



ПРИЛОЖЕНИЕ НА ТЕХНИКИ ЗА АНАЛИЗ НА ИЗОБРАЖЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКА НА ВЪНШНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЯЙЦА

Златин Златев, Мария Николова,
Пламен Янев

Резюме: В статията е направен систематичен анализ на достъпните в литературата нормативни методи и изчислителен апарат за определяне на външни характеристики на яйца. Анализът е направен в зависимост от нормативната уредба; методите за определяне параметри на яйца; връзка между тези параметри; методи за математическо описание контура на яйца. Представен е пример, демонстриращ приложение на техники за обработка на изображения при автоматичното получаване на параметри на яйца и описанието им чрез модел на контура им. Получените резултати показват, че е необходима единна методика, базирана на детайлен анализ на формата на яйцата, с което да се удовлетворят изискванията за точност отразени в нормативните документи.

Ключови думи: Параметри и модели на яйца, Анализ на изображения

Увод

Качеството на яйцата се свързва с предпочитанията на потребителите и се оценява посредством група методи, даващи основните характеристики – преснота, тегло, размер и форма, както и елементите му – белтък, жълтък и черупка.

APPLICATION OF TECHNIQUES FOR IMAGE ANALYSIS IN ASSESSING THE EXTERNAL CHARACTERISTICS OF EGGS

Zlatin Zlatev, Mariya Nikolova,
Plamen Yanev

Abstract: The paper presents a systematic analysis of the normative methods available in the literature and a computerized apparatus for determining the external characteristics of eggs is made. The analysis is made depending on the legal framework; methods for determining egg parameters; relationship between these parameters; methods of mathematical description of the egg contour. An example is shown demonstrating the application of image processing techniques to the automatic obtaining of egg parameters and their description through a model of their contours. The results show that a unified methodology based on a detailed analysis of the egg shape is needed to satisfy the accuracy requirements reflected in the normative documents.

Keywords: Eggs parameters and models, Image analysis

Introduction

The quality of the eggs is related to consumer preferences and is assessed by a group of methods giving the main features - freshness, weight, size and shape, as well as its

От гледна точка на потребителя теглото на яйцето е основна характеристика.

Физическите и механични свойства на яйцата са фактор, влияещ при проектирането и практическото използване на оборудване за транспортиране, сортиране, пакетиране и съхранение. Основните физически параметри са форма, размер, среден диаметър, площ, сферичност, тегло, обем [1,12].

Върху описанието на формата на яйцата чрез математически модели се работи от години [4]. Приложението на тези модели е както в птицевъдството, така и в промишлените технологии. Примери за това са яйцевидни мелници за утайки; яйцевидни канали за вода; купета на автомобили с яйцевидна форма; мобилни телефони с форма на яйца; високоговорители; разработвани са хладилници и перални машини с такава форма.

Анализът на формата на яйца се прилага в птицевъдството при оценка на породи птици, при кръстосването на породи.

В последните години [1,9] се работи върху приложението на техники за анализ на изображения като бърз и неразрушителен метод при сортирането на кокоши яйца. Математическото описание на формата на яйцата се прилага в тези методи.

Чрез контура на яйцето, получен със система за получаване и обработка на изображения се определят площ, периметър, голяма и малка ос, различни коефициенти като коефициент на формата, ексцентрицитет, плътност.

Целта на статията е да се направи анализ на съществуващите методи за оценка на външни характеристики на яйца, които са подходящи за използване в системи за получаване, обработка и анализ на изображения.

elements – egg white, yolk and shell. From the user's point of view, the egg weight is an essential characteristic.

Physical and mechanical properties of eggs are a factor influencing the design and practical use of transport, sorting, packaging and storage equipment. The basic physical parameters are shape, size, mean diameter, area, sphericity, weight, volume [1,12].

The description of the shape of eggs through mathematical models has been working for years [4]. The use of these models is in both poultry and industrial technology. Examples are egg mills for sludge; ovoid water channels; carriages of oval-shaped cars; mobile phones in the form of eggs; speakers; refrigerators and washing machines with such shape have been developed.

