

ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ФОРМЫ И ДЕФЕКТОВ СКОРЛУПЫ КУРИНЫХ ЯИЦ

Е. В. ГОРБУНОВА¹, А. Н. ЧЕРТОВ¹, В. С. ПЕРЕТЯГИН¹,
И. О. БУЛАВЕНКО², Л. Т. ВАСИЛЬЕВА²

¹ Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: a.n.chertov@mail.ru

² Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
196601, Санкт-Петербург, Россия

Представлено описание разработанной видеоинформационной системы для объективной оценки параметров качества куриных яиц. Предложены алгоритмы автоматического определения аномалий формы и дефектов скорлупы, в том числе степени ее мраморности, на основании анализа изображений. Для степени мраморности скорлупы впервые введены количественные критерии оценки. Апробация разработанной видеоинформационной системы и предложенных алгоритмов осуществлялась на пробе количеством 277 куриных яиц.

Ключевые слова: видеоинформационная система, куриное яйцо, анализ изображений, степень мраморности, аномалии формы

Введение. Качество такого уникального биологического объекта, как птичье яйцо, является основополагающим фактором, определяющим возможности использования яиц для инкубации или употребления в пищу. От результатов оценки качества яиц зависит их биологическая, питательная и товарная ценность. Ошибочное определение качества может привести к потере генофонда селекционных куриных стад (при инкубации) или тяжелым пищевым отравлениям (при употреблении в пищу). Поэтому качество яиц, т.е. степень их соответствия назначению и предъявляемым требованиям, определяется многими признаками и измеряется рядом показателей.

Современные методы оценки качества яиц подразделяются на органолептические и объективные (инструментальные) [1, 2]. Органолептические методы [3—7] наиболее распространены, так как не требуют измерительной техники; их ключевой недостаток — субъективность и возникающая при этом неточность [8]. Объективные методы оценки яиц реализуются с использованием приборов (инструментов), поэтому характеризуются более высокой точностью, однако более трудоемки и требуют специального оборудования. При этом нередко эти методы не являются полностью автоматическими и все равно подразумевают участие человека в процессе оценки качества [9—14].

По мере внедрения в птицеводство достижений современной науки и техники органолептические методы будут вытесняться объективными. Это позволит контролировать и корректировать технологические процессы производства и хранения яиц, влияющие на их инкубационные и пищевые достоинства, а также вести селекцию по улучшению их качества.

В связи с этим исследование объективных методов контроля и разработка реализующих их инструментальных средств, предназначенных для комплексной оценки качества куриных яиц по ряду показателей, являются актуальными и обладают высокой практической значимостью.

В настоящей статье представлена разработанная коллективом авторов видеоинформационная система, основанная на применении технологий технического зрения и принципов обработки цветных изображений и предназначенная для контроля параметров формы

и состояния скорлупы куриных яиц; также приведены результаты экспериментального исследования предложенной видеоинформационной системы.

Критерии качества куриного яйца. Понятие качества трактуется по-разному при анализе куриных яиц, предназначенных для употребления в пищу и для инкубации. Предъявляемые к пищевым яйцам требования (ГОСТ 31654-2012) основываются на оценке их свежести и массы. Свежесть яиц определяют по высоте воздушной камеры, качеству белка и подвижности желтка визуальным методом с помощью овоскопа [15]. Кроме этого, у пищевых яиц определяют массу, в соответствии с которой они распределяются на категории (СВ, СО, С1, С2, С3).

Требования к инкубационным яйцам значительно выше [16, 17]. Помимо свежести, массы и качества скорлупы (целостность, загрязненность, мраморность), оценивают их форму на интактных яйцах, а на вскрытых — пигментацию желтка, толщину скорлупы, индексы белка и желтка, витаминный состав и т.д. [18, 19].

Предварительный отбор яиц для инкубации предусматривает удаление мелких (менее 48 г) и очень крупных (более 75 г) яиц, что позволяет избежать появления слишком мелких и нежизнеспособных цыплят или закладки в инкубатор двухжелтковых яиц [18].

