

6. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи аналізування вологості насіння. – К. : Держспоживстандарт, 2003. – С. 16–17.

DSTU 4138-2002 (2003), *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody analizuvannia volohosti nasinnia*, Derzhspozhyvstandart, Kyiv, pp. 16-17.

7. ДСТУ 2240-1993. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. – К. : Держспоживстандарт, 1994. – С. 2–10.

DSTU 2240-1993 (1994), *Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Sortovi ta posivni yakosti*, Derzhspozhyvstandart, Kyiv, pp. 16-17.

8. Красников В. В. Кондуктивная сушка / В. В. Красников. – М. : Энергия, 1973. – 288 с.

Krasnykov, V. (1973), *Conductive Drying [Konduktivnaia sushka]*, Moscow, Energy, 288 p.

Пазюк Вадим Михайлович, канд. техн. наук, ст. наук. співроб., відділ ТМПТ Інституту технічної теплофізики НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України. Адреса: вул. Булаховського, 2, м. Київ, Україна, 03164. Тел.: (044)424-96-38; e-mail: vadim_pazuk@ukr.net.

Пазюк Вадим Михайлович, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., отдел ТМПТ Института технической теплофизики НАН Украины, Институт технической теплофизики НАН Украины. Адрес: ул. Булаховского, 2, Киев, Украина, 03164. Тел.: (044)424-96-38; e-mail: vadim_pazuk@ukr.net.

Pazyuk Vadim, Candidate of Sciences (comparable to the academic degree of Doctor Philosophy, PhD), senior researcher of the Institute of technical thermal physics TMPT NAS of Ukraine, Institute of technical thermal physics NAS of Ukraine. Address: str. Bulakhovskogo, 2, Kyiv, Ukraine, 03164. Tel.: (044)424-96-38; e-mail: vadim_pazuk@ukr.net.

DOI: 10.5281/zenodo.2367711

УДК 621.325.5

АВТОМАТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ НА КОНВЕЙЕРЕ ОБЪЕКТОВ ПО ВИДЕОСИГНАЛУ В УСЛОВИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Л.А. Цвиркун, С.Л. Цвиркун

Для автоматизации процесса управления штучной сортировкой продуктов в потоке на конвейере предложена схема системы автоматического сопровождения объектов на конвейерной ленте по видеосигналу. Траекторию перемещения объектов в потоке предлагается отслеживать на основе функции сходства между эталонным изображением на предыдущем и одним из множества фрагментов в зоне поиска на последующем кадре.

Ключевые слова: видеосигнал, конвейер, сортировка, автоматизация.

© Цвиркун Л.О., Цвиркун С.Л., 2018

АВТОМАТИЧНЕ СУПРОВОДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ, ЯКІ РУХАЮТЬСЯ НА КОНВЕЄРІ, ЗА ВІДЕОСИГНАЛОМ В УМОВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Л.О. Цвіркун, С.Л. Цвіркун

Для автоматизації процесу управління штучним сортуванням продуктів у потоці на конвеєрі запропоновано схему автоматичного супроводження об'єктів на конвеєрній стрічці за відеосигналом. Траєкторію переміщення об'єктів у потоці пропонується спостерігати на основі функцій подібності між еталонним зображенням на попередньому й одним із безлічі фрагментів у зоні пошуку на наступному кадрі.

Ключові слова: відеосигнал, конвеєр, сортування, автоматизація.

AUTOMATIC SUPPORT OF OBJECTS DRIVING ON CONVEYOR ON VIDEO SIGNAL IN CONDITIONS OF FOOD INDUSTRY

L. Tsvirkun, S. Tsvirkun

To implement the automated process control of the piece sorting of products in the flow on the conveyor in the food industry, the necessary means of controlling the characteristics of individual units of the product flow, tracking their movement for timely rejection by the actuator.

To automate the process of managing the process of piece sorting of products in a stream on the conveyor, a scheme of an automatic tracking system of objects on a conveyor belt by a video signal is proposed. The trajectory of moving objects in the flow is suggested to be tracked based on the similarity function between the reference image on the previous one and one of the many fragments in the search area on the subsequent frame.

