисленных задач предполагает автоматическое измерение морфометрических

параметров рыбы прямым методом. Данный метод осуществляется средствами, встроенными в технологическое оборудование, а его результаты используются для непосредственного воздействия на технологический процесс с целью обеспечения заданного качества продукции. Устройство, основанное на прямом методе, свободно от недостатков косвенного метода измерения и позволяет осуществлять управление или регулирование производственного процесса, высвобождая оператора от ручного выполнения этих функций.

Важным условием целесообразности и высокой эффективности прямого метода является увеличение точности средства измерения по сравнению с точностью технологического средства – в данном случае, механической системы рабочих органов. Это обусловлено тем, что с наличием средства измерения, значительно превосходящего по точности средство изготовления, становится очевидным преимущество по точности последнего по сравнению с прежними моделями. Таким образом, соединение средства измерения с технологическим оборудованием приближает

точность процесса обработки получаемого изделия к точности средства контроля.

Известные рыборазделочные машины (Baader 182, Baader 234, VMK 18, Fillestar DLF-83A и др.) содержат механические контактные устройства для автоматической настройки рабочих органов. Эти устройства включают приспособление для измерения высоты тушки в виде контактного щупа или планки, механический вычислительный блок для расчёта параметров частей тела, исполнительный блок для настройки рабочих органов. Устройства позволяют измерять толщину рыбы контактным способом, рассчитывать длину головы косвенным методом, осуществлять настройку рабочих органов на экономичный рез путем перемещения кассеты с рыбой или дисковых ножей (2; 4).

Существенным недостатком таких устройств является применение контактного измерительного органа. Это существенно снижает точность настройки рабочих органов вследствие различной консистенции сырья, так как механический щуп неизбежно продавливает ткань рыбы. В устройствах отсутствует запоминающий блок для записи измеряемых параметров тушки и программ обработки, что не позволяет хранить несколько программ для различных видов рыб и записывать результаты измерений для повторного использования. Кроме того, отсутствие запоминания измеренных параметров не позволяет во время обработки одного экземпляра рыбы производить измерение толщины следующего экземпляра, вследствие чего нельзя изменить скорость движения рыбы в устройстве. Также в устройствах нет возможности оперативной подрегулировки параметров обработки рыбы для различных партий рыбы.

Как показывает проведенный анализ (5), для устранения вышеперечисленных недостатков и полноценной реализации возможностей активного контроля необходима разработка оптоэлектронной системы, в которой измерение параметров рыбы должно осуществляться прямым методом без контакта с сырьем.

Вышеуказанную систему в рыборазделочной технике возможно применить по следующим двум направлениям:

- автоматическое определение размеров и формы движущихся по конвейеру тушек рыбы или филейчиков с помощью трехмерного лазерного сканирования или видеокамеры;
- выявление количества и расположения остаточных костей в рыбном филе за счёт двумерного сканирования с помощью видеокамеры и источника ультрафиолетовых лучей.

Оптоэлектронные системы являются разновидностью систем технического зрения и отличаются большой информативностью, сообщая системе управления разделочно-филетировочного оборудования информацию о свойствах объекта обработки и среды действия рабочих органов посредством преобразования, анализа и обработки видеоинформации с помощью ЭВМ.

Приёмниками и первичными преобразователями графической информации в оптоэлектронных системах могут служить телекамеры на базе видеокон

твердотельные преобразователи в виде приборов с зарядовой связью (ПЗС-видеокамеры). Кроме того, в разделочно-филетировочном оборудовании могут применяться ПЗС-линейки, фотоматричные преобразователи, диссекторы и так далее.

В ранних видах систем технического зрения применялись телевизионные камеры на базе вакуумных приборов, которые работали в полном телевизионном формате. В связи с тем, что такие телекамеры имеют малое быстродействие из-за последовательного способа передачи видеосигнала, возможности их применения в разделочно-филетировочном оборудовании существенно ограничены, поэтому приборы данного типа в настоящее время практически не используются.