Большое значение при оценке яиц уделяется их форме. Форму яиц можно определить визуально, однако такая оценка может быть использована лишь при очень низких требованиях к точности. Идеальное яйцо имеет форму овалоида вращения с определенными соотношениями большого и малого диаметров тупого и острого концов яйца соответственно. Но идеальные яйца встречаются редко, обычно для формы яиц характерны те или иные аномалии (рис. 1), которые подразделяют на две группы: существенные и несущественные.

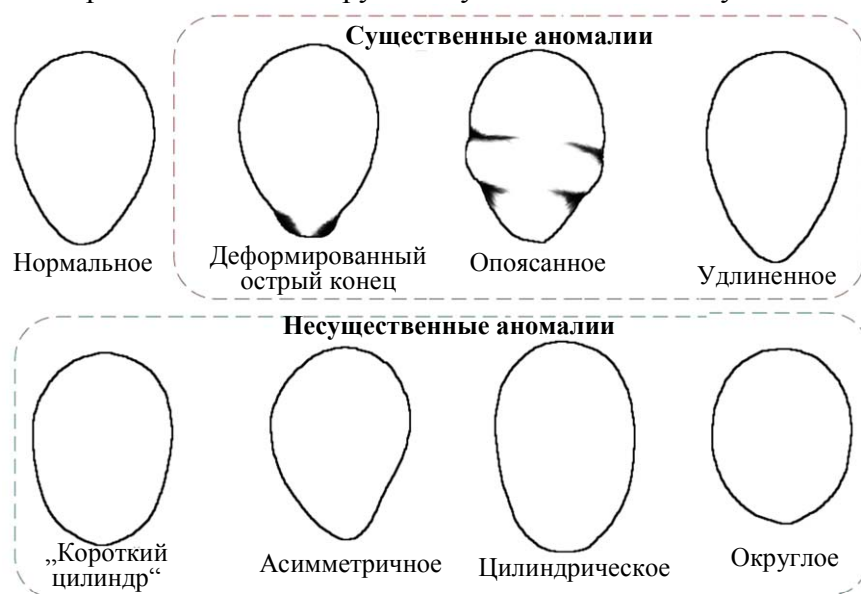


Рис. 1

Яйца, имеющие несущественные аномалии формы (асимметричное, цилиндрическое, округлое и „короткий цилиндр“) характеризуются высокой выводимостью жизнеспособных цыплят; яйца с существенными аномалиями формы (деформированный острый конец, опоясанные или удлиненные) отличаются значительным снижением выводимости, поэтому подлежат выбраковке.

Точным показателем формы яйца является индекс формы, измеряемый на приборе ИМ-1 с производительностью 1000 яиц/ч и более. Для детальной характеристики формы применяют показатели эллипсоидности и асимметрии, чаще всего определяемые визуально. Все показатели, определяющие форму яйца, используются не только при характеристике пород, линий, кроссов птицы, но и при расчетах, связанных с оптимизацией движения яиц по технологической линии [1, 18].

Для инкубации считаются непригодными яйца с отклонениями формы: асимметричные; слишком удлиненные с индексом формы менее 70 % или округлые с индексом формы более 82 %; конусообразные, с поясом на экваторе и другими аномалиями.

При отборе яиц на инкубацию визуально оценивают качество скорлупы, а именно ее целостность и мраморность. Яйца с поврежденной скорлупой („бой“, „насечка“) для инкубации непригодны, так как поврежденная скорлупа является „воротами“ для проникновения микроорганизмов в яйцо, а также способствует повышенной испаряемости воды из яйца, что приводит к гибели эмбриона. Мраморность (пятнистость) скорлупы является дополнительным критерием при оценке качества. Однако замечено [15, 17], что выводимость из яиц с сильной мраморностью скорлупы ниже, чем при ее отсутствии. Появление мраморности является следствием неравномерного распределения минеральных и органических веществ в скорлупе. Так, в период хранения и инкубации испаряемость воды в яйцах с сильной мраморностью скорлупы превышает потерю влаги из яиц, обладающих низкой мраморностью [15—19]. В связи с этим яйца, обладающие высокой мраморностью скорлупы, для инкубирования нежелательны.