Thus, when forming the process control of sorting objects on a conveyor in the food industry, it is advisable to follow the video signal based on pairwise analysis of sequential frames. At the same time, the trajectory of moving objects in the stream must be tracked based on the calculation of the similarity function between the reference image on the previous one and one of the many fragments that lie in the search area on the subsequent frame. To comply with the condition of detection accuracy, it was established that the threshold for the cross-correlation value should have a value of at least 0.985.

Keywords: video signal, conveyor, sorting, automation.

Постановка проблемы в общем виде. Для реализации автоматизированного управления процессом штучной сортировки продуктов в потоке на конвейере в условиях пищевой промышленности необходимы средства контроля характеристик

отдельных единиц потока продуктов, отслеживания их перемещения для своевременного отбрасывания исполнительным механизмом.

Работу системы автоматического обнаружения и сопровождения продуктов на движущемся конвейере можно охарактеризовать последовательным переходом от операций обработки и анализа последовательностей изображений к обработке параметров объектов, а затем к формированию сигналов управления. Таким образом, в системах обнаружения и сопровождения объектов целесообразно выделить в процессе обработки информации ряд иерархических уровней.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [1] предложена автоматизированная система видеоучета древесины, отличительной особенностью которой является применение современных подходов обработки и передачи изображения, в частности вейвлет-преобразования. Аппарат вейвлет-анализа является вспомогательным инструментом для определения оперативных параметров и качества древесины. Также отмечается, что одним из важнейших факторов, влияющих на точность измерения, является состояние окружающей среды (влажность, температура, освещенность).

Определение основных параметров зоны контроля видеокамеры систем видеоконтроля рассмотрено в работе [2]. Показано влияние параметров видеокамеры на геометрические размеры зоны контроля; предложены критерии, позволяющие производить оптимизацию построения систем видеоконтроля и интегрированных систем охраны в целом; определено влияние параметров зоны контроля на ее изображение на видеомониторе системы видеоконтроля.

В соответствии с результатами исследований, представленными в работе [3], были выделены следующие уровни обработки информации: восстановление изображений, выделение связанных совокупностей точек изображения – визуальных объектов, распознавание объектов, оценка параметров объектов, слежение за объектами, сопровождение объектов.

Восстановление изображения потока продуктов на конвейере состоит в реконструкции изображения, которое было до этого искажено вследствие влияния дефектов и шумов датчика изображения, неравномерности частотных характеристик канала передачи и других факторов. После чего осуществляют выделение сегментов, соответствующих отдельным объектам, и определяют принадлежность точек изображения к определенным сегментам. Далее оценивают рассмотренные в предыдущих разделах параметры сегментов,

необходимые для распознавания визуальных характеристик объекта: размер, цвет, яркость, координаты центра и т. д.

Поскольку при движении конвейерной ленты координаты центров уже выделенных сегментов меняются, выполняют оценку траекторий движения объектов во времени, основываясь на анализе поведения соответствующих им сегментов. При этом в дополнение к названным определяются такие характеристики объектов, как скорость и ускорение.

Для решения задачи отслеживания траектории перемещения объектов, связанного с движением конвейерной ленты и с движением объектов относительно ленты, возможно применение двух различных методов [3]. Первый метод заключается в оценивании координат объекта в каждом кадре наблюдаемой видеопоследовательности без управления перемещением датчика изображений – слежения. Второй метод предполагает сопровождение объекта: наряду с определением координат объекта в каждом кадре также решение задачи управления перемещением датчика изображений. Поскольку основная траектория движения продуктов определяется расположением конвейера и поэтому неизменна, за исключением небольших перемещений вследствие вибрации ленты, в данном случае целесообразно осуществлять именно слежение, предполагающее фиксированное положение датчика. Следует отметить, что поскольку задачи должны решаться в реальном масштабе времени, необходимо учитывать сложность используемых алгоритмов.

При решении задачи обнаружения и распознавания объектов целесообразно использовать характерные особенности изображений [4]: геометрические, радиометрические, текстурные, топологические, цветовые, динамические, временные. В настоящее время существует значительное количество алгоритмов выделения особых точек изображений, передающих информацию об определенных особенностях изображения.