The analysis of the egg shape is used in poultry farming when assessing breeds of breeds when breeding breeds.

In recent years [1,9], the use of image analysis techniques has been dealt with as a rapid and non-destructive method in the sorting of hen eggs. The mathematical description of the egg shape of is applied in these methods. Through the egg contour obtained with an image acquisition and processing system, an area, a perimeter, a long and a short axis, different coefficients such as shape coefficient, eccentricity, density are determined.

The aim of the article is to analyze existing methods for estimating external characteristics of eggs that are suitable for use in image acquisition, processing and analysis systems.

Изложение

Класификация на яйца. Според Европейския стандарт [2,5,7,10], приет и в България, кокошите яйца се разделят на два основни класа:

- ✓ Клас А – пресни яйца, за директна консумация;
- ✓ Клас В – яйца, предназначени за преработка за хранителни и нехранителни цели.

В таблица 1 е посочено теглото в g на яйца и класа в който попадат според този показател. За сравнение са представени данни за Канада, САЩ и Бразилия. В Европейските норми не попадат едри и много малки яйца.

Таблица 1.**Класификация на кокоши яйца**

Клас Class	Описание Description	Европейски стандарт, Тегло, g European standard, mass, g	Канада, Тегло, g Canada, mass, g	САЩ, Тегло, g USA, mass, g	Бразилия, Тегло, g Brazil, mass, g
J	Едри Jumbo	-	70	71	Над 66 Above 66
XL	Много големи Extra large	73	63	64	60-65
L	Големи Large	63-73	56	57	55-59
M	Средни Medium	53-63	49	50	50-54
S	Малки Small	Под 53 Under 53	42	43	45-49
P	Много малки Peewee	-	Под 42 Under 42	35	Под 49 Under 49

Exposure

Eggs classification. According to the European Standard [2,5,7,10] adopted in Bulgaria, hen eggs are divided into two main classes:

- ✓ Class A - fresh eggs for direct consumption;
- ✓ Class B - eggs intended for processing for food and non-food purposes.

Table 1 shows the weight in g of the eggs and the class they fall under this indicator.

For comparison, data for Canada, the United States, and Brazil is presented. The European rules do not include very large and very small eggs.

Table 1.**Classification of hen eggs****Параметри на яйца.**

Основните параметри на яйце са описани в таблица 2. Те могат да бъдат определени от голяма ос, малка ос, площ, получени от двумерния контур на яйцето. Радиусът между крайна точка и център на затворения контур r_i , площта A_{egg} , mm^2 и периметъра P_{egg} , mm са основните параметри, по които се изчисляват коефициентите K_f – коефициент на формата, коефициент на отношение между диаметрите K_1 .

Eggs parameters.

The basic egg parameters are described in Table 2. They can be defined by a long axis, a short axis, an area derived from the two-dimensional contour of the egg. The radius between the end point and the center of the closed contour, the A_{egg} area, mm^2 , and the P_{egg} perimeter, mm are the basic parameters for calculating the coefficients K_f - the coefficient of form, the ratio K_1 of the diameters.