Существует несколько методов оценки мраморности скорлупы (по пятибалльной шкале, по площади, занимаемой мраморностью в процентах от площади яйца). Недостаток существующих методик — их субъективная оценка, базирующаяся на использовании овоскопа [19]. Пятибалльная шкала (рис. 2) описывается следующими критериями (ГОСТ 31654-2012 и ОСТ 10321-2003):

— 1 балл — яйца данной категории характеризуются отсутствием видимой пятнистости скорлупы;

— 2 балла — на скорлупе яиц заметны мелкие (диаметром менее 0,5 мм) светлые точечные зоны вокруг пор, которые расположены сравнительно редко, на расстоянии 6—8 мм друг от друга, и равномерно по всей поверхности яйца;

— 3 балла — скорлупа таких яиц отличается наличием крупных зон вокруг пор (от 0,6 до 0,8 мм в диаметре), равномерно и сравнительно часто расположенных (отсутствуют свободные от пятнистости участки размером более 5 мм);

— 4 балла — яйца данной категории характеризуются наличием очень крупных (более 1 мм в диаметре) светлых зон, объединенных по 2-3 и более; общая площадь светлых зон может быть больше, чем площадь темных (в особенности на полюсах яйца, где светлые зоны могут сливаться в сплошные);

— 5 баллов — для яиц данной категории более половины поверхности скорлупы полностью занимают светлые зоны; при этом возможны два варианта расположения указанных зон: достаточно крупные резко очерченные светлые зоны расположены равномерно на поверхности скорлупы или зоны расположены плотно и концентрируются в области одного полюса (обоих полюсов) яйца.

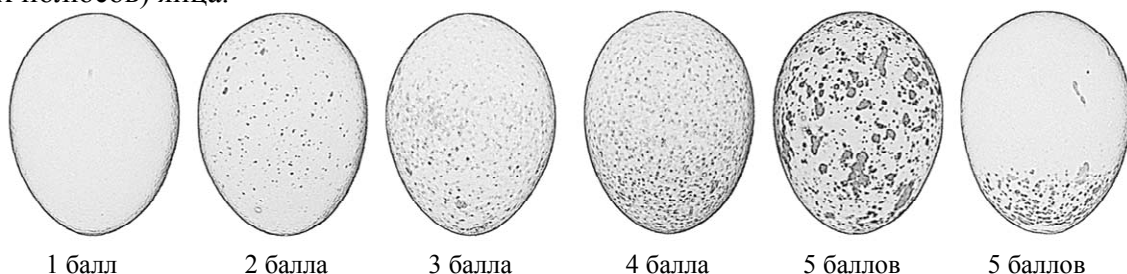


Рис. 2

Согласно действующей технической документации (ГОСТ 31654-2012 и ОСТ 10321-2003), в яичном птицеводстве непригодны к инкубации яйца, аттестованные 4 и 5 баллами по степени мраморности, так как они характеризуются высокой эмбриональной смертностью

и резким снижением качества выведенного молодняка; для мясного птицеводства недопустимы к инкубации только яйца с баллом 5.

Видеоинформационная система контроля. С целью автоматизации процесса анализа качества яиц, предназначенных как для инкубации, так и для потребления в пищу, с учетом всех вышеуказанных требований была разработана специализированная видеоинформационная система.

В силу того, что контроль качества яиц подразумевает анализ поверхностных свойств скорлупы, в конструкции видеоинформационной системы должны быть предусмотрены два режима работы: на отражение и на пропускание. При этом необходимо обеспечить такие условия, чтобы каждое яйцо было зафиксировано в зоне анализа и смена режимов работы системы не вызывала его перемещения. Кроме того, недопустимо любое изменение температуры исследуемого яйца в ходе проведения анализа.

Таким образом, была предложена реализация видеоинформационной системы контроля качества яиц, содержащая двойную подсветку (с верхним и нижним узлами освещения) в едином корпусном исполнении.

В качестве узла видеорегистрации системы использована промышленная полнокадровая безкорпусная видеокамера VEI-545 производства фирмы ЭВС (Россия) с многоэлементной цветной КМОП-матрицей. При этом используемое разрешение кадра составляет 1280×960 пкс, что позволяет без привнесения артефактов фиксировать изображение поверхности анализируемого яйца для определения дефектов формы и поверхности скорлупы. Фокусное расстояние объектива 12 мм.

Нижний узел освещения вмонтирован в подставку для фиксации положения яйца (рис. 3).