В соответствии с методом Харриса особыми точками являются угловые точки перепада яркости [5]. Применение данного метода предусматривает выполнение достаточно ресурсоемкой операции по вычислению собственных значений матриц. Также, как отмечается в работе [4], использование метода нецелесообразно в условиях изменения масштаба изображения и поворота, которые характерны для изображений объектов, движущихся по конвейерной ленте.

Предложенный в работе [6] метод FAST (Features from Accelerated Test) предполагает построение деревьев решений для классификации пикселей изображения потока. В результате выбора

точки изображения с наибольшей энтропией на каждом уровне дерева решений множество, соответствующее узлу дерева, разбивается на подмножества. Полученное таким образом дерево решений используется для определения углов на тестовых изображениях.

Метод SIFT, предложенный в работе [7], является полностью инвариантным к масштабированию, повороту и перемещению, а также частично – к аффинным преобразованиям и изменению освещенности. Определение особенностей в данном методе осуществляется на основе вычисления разности гауссианов в определенной окрестности изображения объекта потока при определенном масштабе. Характерные особенности выделяются на различных масштабах изображения путем фильтрации, что позволяет находить размытые градиенты изображения с различной локальной ориентацией.

Согласно методу SURF [8] поиск особых точек осуществляется на основе вычисления матрицы Гессе, как свертки значений пикселей изображения объекта потока с лапласианом гауссиана. Следует отметить, что гессиан инвариантен к повороту, но не является инвариантным к масштабу. Кроме того, как показано в работе [4], для изображений с однородной текстурой, к которым относятся и изображения объектов, метод SURF демонстрирует низкую точность сопоставления особых точек.

Цель статьи – разработка структуры системы и метода управления сортировкой продуктов в потоке на конвейере с помощью автоматического сопровождения по видеопотоку в условиях пищевой промышленности.

Изложение основного материала исследования. Обобщенная структура системы визуального контроля потока объектов на конвейере приведена на рис. 1. В ее состав входят следующие элементы: видеокамера 1, система преобразования видео в последовательность фотографических изображений 2, система улучшения качества изображений 3, система распознавания разновидностей по изображениям 4, выходной интерфейс системы 5.

С использованием видеокамеры 1 формируют видеосигнал передающий динамику перемещения объектов, попадающих в поле обзора видеокамеры. Для увеличения площади контролируемого видеокамерой участка потока объектов ее оптическая ось располагается под некоторым непрямым углом к плоскости движения конвейерной ленты. Преобразователь 2 на основе видеосигнала формирует последовательность растровых изображений, соответствующих кадрам входного видеосигнала. Изменение характеристик потока, окружающего воздуха, технологические и

случайные факторы вызывают искажения фотографических изображений. Функцию улучшения качества изображений реализует соответствующая система 3. После устранения искажений и шумов, изображения поступают в систему распознавания технологических разновидностей 4.

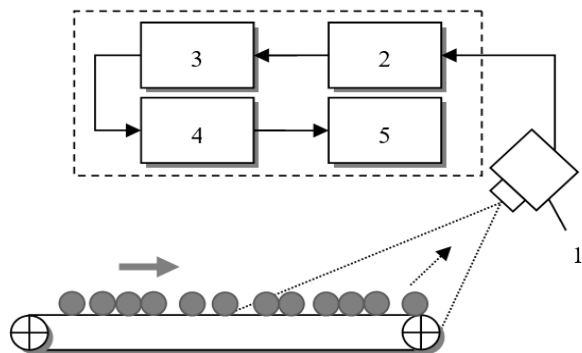


Рис. 1. Схема системы автоматического сопровождения объектов на конвейерной ленте: 1 – видеокамера; 2 – преобразователь; 3 – система улучшения качества изображений; 4 – система распознавания разновидностей; 5 – выходной интерфейс системы

Полученное из видеосигнала растровое изображение размером $M \times N$ точек целесообразно компактно записать в форме матрицы [9]:

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Поскольку оптическая ось датчика изображений, как было сказано ранее, расположена под некоторым непрямым углом к плоскости движения конвейерной ленты, на полученных изображениях потока возникают искажения формы и размеров объектов. Устранение таких искажений целесообразно осуществлять с помощью проективных преобразований.