Более высоким быстродействием обладают фотодиодные матрицы за счёт параллельного способа считывания информации с элементов матрицы. Однако эти приборы также не получили распространения в связи с ограниченным числом элементов дискретизации порядка 4096.

Более широко используются ПЗС-видеокамеры, которые характеризуются малыми габаритами, высоким быстродействием, большим количеством элементов дискретизации. Данные приборы не лишены недостатка – ограничен динамический диапазон преобразования свет-сигнал. В большинстве случаев видеодатчик оптоэлектронной системы в разделочно-филетировочном оборудовании закреплён в фиксированном положении, а объект обработки перемещается в его поле зрения.

С помощью оптоэлектронной системы возможно обнаруживать, распознавать и идентифицировать рыбные объекты, определять их местоположение и координаты. Таким образом, функции системы могут быть следующими:

- распознающими;
- обзорно-информационными;
- измерительными.

Распознающие и измерительные системы могут применяться в разделочно-филетировочном оборудовании при автоматической настройке рабочих органов, операциях контроля качества, классификации и сортировке объектов обработки. Измерительные системы, наряду с этим, позволяют определять расстояние до объекта, преобразовывать координаты, определять ориентацию и так далее.

Обзорно-информационные системы получили распространение преимущественно в промышленных работах для организации технологического процесса, обнаружения преград, организации визуальной обратной связи. Вместе с тем, распознающие, измерительные и обзорно-информационные функции технического зрения совмещаются в адаптивных устройствах для порционирования и доработки рыбного филе.

Операции по формированию, анализу и идентификации объекта обработки осуществляются в ЭВМ. Изображение формируется в памяти ЭВМ в виде матриц отсчётов градаций яркости на рассматриваемой сцене. На этапе формирования изображение подвергается обработке

для повышения качества (сглаживанию, фильтрации, повышению контрастности и так далее).

При анализе изображения используются описания двумерных объектов. При этом применяются различные процедуры сегментации изображения, среди которых наиболее часто встречаются алгоритмы выделения контуров (на основе пространственного дифференцирования, сравнения градиентов с порогом, свертки и так далее), и алгоритмы расширения областей.

При идентификации изображения применяются объединение результатов анализа описаний и признаков объектов. Символьное описание включает информацию о виде, положении и ориентации объекта в поле зрения видеокamеры, которая используется для сопоставления изображения с эталонами, хранящимися в памяти ЭВМ. В целом задача идентификации заключается в распознавании объекта по совокупности характерных признаков.

Как показывает практика, измерение формы тела рыбы длиной от 25 до 100 мм производится с точностью ± 3 мм при скорости её движения по конвейеру $1,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. При выполнении трехмерного лазерного сканирования фотовидеоизображение тушки передается в компьютер с целью распознавания контура и точек ориентирования. Цифровая информация о форме и размерах тушки может быть использована для настройки режущих инструментов при разделывании и филетировании, а также при сортировке рыбы по размерам и массе.

Видеосканирование филейчиков перед порционированием позволяет оценить форму каждого экземпляра и рассчитать оптимальные параметры резания (масса, форма и количество кусочков) в соответствии с программами, хранящимися в памяти компьютера. Компьютер может определять наличие кровяных пятен, включений жира в филе для последующего их вырезания, обеспечивать подрезание филе с последующим порционированием по массе кусочка или его форме. Так, например, построена адаптивная порционирующая машина IMP 3 LaserEye фирмы Marek (Исландия).

Выявление остаточных костей в филе производится за счёт флуоресценции костных включений под воздействием ультрафиолетовых лучей. Видеокamera дает точную картину расположения остаточных костей в мясе филе. Графический процессор распознает дефектные филейчики, которые автоматически отводятся на участок инспекции для последующей доработки. Качественное филе перемещается на весосортировочные и порционирующие машины. Все операции сопровождаются автоматическим взвешиванием с выдачей статистической информации на контрольный дисплей оператора. Метод флуоресцентного выявления костей в рыбном филе подтвержден исследованиями фирмы Lumetech (Дания).