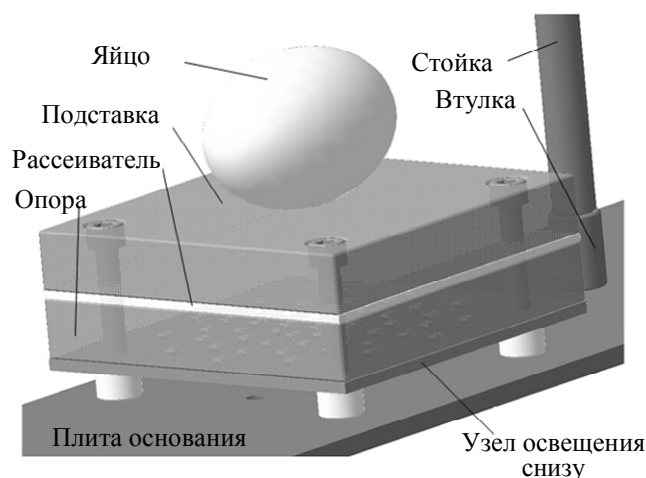


Рис. 3

Верхний узел освещения реализован в виде двух протяженных источников излучения. Угол наклона данных источников к визирной оси узла видеорегистрации, составляющий 15° , обеспечивает максимально возможную равномерность освещения всей площади зоны анализа, а также отсутствие на ней областей высокой засветки. Использование двух источников подсветки сверху способствует уменьшению теневых зон на изображениях куриных яиц при анализе на отражение.

Характеристики яиц. Разработанная видеоинформационная система позволяет контролировать следующие параметры анализируемых яиц:

- размеры (длина, ширина, объем),
- аномалии формы,
- степень мраморности скорлупы.

Размеры (длина l и ширина h , в миллиметрах) оцениваются после проведения операций коррекции дисторсии объектива и метрической калибровки по классическому алгоритму [20].

Указанная калибровка включает в себя операции коррекции искажений изображений на основе анализа изображения прямоугольной сетки с равномерно распределенными по горизонтали и вертикали элементами (точками). При этом метрика определяется известным расстоянием между элементами сетки (в миллиметрах). Изображение калибруется с помощью алгоритмов нелинейных преобразований пространства.

В ходе анализа возможно определение приблизительного значения объема яйца на основании предположения, что яйцо является телом вращения. Следовательно, по известному значению площади проекции S_p яйца, определенной по изображению, можно рассчитать эквивалентный прямоугольник (длиной l_e и шириной h_e), площадь S_e которого равна S_p . Тогда предполагаемый объем яйца рассчитывается по следующей формуле:

$$V = \frac{\pi}{4} h_e^2 l_e.$$

Аномалии формы можно определить с помощью расчета радиусов кривизны противоположных концов яйца (рис. 4). Для анализа целесообразно выделить с двух сторон изображения области, соответствующие $1/8$ от длины l яйца. В выделенных областях по точкам контура изображения яйца определяются оптимальные радиусы кривизны по условию минимизации среднего квадратического отклонения; радиус R_1 , характеризующий тупой конец яйца, и радиус R_2 , характеризующий острый конец яйца.

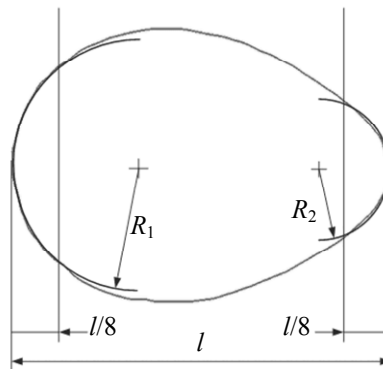


Рис. 4

Далее рассчитывается индекс формы I_s :

$$I_s = R_1/R_2.$$

Полученное таким образом значение является одной из основных характеристик яйца:

- значение $I_s > 1,8$ говорит о том, что яйцо имеет заостренную форму;
- значение $I_s < 1,3$ характерно для яйца округлой формы.

Также для определения аномалий формы яйца необходимо рассчитать индекс размеров I_d , характеризующий отношение длины яйца к его ширине:

$$I_d = l/h.$$

Если $I_d > 1,35$, это означает удлиненность яйца, если $I_d < 1,2$ — укороченность яйца.