Группа проективных преобразований в представлении однородными координатами формируется общими линейными преобразованиями T [10]:

$$\begin{pmatrix} \overline{x'} \\ \overline{y'} \\ \overline{w'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} t_{11} & t_{12} & t_{13} \\ t_{21} & t_{22} & t_{23} \\ t_{31} & t_{32} & t_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \overline{x} \\ \overline{y} \\ \overline{w} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Для представления в обычных координатах соотношение (2) необходимо нормировать [3; 10]:

$$x' = \frac{t_{11}x + t_{12}y + t_{13}}{t_{31}x + t_{32}y + t_{33}}, \quad y' = \frac{t_{21}x + t_{22}y + t_{23}}{t_{31}x + t_{32}y + t_{33}}. \quad (3)$$

Следует отметить, что при движении объекта по конвейерной ленте по направлению к камере меняется и угол между линией, соединяющей данный объект с центром объектива видеокамеры, и оптической осью последней. Таким образом, с приближением объекта к видеокамере будут меняться его размер и форма. Поскольку положение камеры относительно конвейера фиксировано, оценивание параметров геометрического преобразования целесообразно выполнить на этапе наладки системы для каждого дискретного отсчета по линии движения потока объектов в пределах области видимости видеокамеры. После чего, в процессе движения потока объектов, задача сводится к рассмотрению пар смежных во времени снимков по методике, изложенной в работе [10].

Рассмотрим ситуацию, при которой заданы два смежных во времени снимка потока объектов на конвейере f и f' . Поскольку коэффициенты преобразования, как было показано выше, известны, то можно вычислить координаты всех точек (x'_i, y'_j) исследуемых объектов в плоскости корректируемого изображения f' , которые соответствуют точкам с целочисленными координатами (x_i, y_j) на эталонном снимке f . Поскольку координаты (x_i, y_j) не попадают в эталонные точки (x_i, y_j) , то возникает задача восстановления соответствующего значения яркости по ближайшим отсчетам, решение которой целесообразно осуществлять с помощью методов двумерной интерполяции [10; 11].

При отслеживании траектории перемещения объектов в потоке по последовательности изображений возникает задача «поиска по образцу». Формально она заключается в отождествлении эталонного изображения объекта на первом снимке с одним из множества образов

фрагментов, лежащих в зоне поиска второго снимка. Координаты центра и размер зоны поиска определяются координатами эталонного куска и скоростью конвейерной ленты.

Согласно методике, изложенной в работе [10], в процессе скользящего поиска вычисляется функция сходства между эталонным изображением объекта и текущими изображениями. Соответствие элементов изображений определяется соотношением

$$u_0(x, y) = (au(x+k), y+l) + b) \text{rect}(x/n, y/n) + \varepsilon(x, y), \quad (4)$$

где a, b – соответственно параметры контраста и средней освещенности; k, l – соответственно параметр относительного сдвига изображения эталонного объекта и его аналога на анализируемом изображении; $\varepsilon(x, y)$ – шум;

$$\text{rect}(x/n, y/n) = \begin{cases} 1, & x \leq n, y \leq n \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (5)$$

В качестве меры различия в точке k, l использован коэффициент корреляции текущего фрагмента с эталонным изображением объекта:

$$\hat{r}(k, l) = \frac{\left[\sum_x \sum_y \bar{u}_0(x, y) \bar{u}(x, y) \right]}{\left\{ \sum_x \sum_y [\bar{u}_0(x, y)]^2 \sum_x \sum_y [u_0(x, y)]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}}. \quad (6)$$

Для соблюдения условия достоверности обнаружения установлен порог ($r_{\text{пор}}=0,985$) для величины взаимной корреляции

$$\max \hat{r}(k, l) \geq r_{\text{пор}}, \quad (7)$$

который с заданной вероятностью гарантирует сходство найденной пары фрагментов изображений плодов (например, яблок). Таким образом, найдены параметры k и l , характеризующие сдвиг реперных фрагментов для каждой пары изображений потока объектов на конвейере.