Оптикоэлектронная система может использоваться для распознавания отдельных частей тела рыбы. Например, рыба основных промысловых видов характеризуется тем, что жаберная щель выделяется значительно меньшей интенсивностью излучения отраженного света

на фоне приголовной части. Этот признак позволяет определить очертания жаберной крышки и границу головы для расчёта координат плоскости экономичного реза.

Формально получение фотоизображения заключается в определении функциональной зависимости интенсивности излучения от координат точек изображения:

$$J = f(x, y) \quad (1)$$

Фотоизображение приголовной части тела рыбы представляется в цифровой форме путем дискретизации значений интенсивности излучения (яркости) в каждой точке фотоизображения. Дискретизация ведется в пространстве по геометрическим координатам и по значению интенсивности излучения. Результатом дискретизации по полю изображения является дискретное изображение – функция $g(m, n)$, значения которой совпадают со значениями $f(x, y)$ в точках:

$$x = x_0 + \Delta x m; y = y_0 + \Delta y n \quad (2)$$

где $m = 0, 1, 2, \dots, M-1$; $n = 0, 1, 2, \dots, N-1$.

В связи с тем, что на этапе формирования фотоизображения приголовной части вносятся аппаратные шумы, применяется пороговая фильтрация шумов. При этом последовательно анализируется цифровое представление яркости всех элементов изображения $f(x, y)$ и если яркость элемента анализируемой группы из $N \times N$ элементов превышает среднюю яркость группы

$$G = \frac{\sum_{k=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} \sum_{i=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} f_{i+k} \cdot f_{j+k}}{N^2} \quad (3)$$

на заданное пороговое значение, то его яркость заменяется на среднюю яркость группы G . Обычно N принимается равным 3 или 5.

Выделение контуров головы и жаберной крышки основано на дифференциальном алгоритме. Контур жаберной щели и контур головы рыбы соответствуют максимумам нормы градиента функции изображения $f(x, y)$. Поиск градиента связан с определением производных функции $f(x, y)$. Границы могут быть определены методом поиска максимума функции при помощи оператора Робертса (10). При этом схема приближенного вычисления нормы градиента дискретного изображения $g(m, n)$ сводится к следующему виду:

$$G(m, n) = \sqrt{(g(m, n) - g(m+1, n+1))^2 + (g(m+1, n) - g(m, n+1))^2} \quad (4)$$

где $G(m, n)$, – норма градиента функции $g(m, n)$.

Применение бесконтактного триангуляционного оптического датчика в виде лазерного сканера позволяет измерять высоту тушки вне зависимости от консистенции сырья. Применение лазера с высокой интенсивностью луча позволяет уверенно измерять

высоту тушки в условиях водяного тумана и загрязнения рабочей зоны. Наличие пневматического сопла для очистки линзы лазерного сканера обеспечивает надежную работу излучающей и фотоприёмной частей сканера и защиту от загрязнения рыбной чешуей, слизью и частицами кожного покрова. Кроме того, лазерный сканер позволяет измерять другой параметр тела рыбы (длину и толщину) в зависимости от ориентации рыбы при изменении технологической схемы движения тушек.

Промышленные исследования показывают, что погрешность измерения параметров тела рыбы фотоэлектронным способом составляет не более $\pm 0,5$ мм. В основу работы лазерного сканера положен принцип оптической триангуляции. Для измерения параметра тела рыбы подходит, например, промышленный лазерный сканер. Данная модель применяется в технологическом оборудовании для бесконтактной лазерной локации и измерения профиля поверхности, положения, перемещения, размеров, распознавания объектов.