Указанные значения индекса формы I_s и индекса размеров I_d определяют признаки той или иной аномалии формы яйца:

- нормальная форма: $1,3 < I_s < 1,8$, $1,2 < I_d < 1,35$;
- цилиндрическая аномалия формы: $I_s < 1,3$, $I_d > 1,35$;
- „короткий цилиндр“: $I_s < 1,3$, $1,2 < I_d < 1,35$;
- круглая аномалия формы: $I_s < 1,3$, $I_d < 1,2$;

— удлиненная форма: $1,3 < I_s < 1,8$, $I_d > 1,35$.

Использование методов пространственной фильтрации изображений [21] позволяет выделить на изображении яйца, полученном в режиме работы на пропускание, области пор и светлых пятен, характеризующие мраморность скорлупы. Далее рассчитывается общая площадь S_m пятен мраморности, а также определяется положение интегрального центра тяжести (X_c, Y_c) пятен мраморности в соответствии со следующими формулами:

$$X_c = \frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} X_i; Y_c = \frac{1}{N_m} \sum_{i=1}^{N_m} Y_i,$$

где N_m — количество выделенных пятен мраморности, X_i и Y_i — координаты центра тяжести i -го пятна мраморности.

Далее рассчитывается процентное соотношение SR общей площади пятен мраморности к площади изображения анализируемого образца:

$$SR = \frac{S_m}{S_p} \cdot 100\%.$$

Для того чтобы охарактеризовать распределение пятен мраморности по скорлупе, рассчитывается расстояние D между центром тяжести изображения анализируемого образца и интегральным центром тяжести пятен мраморности:

$$D = \sqrt{(X_p - X_c)^2 + (Y_p - Y_c)^2}.$$

Исходя из полученных значений SR и D определяется степень мраморности анализируемого яйца (см. рис. 2):

- степень мраморности в 1 балл: $SR < 1$;
- степень мраморности в 2 балла: $1 \leq SR \leq 4$;
- степень мраморности в 3 балла: $4 < SR \leq 10$, $D \leq 200$;
- степень мраморности в 4 балла: $10 < SR \leq 15$, $D \leq 200$;
- степень мраморности в 5 баллов: $SR > 15$ либо $D > 200$ при средних, больших или повышенных значениях SR.

Эксперимент и обсуждение. Экспериментальные исследования проводились на базе факультета зооинженерии и биотехнологий Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (СПбГАУ, кафедра птицеводства и мелкого животноводства). В ходе исследований были проанализированы 277 яиц.

Первый этап экспериментальных исследований касался анализа формы яиц. Среди проанализированных образцов выявлены в основном несущественные аномалии формы — цилиндрическое яйцо, „короткий цилиндр“ и округлое яйцо (см. рис. 1). Однако присутствует такая существенная аномалия формы, как удлиненное яйцо. Статистические результаты определения аномалий форм приведены в табл. 1.

Таблица 1

Форма яйца	Количество яиц, шт.	Процентное содержание
Нормальная	23	8,3
Цилиндрическая	51	18,4
„Короткий цилиндр“	187	67,5
Округлое	4	1,4
Удлиненное	12	4,3

Согласно представленным результатам, из проанализированной пробы образцов яиц (анализ формы) непригодны для инкубации всего 4,3 % (яйца удлиненной формы). Большую часть пробы (67,5 %) составляют яйца, характеризующиеся такой аномалией формы, как „короткий цилиндр“. Следует отметить, что 8,3 % пробы составляют яйца с идеальной формой.

Второй этап экспериментальных исследований касался анализа мраморности. Среди проанализированных образцов выявлены все возможные степени мраморности скорлупы. Статистические результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Степень мраморности	Количество яиц, шт.	Процентное содержание
1 балл	182	65,7
2 балла	60	21,7
3 балла	20	7,2
4 балла	4	1,4
5 баллов	11	4

Исходя из представленных результатов, можно утверждать, что из проанализированной пробы образцов яиц (анализ степени мраморности) непригодны для инкубации всего 5,4 % (1,4 % яиц с баллом 4 и 4 % яиц с баллом 5). Большую часть пробы (65,7 %) составляют яйца, характеризующиеся степенью мраморности в 1 балл. Следует отметить, что на восьми яйцах пробы были отмечены трещины, что составляет примерно 2,9 % от пробы.