В случае наличия некоторого множества пересекающихся точек, а также в условиях шумов, изменения положения объектов,

сопоставление изображений объектов на отдельных кадрах видеопотока требует достаточно много времени. Наиболее перспективным является определение особых точек изображения объектов с применением метода SIFT, основными этапами которого являются следующие [4; 7].

На первом этапе осуществляется свертка изображения объекта с гауссовым фильтром при различных значениях σ :

$$L(x, y) = \eta(x, y, \sigma) * I(x, y), \quad (8)$$

$$\eta(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right), \quad (9)$$

Затем формируют множество точек-кандидатов с наибольшими значениями разности гауссианов

$$\begin{aligned} D(x, y, \sigma) &= (\eta(x, y, k\sigma) - \eta(x, y, \sigma)) * I(x, y) = \\ &= L(x, y, k\sigma) - L(x, y, \sigma) \end{aligned} \quad (10)$$

где k – параметр изменения масштаба.

На основе вычисления матрицы Гессе для каждой точки, полученной на предыдущем шаге, исключаются точки, расположенные на краях изображения (рис. 2а)

$$H = \begin{pmatrix} D_{xx} & D_{xy} \\ D_{xy} & D_{yy} \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Для обеспечения инвариантности к повороту объекта на изображении вследствие действия вибрации вычисляется гистограмма ориентаций для некоторой окрестности особой точки. Для каждого значения σ алгоритм находит экстремальные значения гистограммы ориентации (рис. 2б):

$$\Theta(x, y) = \arctg \frac{L(x, y+1) - L(x, y-1)}{L(x+1, y) - L(x-1, y)}. \quad (12)$$

Инвариантность дескриптора достигается посредством вычисления значения градиента для каждой окрестности точки с последующей их нормализацией.

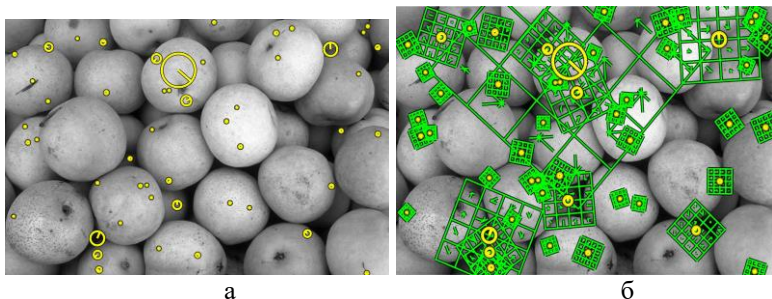


Рис. 2. Результат определения особых точек на изображении потока объектов

Для решения задачи определения особых точек изображений плодов были исследованы зависимости базового алгоритма SIFT и его модификаций DSIFT [7] и FastDSIFT [12]. Установлено, что ошибка определения дескрипторов с помощью метода FastDSIFT при различных значениях количества регионов (bin) дескриптора превышает аналогичный показатель DSIFT (рис. 3).

Использование модификаций метода FastDSIFT позволило значительно повысить быстродействие подсистемы определения дескрипторов относительно базового метода SIFT, скорость работы которого принята равной единице (рис. 4).

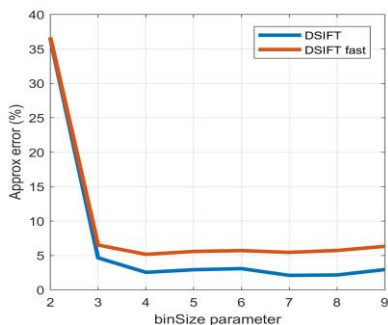


Рис. 3. Величина ошибки определения дескрипторов фрагмента изображения потока объектов

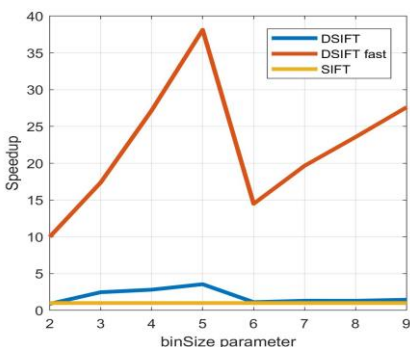


Рис. 4. Увеличение скорости работы подсистемы определения дескрипторов фрагмента изображения потока объектов

Поскольку в данном случае более важным фактором является точность работы системы видеосопровождения объектов в потоке, значение параметра binSize было выбрано равным 4, что соответствует увеличению скорости работы в среднем в 26–27 раз.