Таблица 2.
Параметри на яйца

Table 2.
Egg parameters

<u>Параметър на яйце</u> Egg parameter	<u>Формула</u> Formula	<u>Описание</u> Description
Радиус, r Radius	$r_i = \sqrt{(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n$ x_i, y_i – координати от контура на яйцето coordinates of the egg contour; x_c, y_c – координати на центъра на тежестта на яйцето coordinates of the center of mass of the egg;	
Площ, A_{egg} Area	$A_{egg} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n r_i r_{i+1} n \sin \Delta \theta$	$\theta = 0 - 2\pi$; n – <u>брой точки от контура на яйцето</u> number of points of contour of the egg
Периметър, P_{egg} Perimeter	$P_{egg} = \sum_{i=1}^n \sqrt{r_i^2 r_{i+1}^2 n - 2 r_i^2 r_{i+1}^2 n \cos \Delta \theta}$	-
Обем, V_{egg} Volume	$V_{egg} = \frac{4}{3} \pi \frac{D}{2} \left(\frac{d}{2}\right)^2$	D – <u>голяма ос</u> Long axis; d – <u>малка ос</u> short axis
<u>Идеална площ</u> , A_{ideal} Ideal area	$A_{ideal} = \frac{\pi d D}{4}$	-
<u>Площ на минимален правоъгълник</u> , A_{mr} Area of bounding box	$A_{mr} = d \cdot D$	-
<u>Коефициент на пакетиране</u> , K_v Packaging coefficient	$K_v = \frac{V_{egg}}{V_{sb}}$	V_{sb} – <u>обем на стандартна кутия за пакетиране</u> volume of a standard packing box;
<u>Коефициент на формата</u> , K_f Coefficient of form	$K_f = \frac{P_{egg}^2}{A_{egg}}$	-
<u>Ексцентрицитет</u> , K_1 Eccentricity	$K_1 = \frac{D}{d} \cdot 100$	-
<u>Овалност</u> , c Ovality	$c = \frac{P_{egg}^2}{4\pi A_{egg}}$	-
<u>Окръгленост</u> , R Roundness	$R = \frac{1}{c}$	-
<u>Отношение на площи</u> , K_A Relationship between areas	$K_A = \frac{A_{egg}}{A_{ideal}}$	-
<u>Отношение на площи</u> , K_{AM} Relationship between areas	$K_{AM} = \frac{A_{egg}}{A_{mr}}$	-

Връзка между параметри на яйца. В литературата са докладвани решения на функция, описваща връзката между основни параметри на яйце с линейни, квадратични, експоненциални модели, описващи с достатъчна точност връзката между параметрите на яйцето [1,6,9].

Relationship between egg parameters. In literature are reported decisions of the functions describing the relationship between the basic parameters of egg – linear, quadratic, exponential models describing with sufficient precision the relationship between the egg parameters [1,6,9].

В таблица 3 са представени търсените връзки между основни параметри на яйцето – маса, обем, площ, плътност. Посочена е най-високата стойност на коефициент на регресия R^2 при използване на различни модели, описващи връзката между посочените параметри.

Table 3 presents the relationships between the basic egg parameters – mass, volume, area, density. The highest regression coefficient R^2 value is indicated using different models describing the relationship between the specified parameters.

Table 3.

Таблица 3. Зависимости между параметри на яйца **Dependencies between egg parameters**

Параметър на яйце Egg parameter	Формула Formula	R^2_{max}	Описание Description
Маса, m Mass	$m = f(d, D)$	0,32	D – голяма ос на яйце; d – малка ос
	$m = f(A_{mr}, K_f, d, D)$	-	A_{mr} – площ на минимален правоъгълник Area of bounding box; K_f – коефициент на формата Coefficient of form;
	$m = f(P_{egg})$	0,89	P_{egg} – периметър Perimeter;
	$m = f(A_{egg})$	0,94	A_{egg} – площ Area;
	$m = f(V_{egg})$	0,92	V_{egg} – обем Volume;
	$m = f(d)$	0,85	-
	$m = f(D)$	0,39	-
	$m = f(K_f)$	0,36	-
	$m = f(K_1)$	0,1	K_1 – ексцентрицитет Eccentricity;
Маса на черупката, m_{shell} Mass of the shell	$m_{shell} = f(m, D)$	0,51	-
	$m_{shell} = f(m)$	0,99	-
Дебелина на черупката, l_{shell} Shell thickness	$l_{shell} = f(D)$	0,54	-
Обем, V_{egg} Volume	$V_{egg} = f(d, D)$	-	-
	$V_{egg} = f(m)$	-	-
	$V_{egg} = f(p)$	0,99	p – острота на яйцето sharpness of the egg
Площ на яйце, A_{egg} Egg area	$A_{egg} = f(m, d, D)$	0,59	-
	$A_{egg} = f(d, D)$	-	-
	$A_{egg} = f(m)$	0,99	-
	$A_{egg} = f(V_{egg})$	0,99	-
Плътност на яйцето, ρ_{egg} Egg density	$\rho_{egg} = f(m)$	-	-
Плътност на черупката, ρ_{shell} Shell density	$\rho_{shell} = f(m)$	-	-