Закключение. Таким образом, подтверждена применимость видеоинформационного метода анализа для обеспечения объективного контроля куриного яйца сразу по двум ключевым показателям качества: параметрам формы и состоянию скорлупы. При этом впервые введены количественные параметры, характеризующие показатель „мраморность скорлупы“.

Полученные результаты имеют практическое значение для решения задачи оперативного контроля качества яиц, предназначенных для инкубации, в том числе, для селекционных пород кур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Царенко П. П., Васильева Л. Т. Методы оценки и повышение качества яиц сельскохозяйственной птицы: Учеб. пособие. СПб: Изд-во „Лань“, 2016. 280 с.
2. Царенко П. П., Васильева Л. Т. Современные методы оценки качества яиц с.-х. птицы: Метод. указания. СПб, 2013. 30 с.
3. Овоскоп ОН-10 (прибор для контроля качества яиц) [Электронный ресурс]: <<https://partner-ufo.ru/ovoskop/ovoskop-on-10.html>>, 15.02.2018.
4. Прибор контроля качества яиц ПКЯ-10 [Электронный ресурс]: <<https://partner-ufo.ru/ovoscopy/pribor-kontrolya-kachestva-yaits-pky-10.html>>, 15.02.2018.
5. Овоскоп: как правильно овоскопировать яйца [Электронный ресурс]: <https://agronomu.com/bok/2866-ovoskop-kak-pravilno-ovoskopirovat-yayca.html?_utl_t=vk>, 15.02.2018.
6. Овоскоп ОН-1 (прибор для контроля качества яиц) [Электронный ресурс]: <<https://partner-ufo.ru/ovoscopy/ovoskop-on-1-pribor-dlya-kontrolya-kachestva-yaits.html>>, 15.02.2018.
7. Овоскоп „Универсал“ — для перепелиных, куриных и гусиных яиц [Электронный ресурс]: <<https://mirinkub.ru/item/206-ovoskop-universal-dlya-perepelinykh-kurinnykh-i-gusinykh-yaic>>, 15.02.2018.
8. Овоскоп — для чего он нужен? [Электронный ресурс]: <<http://ovoskop.ru/page1.html>>, 15.02.2018.
9. Seung Shul Yoon, Lawrence K. C., Jones D. R., Heitschmidt G. W., Park B. Improved egg crack detection algorithm for modified pressure imaging system // Proc. of SPIE. 2011. Vol. 8027, 80270U.
10. Norihiro Honda, Yoichiro Kariyama, Takuya Ishiida, Chiaki Abed, Katsushi Inoued, Masahiro Ishizukad, Tohru Tanakad, Hisanao Hazamaa, Kunio Awazu. Optical properties of tumor tissues grown on the chorioallantoic membrane of chicken eggs measured with a double integrating sphere and inverse Monte Carlo method in the wavelength range of 350-1000 nm // Proc. of SPIE. 2013. Vol. 8579, 85790T.
11. Lipanov E. I., Sosnin E. A., Avdeev S. M. The inactivation of eggs of helminthes under the action of narrowband ultraviolet radiation of excilamps // Proc. of SPIE. 2015. Vol. 9810, 98100Z.
12. Lawrence K. C., Seung Chul Yoon, Jones D. R., Heitschmidt G. W., Park B. Modified pressure system for imaging egg cracks // Proc. of SPIE. 2008. Vol. 6983, 698303.

13. *Yating Chai, Suiqiong Li, Shin Horikawa, Wen Shen, Mi-kyung Park, Vodyanoy V. J., Chin B. A.* The detection of *Salmonella typhimurium* on shell eggs using phage-based biosensors // *Proc. of SPIE*. 2011. Vol. 8027, 802708.
14. *Okny Dwi Nurhayati, Kurniawan Tegun M, Cintya Amalia P.* Omega-3 chicken egg detection system using a mobile-based image processing segmentation method // *Proc. of SPIE*. 2017. Vol. 10225, 1022516.
15. *Карасева Ж. В.* Совершенствование методов контроля качества яиц в промышленных птицеводческих хозяйствах: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Л., 1984.
16. Методические рекомендации по инкубации яиц с.-х. птицы. Сергиев Посад, 2001. 45 с.
17. Руководство по биологическому контролю при инкубации яиц с.-х. птицы. Сергиев Посад, 2001. 78 с.
18. *Бессарабов Б. Ф., Крыканов А. А., Киселев А. Л.* Инкубация яиц сельскохозяйственной птицы: Учеб. пособие. СПб: Изд-во „Лань“, 2015. 160 с.
19. Биологический контроль при инкубации яиц сельскохозяйственной птицы: Метод. наставления. Сергиев Посад, 2014. 171 с.
20. *Форсайт Д. А., Понс Ж.* Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ. М.: Изд. дом „Вильямс“, 2004.
21. *Гонсалес Р., Вудс Р., Эддингс С.* Цифровая обработка изображений в среде MatLab. М.: Техносфера, 2006. 616 с.