Выводы. Таким образом, при формировании управления процессом сортировки объектов на конвейере в условиях пищевой промышленности слежение по видеосигналу целесообразно осуществлять на основе попарного анализа последовательных кадров. При этом отслеживание траектории перемещения объектов в потоке необходимо осуществлять на основе вычисления функции сходства между эталонным изображением на предыдущем и одним из множества фрагментов, лежащих в зоне поиска на последующем кадре. Для соблюдения условия достоверности обнаружения установлено, что порог для величины взаимной корреляции должен иметь значение не менее 0,985.

В результате исследования алгоритмов SIFT и его модификаций DSIFT и FastDSIFT для решения задачи определения особых точек изображений установлено, что ошибка определения дескрипторов с помощью метода FastDSIFT при различных значениях количества регионов (bin) дескриптора превышает аналогичный показатель DSIFT незначительно. Вместе с тем использование метода FastDSIFT привело к значительному повышению быстродействия подсистемы определения дескрипторов, что позволяет сделать вывод о целесообразности его применения в условиях пищевой промышленности.

Перспективными направлениями следующих этапов исследований являются методы обработки изображений видео потока с целью повышения качества распознавания путем устранения искажений, вызванных движением потока объектов наблюдения относительно видеокамеры, а также перемещением объектов друг относительно друга при движении конвейера. Необходимо также обосновать параметры быстродействия и точности сбрасывающего устройства.

Список источников информации / References

1. Замятин Н. В. Автоматизированная система видеочета древесины / Н. В. Замятин, В. В. Латровкин, Д. В. Танцов // Доклады ТУСУРа. – 2011. – № 2 (24). – С. 148–153.

Zamyatin, N., Latrovkin, V., Tantsov, D. (2011), "Avtomatizirovannaya sistema videoucheta drevesiny", *Doklady TUSURa*, No. 2 (24), pp. 148-153.

2. Воловач В. И. Определение основных параметров зоны контроля видеокмеры системы видеоконтроля / В. И. Воловач // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2012. – № 2. – С. 18–24.

Volovach, V. (2012), “Opredeleniye osnovnykh parametrov zony kontrolya videokamery sistemy videokontrolya”, *Elektrotekhnicheskiye i informatsionnyye komplekсы i sistem*, No. 2, pp. 18-24.

3. Алпатов Б. А. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б. А. Алпатов, П. В. Бабаян, О. Е. Балашов. – М. : Радиотехника, 2008. – 176 с.

Alpatov, B., Babayan, P., Balashov, O. (2008), *Metody avtomaticheskogo obnaruzheniya i soprovozhdeniya ob'yektov. Obrabotka izobrazheniy i upravleniye*, Radiotekhnika, Moscow, 176 p.

4. Медведев М. В. Информационно-измерительная система обнаружения и распознавания объектов на изображениях бортового оптико-электронного модуля беспилотного летательного аппарата на основе вейвлет-преобразования : дис. ... канд. техн. наук : 05.11.16 / Медведев Михаил Викторович. – Казань, 2014. – 129 с.

Medvedev, M. (2014), *Informatsionno-izmeritel'naya sistema obnaruzheniya i raspoznvaniya ob'yektov na izobrazheniyakh bortovogo optiko-elektronnogo modulya bespilotnogo letatel'nogo apparata na osnove veyvlet-preobrazovaniya: dis. ... kand. tekhn. nauk, Kazan'*, 129 p.

5. Harris, C.A., Stephens, M. (1988), “Combined corner and edge detector”, *Alvey Vision Conference*, S. 1., pp. 147-151.