Модели на яйца. Основните форми на яйца са дефинирани от Стодар и колектив

Egg models. The main forms of eggs are defined by Stodar et al. [8].

[8]. Изследователите представят двумерен силует на яйцата и използват алгоритъм за описание на всяко от тях. Класификацията е направена по два основни критерия – симетрия и елипсовидност (фигура 1).

Researchers present a two-dimensional silhouette of eggs and use an algorithm to describe each of them. The classification is based on two main criteria - symmetry and ellipticity (figure 1).



Фиг.1. Форми на яйца

Fig.1. Egg forms

Двумерният контур на яйце може да бъде описан с уравнения в полярна или декартова координатни системи. В таблица 4 са представени по-често използвани модели за описание на контура на яйца [3,9,11].

The two-dimensional egg contour can be described with equations in polar or rectangular coordinate systems. Table 4 presents more commonly used models for describing the egg contour [3,9,11].

Таблица 4.

Table 4.

Описание на контура на яйце с параметрични уравнения

Description of egg contour with parametric equations

Формула Formula	Описание Description
$x = 0,78D \cdot \cos\left(\frac{\varphi}{4}\right) \sin\theta$ $y = -D(\cos\varphi - 1)$	$0 \leq \varphi \leq \pi$
$x = \left(\frac{d}{2} - \frac{D}{4}(1 - \cos\varphi)\right)(1 + \cos\varphi)$ $y = \left(\frac{d}{2} - \frac{D}{4}(1 - \cos(\varphi))\right)\sin\varphi$	$D \geq d \geq 0$
$x = d \cdot \cos\varphi$ $y = D \cdot \cos\frac{\varphi}{4} \sin\varphi$	$\varphi \leq \pi $
$x = \frac{D((c - 2)\cos\varphi + c + 2)(\cos\varphi + 1)}{4}$ $y = D \cdot \sin\varphi$	$1 \geq c \geq 0$
$x = \frac{1}{2}D \cdot \cos\varphi + r(\varphi)\cos\varphi$ $y = r(\varphi)\sin\varphi$	$r(\varphi) = \frac{1}{2}(d + c + (c - d)\cos\varphi)$
$x = d \cdot \cos\varphi$ $y = (D + c \cdot \cos\varphi)\sin\varphi$	$c = 0 \dots 1$

$x = \frac{k \cdot \cot D (\sqrt{k^2 - 2 \sin 2D \cdot \sin \alpha} - k) + 2 \sin \alpha}{\sqrt{(k^2 - 2 \sin 2D \cdot \sin \alpha) \sin \alpha} - k}$ $y = \frac{1}{2} \csc D \cdot \cot \alpha \left(k - \sqrt{k^2 - 2 \sin 2D \cdot \sin \alpha} \right)$	$k = \sin D \cdot x + \cos D \cdot z$ $k^2 \geq 2 \sin 2D$
$x = l \cdot \cos \varphi + (a + b \cdot \cos \varphi) \cos \varphi$ $y = (a + b \cdot \cos \varphi) \sin \varphi$	$x = l \cdot \cos \theta + (a + b \cdot \cos \theta) \cos \theta$ $y = (a + b \cdot \cos \theta) \sin \theta \cdot \cos \theta$ $z = (a + b \cdot \cos \theta) \sin \theta \cdot \sin \theta$
$x = \left(\frac{d}{2} - \frac{D}{2} \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right) (1 + \cos \varphi)$ $y = \left(\frac{d}{2} - \frac{D}{2} \sin^2 \frac{\varphi}{2} \right) \sin \varphi$	$\varphi = 0 \dots 2\pi$
$r(\varphi) = \frac{de^{-\frac{D^2}{2b^2} + \frac{cD}{2b^2}} \sqrt{1 - D \sqrt{D}}}{\pi b}$	$\varphi = 0 \dots 2\pi$

Пример

Представените достъпни методи и математически зависимости могат да бъдат използвани при безконтактно измерване на параметри на яйца.