Сведения об авторах

Елена Васильевна Горбунова	—	канд. техн. наук; Университет ИТМО; кафедра оптико-электронных приборов и систем; ведущий инженер; E-mail: gorbunova@grv.ifmo.ru
Александр Николаевич Чертов	—	канд. техн. наук; Университет ИТМО; кафедра оптико-электронных приборов и систем; E-mail: a.n.chertov@mail.ru
Владимир Сергеевич Перетягин	—	канд. техн. наук; Университет ИТМО; кафедра оптико-электронных приборов и систем; E-mail: peretyagin@mail.ru
Ирина Олеговна Булавенко	—	Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, кафедра птицеводства и мелкого животноводства; ст. преподаватель; E-mail: alokasia79@yandex.ru
Людмила Трофимовна Васильева	—	канд. с.-х. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, кафедра птицеводства и мелкого животноводства; E-mail: ludamila51@mail.ru

Поступила в редакцию
20.08.18 г.

Ссылка для цитирования: Горбунова Е. В., Чертов А. Н., Перетягин В. С., Булавенко И. О., Васильева Л. Т. Видеоинформационный контроль формы и дефектов скорлупы куриных яиц // *Изв. вузов. Приборостроение*. 2018. Т. 61, № 9. С. 779—787.

VIDEO-INFORMATION CONTROL OF CHICKEN EGGS SHAPE AND SHELL DEFECTS

**E. V. Gorbunova¹, A. N. Chertov¹, V. S. Peretyagin¹,
I. O. Bulavenko², L. T. Vasileva²**

¹*ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia
E-mail: a.n.chertov@mail.ru*

²*St. Petersburg State Agrarian University, 196601, St. Petersburg, Russia*

A video-information system developed for non-destructive objective quality control of chicken eggs is described. Algorithms for automatic determination of egg shape anomalies and shell defects, including the degree of its marbling, are proposed. Quantitative evaluation criteria for the degree of egg shell marbling are first introduced. Results of approbation of the proposed video information system and algorithms carried out on a sample of 277 chicken eggs are presented.

Keywords: video-information system, chicken egg, image processing, marbling degree, shape anomaly