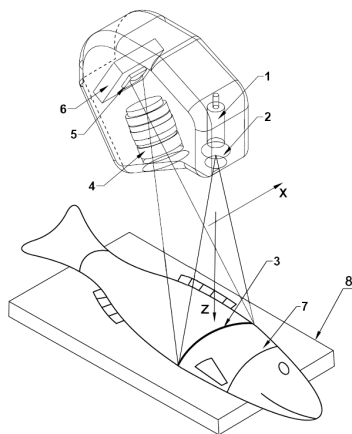


Рис. 1. Схема лазерной локации тушки рыбы и измерения её высоты промышленным сканером

Rys. 1. Schemat pomiaru wysokości ryb przy pomocy przemysłowego lasera

Fig. 1. Scheme of measurement of fish by means of an industrial laser

На рис. 1 показана схема лазерной локации тушки рыбы и измерения её высоты сканером. Излучение полупроводникового лазера 1 формируется объективом 2 в виде линии 3 и проецируется на тушку 7, расположенную на светопоглощающей подложке 8. Рассеянное на рыбе излучение объективом 4 собирается на двумерной КМОП-матрице 5. Полученное изображение контура тушки анализируется графическим процессором 6, который рассчитывает расстояние до рыбы (координата Z) для каждой из множества точек вдоль лазерной линии на тушке (координата X).

Данные от сканера (результаты измерений) могут быть получены по последовательному интерфейсу и/или на аналоговом выходе. При использовании интерфейса стандарта RS485 или USB к одному устройству сбора информации можно подключить несколько

датчиков (сетевой вариант использования). Характер работы сканера определяют его конфигурационные параметры, изменение которых производится передачей команд через последовательный порт.

Предложенный подход создает практическую основу для построения оптикоэлектронной системы на базе современных средств мехатроники. Это позволит повысить эффективность разделочно-филетировочной техники и увеличить выход готового продукта. Разработка оптикоэлектронной системы для измерения морфометрических параметров сырья является одним из этапов проектирования нового мехатронного оборудования для разделявания и филетирования рыбы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фатыхов Ю.А. Разработка мехатронного комплекса для обработки рыбного филе / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев, В.М. Евтропков, А.З. Мацонко // РЫБПРОМ.– 2010. - № 4/2010. – С. 73-78.
2. Фатыхов Ю.А. Перспективы разработки мехатронных комплексов для первичной обработки рыбы / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев, В.М. Евтропков, А.З. Мацонко // Известия КГТУ – 2010. – № 18. – С. 11-17.
3. Фатыхов Ю.А. Предпроектные исследования разделочно-филетировочного оборудования методами САПР (часть 1. Подход к комплексному прогнозированию основных параметров разделочно-филетировочного оборудования) / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев, А.З. Мацонко // Научный журнал КубГАУ [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2010. – №55(01). – Шифр Информрегистра: 0421000012\0004. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2010/01/pdf/15.pdf>.
4. Фатыхов Ю.А. Подход к разработке мехатронного устройства для порционирования филе / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев, А.З. Мацонко, В.М. Евтропков // Инновации в науке и образовании – 2010: VIII Международная научная конференция, посвященная 80-летию университета: труды. – В 3-х частях. – Калининград, ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. – Часть 2. – С. 157-160.
5. Фатыхов Ю.А. Основы автоматизированного проектирования технических систем в пищевой инженерии: учеб. пособие/ Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев, В.М. Евтропков, А.З. Мацонко. – Калининград: ФГОУ ВПО «КГТУ», 2010. – 124 с.
6. Фатыхов Ю.А. Подход к разработке мехатронного устройства для порционирования филе / Ю.А. Фатыхов, О.В. Агеев, А.З. Мацонко, В.М. Евтропков // Инновации в науке и образовании – 2011: IX Международная научная конференция – Калининград, ФГОУ ВПО «КГТУ», 2011. – Часть 1. – С. 310-313.

Juri Adgamovich Fatychov

Kaliningrad State Technical University, Russian Federation,
Food and Refrigeration Machines Department;
e-mail: elina@klgtu.ru ; sergs53@yandex.ru