В настоящата работа е съставен алгоритъм за определяне на основни параметри на яйца от японски пъдпъдъци чрез цветни цифрови изображения.

На фигура 2 са представени етапите на работа на предложения алгоритъм.

Example

Accessible methods and mathematical dependencies presented can be used in non-contact measurement of egg parameters.

In this paper, an algorithm has been developed to determine basic parameters of Japanese quail eggs through color digital images.

Figure 2 shows the stages of the proposed algorithm.



Фиг.2. Отделяне на контур на яйце в изображение

Fig.2. Separation the contour of an egg in an image

Изображенията са получени с индустриална видеокамера DFK41AU02 (The imaging source inc.). Заснети са от разстояние 85 mm. Използвано е диодно осветление с бели светодиоди с най-голям интензитет на светлината при 450 nm и цветна температура 6000 K. За калибриране по размер е използван шублер с точност 0,05 mm. Калибрирането

The images are obtained with an industrial video camera DFK41AU02 (The imaging source inc.). They are captured from a distance 85 mm. Diode lightning is used with white LEDs with the highest light intensity at 450 nm and a color temperature of 6000 K. A caliper with accuracy 0,05 mm is used for calibration by size. Calibration is at 11

е при 11 pix/mm. Използван е зелен фон (RGB=[58 122 78]).

Полученото изображение с резолюция 640x480 пиксела е бинаризирано с праг на бинаризация 0,5. Върху полученото бинарно изображение са приложени следните обработки:

- ✓ Филтриране с филтър от тип Disk използващ квадратна матрица с размер 2.R+1, R=0,1;
- ✓ Запълване на отвори, с което са изчистени петната, с които е оцветена черупката на яйцето;
- ✓ Премахване на контури с площ, по-малка от 10 пиксела.

Определени са малка ос, голяма ос, периметър и площ на яйцето. Отклонението от размерите на голяма и малка ос, измерени с шублер и с предложени алгоритъм е 1,5-2 mm.

За описание на яйце е използван модел, представен от Yamamoto [11]. Той се описва с:

$$\begin{aligned} x &= d \cdot \cos\varphi \\ y &= (D + c \cdot \cos\varphi) \sin\varphi \end{aligned} \tag{1}$$

където d е малка ос на яйцето; D – голяма ос; $\varphi=0...360$; c – коефициент на издълженост.

На фигура 3 е представен пример за влиянието на коефициент „с“ върху получавания модел на яйце. Визуализиран е запълнения контур на яйцето, получен чрез алгоритъм за обработка на изображения и контура, описан чрез модел.

pixels/mm. A green background is used (RGB=[58 122 78]).

The resulting image with a resolution of 640x480 pixels is binary with a threshold of 0,5. The following treatments are applied to the resulting binary image:

- ✓ Filtering, using a Disk filter using a square matrix of 2.R + 1, R = 0.1;
- ✓ Filling of holes, which cleans the stains with which the egg shell is stained;
- ✓ Remove contours with an area of less than 10 pixels.