REFERENCES

1. Tsarenko P.P., Vasil'yeva L.T. *Metody otsenki i povysheniye kachestva yaits sel'skokhozyaystvennoy ptitsy* (Methods of Assessment and Improvement of Quality of Eggs of an Agricultural Bird), St. Petersburg, 2016, 280 p. (in Russ.)
2. Tsarenko P.P., Vasil'yeva L.T. *Sovremennyye metody otsenki kachestva yaits sel'skokhozyaystvennoy ptitsy* (Modern Methods of Assessment of Quality of Eggs of an Agricultural Bird), St. Petersburg, 2013, 30 p. (in Russ.)
3. <https://partner-ufo.ru/ovoskopy/ovoskop-on-10.html>. (in Russ.)
4. <https://partner-ufo.ru/ovoskopy/pribor-kontrolya-kachestva-yaits-pkya-10.html>. (in Russ.)
5. https://agronomu.com/bok/2866-ovoskop-kak-pravilno-ovoskopirovat-yayca.html?_utl_t=vk. (in Russ.)
6. <https://partner-ufo.ru/ovoskopy/ovoskop-on-1-pribor-dlya-kontrolya-kachestva-yaits.html>. (in Russ.)
7. <https://mirinkub.ru/item/206-ovoskop-universal-dlya-perepelinnykh-kurinykh-i-gusinykh-yaic>. (in Russ.)
8. <http://ovoskop.ru/page1.html>. (in Russ.)
9. Seung Shul Yoon, Lawrence K.C., Jones D.R., Heitschmidt G.W., Park B. *Proc. of SPIE*, 2011, no. 8027, pp. 80270U.
10. Norihiro Honda, Yoichiro Kariyama, Takuya Ishiid, Chiaki Abed, Katsushi Inoued, Masahiro Ishizukad, Tohru Tanakad, Hisanao Hazamaa, Kunio Awazu. *Proc. of SPIE*, 2013, no. 8579, pp. 85790T.
11. Lipanov E.I., Sosnin E.A., Avdeev S.M. *Proc. of SPIE*, 2015, no. 9810, pp. 98100Z.
12. Lawrence K.C., Seung Chul Yoon, Jones D.R., Heitschmidt G.W., Park B. *Proc. of SPIE*, 2008, no. 6983, pp. 698303.
13. Yating Chai, Suiqiong Li, Shin Horikawa, Wen Shen, Mi-kyung Park, Vodyanoy V.J., Chin B.A. *Proc. of SPIE*, 2011, no. 8027, pp. 802708.
14. Oky Dwi Nurhayati, Kurniawan Tegun M., Cintya Amalia P. *Proc. of SPIE*, 2017, no. 10225, pp. 1022516.
15. Karaseva Zh.V. *Sovershenstvovaniye metodov kontrolya kachestva yaits v promyshlennykh ptitsevodcheskikh khozyaystvakh* (Improvement of Methods of Quality Control of eggs in Industrial Poultry-Farming Farms), Candidate's Thesis, 1984. (in Russ.)
16. *Metodicheskiye rekomendatsii po inkubatsii yaits sel'skokhozyaystvennoy ptitsy* (Methodical Recommendations about an Incubation of Eggs of an Agricultural Bird), Sergiyev Posad 2001, 45 p. (in Russ.)
17. *Rukovodstvo po biologicheskomu kontrolyu pri inkubatsii yaits sel'skokhozyaystvennoy ptitsy* (The Guide to Biological Control at an Incubation of Eggs of an Agricultural Bird), Sergiyev Posad, 78 p. (in Russ.)
18. Bessarabov B.F., Krykanov A.A., Kiselev A.L. *Inkubatsiya yaits sel'skokhozyaystvennoy ptitsy* (Incubation of Eggs of an Agricultural Bird), St. Petersburg, 2015, 160 p. (in Russ.)
19. *Biologicheskiy kontrol' pri inkubatsii yaits sel'skokhozyaystvennoy ptitsy* (Biological Control at an Incubation of Eggs of an Agricultural Bird), Sergiyev Posad, 2014, 171 p. (in Russ.)
20. Forsyth D.A., Ponce J. *Computer Vision: A Modern Approach* Pearson Education, Prentice Hall, 2012, 793 p.
21. Gonsales R.S., Woods R.E., Eddins S.L. *Digital Image Processing using MATLAB*, Harlow, 2004.

Data on authors

- | | |
|-------------------------------|---|
| Elena V. Gorbunova | — PhD; ITMO University, Department of Optical-Electronic Devices and Systems; Leading Engineer; E-mail: gorbunova@grv.ifmo.ru |
| Alexander N. Chertov | — PhD; ITMO University, Department of Optical-Electronic Devices and Systems; E-mail: a.n.chertov@mail.ru |
| Vladimir S. Peretyagin | — PhD; ITMO University, Department of Optical-Electronic Devices and Systems; E-mail: peretyagin@mail.ru |
| Irina O. Bulavenko | — St. Petersburg State Agrarian University, Department of Poultry and Small Animal Husbandry; Senior Lecturer; E-mail: alokasia79@yandex.ru |
| Ludmila T. Vasileva | — PhD, Associate Professor; St. Petersburg State Agrarian University, Department of Poultry and Small Animal Husbandry; E-mail: ludmila51@mail.ru |

For citation: Gorbunova E. V., Chertov A. N., Peretyagin V. S., Bulavenko I. O., Vasileva L. T. Video-information control of chicken eggs shape and shell defects. *Journal of Instrument Engineering*. 2018. Vol. 61, N 9. P. 779—787 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-9-779-787