6. Rosten, E., Drummond, T. (2006), “Machine learning for high-speed corner detection”, *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*, S. 1, pp. 430-443.

7. Lowe, G.D. (2004), “Distinctive Image Features From Scale-Invariant Keypoints”, *International Journal of Computer Vision*, pp. 1-28.

8. Bay, H., Tuytelaars, T., Gool, L.Van (2006), “SURF: Speeded up robust features”, *Materialy Yevropeyskoy konferentsii po komp'yuternomu videniyu*, S. 1, pp. 404-407.

9. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М. : Техносфера, 2006. – 616 с.

Gonsales, R., Vuds, R., Eddins, S. (2006), *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy v srede MATLAB*, Tekhnosfera, Moscow, 616 p.

10. Грузман И. С. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И. С. Грузман, В. С. Киричук, В. П. Косых. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.

Gruzman, I., Kirichuk, V., Kosykh, V. (2002), *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy v informatsionnykh sistemakh*, Izd-vo NGTU, Novosibirsk, 352 p.

11. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / У. Прэтт. – М. : Мир, 1982. – 312 с.

Prett, U. (1982), *Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy*, Mir, Moscow, 312 p.

12. Vedaldi, A. “Plotnoye masshtabirovaniye invariantnykh priznakov (DSIFT)”, available at: <http://www.vlfeat.org/api/dsift.html>

Цвиркун Людмила Александровна, канд. пед. наук, ассист., кафедра общинженерных дисциплин и оборудования, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: ул. Трамвайная, 16, г. Кривой Рог, Украина, 5000. Тел.: (056)409-77-90; e-mail: tserg30@ukr.net.

Цвиркун Людмила Олександрівна, канд. пед. наук, асист., кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: вул. Трамвайна, 16, м. Кривий Ріг, Україна, 5000. Тел.: (056)409-77-90; e-mail: tserg30@ukr.net.

Tsvirkun Lyudmila, PhD, assistant, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky. Address: str. Tramwayna, 16, Kryvyi Rih, Ukraine, 5000. Tel.: (056)409-77-90; e-mail: tserg30@ukr.net.

Цвиркун Сергей Леонидович, канд. техн. наук, зав. кафедрой радиотехники и электроники, Криворожский колледж Национального авиационного университета. Адрес: ул. Туполева, 1, г. Кривой Рог, Украина, 50000. Тел.: (056)427-56-51; e-mail: tserg30@ukr.net.

Цвиркун Сергій Леонідович, канд. техн. наук, зав. кафедрою радіотехніки та електроніки, Криворізький коледж Національного авіаційного університету. Адреса: вул. Туполева, 1, м. Кривий Ріг, Україна, 50000. Тел.: (056)427-56-51; e-mail: tserg30@ukr.net.

Tsvirkun Sergey, PhD, Head. Department of Radio Engineering and Electronics, Kryvyi Rih College, National Aviation University. Address: Tupolev str., 1, Kryvyi Rih, Ukraine, 50000. Tel.: (056)427-56-51; e-mail: tserg30@ukr.net.

DOI: 10.5281/zenodo.2367777

УДК 639.38-044.337

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ОТРИМАННЯ РИБНОГО БУЛЬЙОНУ ЗІ СТАВКОВОЇ РИБИ

Г.М. Постнов, В.М. Червоний, М.М. Максименко, А.В. Гулий

Запропоновано вдосконалений спосіб отримання бульйону з частин ставкової риби. Наведено результати експериментальних досліджень схем розбирання тушок риби на анатомічні частини. Досліджено спосіб отримання рибного бульйону з кісткових анатомічних частин ставкової риби з використанням ультразвукових коливань, який дозволить скоротити терміни теплової обробки та отримати висококонцентрований рибний бульйон. Бульйон є напівфабрикатом високого ступеня готовності й може використовуватися для приготування кулінарних виробів із риби.

Ключові слова: *ультразвук, риба, бульйон, частота, тепла обробка.*

© Постнов Г.М., Червоний В.М., Максименко М.М., Гулий А.В., 2018