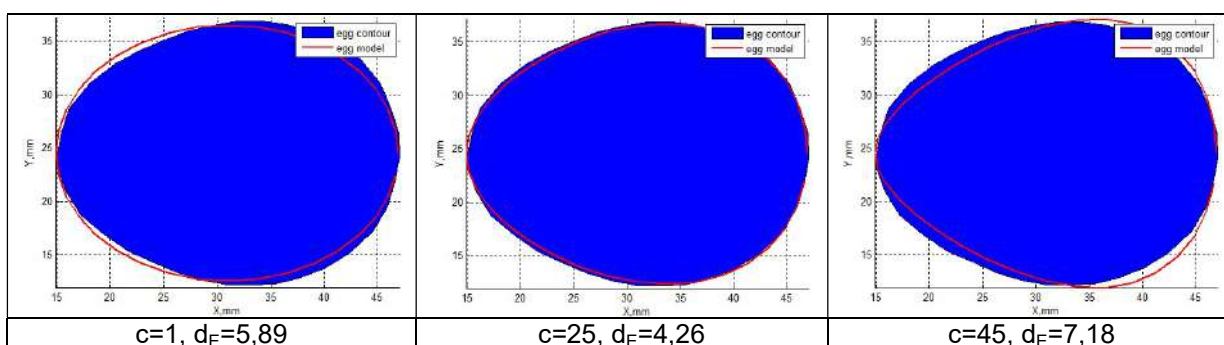
A short axis, a long axis, a perimeter and an egg area are defined.

The deviation from the dimensions of a long and a short axis measured with a caliper and the proposed algorithm is 1,5-2 mm.

A model depicted by Yamamoto [11] was used to describe the egg. It is described by:

where d is the short axis of the egg; D – long axis; $\varphi = 0...360$; c – coefficient of prolongation.

Figure 3 shows an example of the effect of coefficient c on the egg model obtained. The filled contour of the egg obtained by the image processing algorithm and contour described by model is visualized.



Фиг.3. Влияние на коефициент „с“ върху модел на яйце

Fig.3. Effect of coefficient "c" on an egg model

За определяне на разликата между двата контура е използвано евклидово разстояние, описано чрез:

$$d_E = \sqrt{\sum_{i=1}^n (d_{1i} - d_{2i})^2} \quad (2)$$

където d_E е Евклидово разстояние; $i=1...n$ – брой точки в контура, описващ яйцето; d_1, d_2 – разстояния между център на тежестта и всяка точка от контура, получен по изображение и по модел.

Резултатите показват, че коефициент „с“ оказва значимо влияние върху точността на получения модел на яйцето.

Заклучение

Направен е систематичен анализ на съществуващите нормативни методи и изчислителен апарат за определяне на външни характеристики на яйца, свързани с:

- ✓ Класификация на яйца според нормативната уредба;
- ✓ Методи за определяне на параметри на яйца;
- ✓ Връзка между параметри на яйца;
- ✓ Методи за математическо описание на двумерни контури на яйца.

Представеният пример показва, че използването на техники за получаване, обработка и анализ на изображения са подходящ инструментариум за определяне параметри на яйца и описанието им чрез математически модели.

За получаване контурите на яйца от изображения и определянето на основните им параметри е необходима единна методика. Най-естествено е тази методика да бъде основана на детайлен анализ на формата на яйцата. Публикуваните по темата материали са

To determine the difference between the two contours, an Euclidean distance is used, described by:

where d_E is Euclidean distance; $i=1...n$ – number of points in the contour describing the egg; d_1, d_2 – distances between the center of gravity and each point of the contour obtained by image and model.

The results show that the coefficient "c" has a significant effect on the accuracy of the resulting egg pattern.

Conclusion

A systematic analysis of the existing regulatory methods and calculation apparatus for determining the external characteristics of eggs has been made, related to:

- ✓ Eggs classification according to regulations;
- ✓ Methods for determining egg parameters;
- ✓ Relationship between egg parameters;
- ✓ Methods for mathematical description of two-dimensional eggs contours.

The example presented demonstrates that the use of image acquisition, processing and analysis techniques is an appropriate tool for determining egg parameters and their description through mathematical models.

To obtain the eggs contours from digital images and to define their basic parameters, a uniform methodology is needed. It is most natural that this methodology is based on a detailed analysis of the eggs shape. The

доста оскъдни по отношение на такава методика.

Публикуваните резултати, свързани с измерване параметри на яйца, определено не удовлетворяват изискванията за точност, които са отразени в нормативните документи. Такава ситуация много трудно може да бъде избегната, тъй като изследваните обекти са биологични, отклонението на техните характеристики е голямо.

materials published on the subject are rather scarce in terms of such methodology.

The results published related to eggs parameters measurement definitely do not meet the accuracy requirements that are reflected in the normative documents. Such a situation is very difficult to avoid since studied objects are biological, the variation of their characteristics is large.

Литература

References

- [1] Alikhanov D., S. Penchev, Ts. Georgieva, A. Moldajanov, Z. Shynybaj, P. Daskalov (2015). Indirect Method for Egg Weight Measurement Using Image Processing, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering IJETAE, vol. 5, iss. 11, ISSN 2250-2459, pp.30-34
- [2] Egg Regulations C.R.C., c. 284. Justice Laws - Canada. 2013-04-26. Retrieved 2016-11-24
- [3] Equation of Egg Shaped Curve, http://www.geocities.jp/nyjp07/index_egg_E.html (available on 14.02.2018)
- [4] Nishiyama Y. (1986). Tamagowa naze Tamago kataka [Why are eggs eggshaped?], Tokyo: Nihon Hyoronsha, 11-26
- [5] Por que há diferenças no tamanho dos ovos. Ovosite. Retrieved 2017-11-22
- [6] Prelipcean (Teușan) A., V. Teușan, A. Prelipcean (2013). Research regarding the mineral shell quality of quail (*coturnix coturnix japonica*) eggs from pharaon variety, deposited at the peak phase of the laying period, Agrarian sciences, vol. 5, iss. 14, ISSN 2367-5772, pp.85-91
- [7] Sizing of Eggs. USDA Food Safety and Inspection Service. Retrieved 2014-05-06
- [8] Stoddard M., E. Yong, D. Akkaynak, C. Sheard, J. Tobias, L. Mahadevan (2017). Avian egg shape: Form, function and evolution. Science. Vol. 356, June 23, 2017, pp.1249-1254
- [9] Troscianko J. (2014). A simple tool for calculating egg shape, volume and surface area from digital images, IBIS, vol. 156, No.4, ISSN 1474-919X, pp.874-878
- [10] UNECE Standard EGG-1 concerning the marketing and commercial quality control of eggs-in-shell (Report). United Nations. 2010. pp.9. Retrieved 2015-01-02
- [11] Yamamoto N., Equation of Egg Shaped Curve V, http://www.geocities.jp/nyjp07/index_egg5_E.html (available on 18.02.2018)
- [12] Zlatev Z. (2014). Assessment of the quality of quail eggs by computer vision system, ICTTE International Conference on Technics, Technologies and Education, October 30-31, 2014, ISSN 1314-9474, pp.686-692

Контакти

гл. ас. д-р инж. Златин Златев
Тракийски университет
факултет „Техника и технологии“ – Ямбол
е-mail: zlatin.zlatev@trakia-uni.bg

докторант инж. Мария Николова
Тракийски университет
факултет „Техника и технологии“ – Ямбол
е-mail: maria_bogomilova@abv.bg

Пламен Янев
ЗП - Георги Янев, село Бояново
е-mail: janev83@abv.bg

Contacts:

Assist. prof. Zlatin Zlatev, PhD, Eng.
Trakia University
Faculty of Technics and technologies
38 Graf Ignatiev str., 8602
Yambol, Bulgaria
е-mail: zlatin.zlatev@trakia-uni.bg

Mariya Nikolova, Eng., PhD student
Trakia University
Faculty of Technics and technologies
38 Graf Ignatiev str., 8602
Yambol, Bulgaria
е-mail: maria_bogomilova@abv.bg

Plamen Yanev
AF-Georgi Yanev, village of Boyanovo
Bulgaria, е-mail: janev83@abv.bg