بررسی و انتخاب تخم مرغهای نابارور در مراحل جوجه کشی با استفاده از دید ماشین به منظور افزایش بازده در تولید جوجه های یک روزه(۵۹۲)

سید احتشام الدین فروزان مهر[۱] ، مجتبی حبیب اللهی[۲] ، سید ناصر علوی[۳] و سید انتظام الدین فروزان مهر[۴]

چکیده

به منظور ارزیابی دید ماشین در انتخاب تخم مرغ های نابارور، نرم افزاری با استفاده از الگوریتم ها و تکنیک های پردازش تصویر با زبان MATLAB برای تشخیص و جدا سازی تصاویر تخم مرغ های دارای جنین از آنهایی که فاقد جنین می باشند، تهیه و مورد ارزیابی قرار گرفت. نرم افزار تنها قادر به تشخیص لکه درون تصاویر بود. با مقایسه عملکرد برنامه و روش تخریبی روی ۵۰ عدد تخم مرغ که به روز چهارم جوجه کشی وارد شده بودند، درصد خطای برنامه ۴٪ محاسبه گردید. در آزمایش دیگری، ۳۰۰ عدد تخم مرغ در قالب طرح کاملاً تصادفی با چند مشاهده در هر واحد آزمایشی، در ۳ تکرار صدتایی با ۴ گروه ۲۵ تایی تحت ارزیابی ۲ تیمار اتوکندلینگ و تشخیص فرد خبره قرار گرفت. هیچ گونه تفاوت معنی داری بین انسان و ماشین در مورد تشخیص تخم مرغ های نابارور مشاهده نگردید، ولی در مورد تشخیص تخم مرغ های بارور (با توان جوجه آوری) تفاوت در سطح ۵٪ معنی دار می باشد. کاربرد اتوکندلینگ در مقیاس بزرگ بهره اقتصادی قابل توجیهی را به دنبال خواهد داشت. اتوکندلینگ می تواند درصد جوجه آوری را تا ۱۰/۷٪ نسبت به روش متداول در کشور بهبود بخشد و ۵۶/۹٪ از مقدار تلفات بکاهد.

کلیدواژه: تخم مرغ بارور و نابارور، هچ، پردازش تصویر، کندلینگ، اتوکندلینگ، مدل رنگ

۱- دانشجویان کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه شیراز، پست الکترونیک: ehtesham.f@gmail.com
۲- دانشجویان کارشناسی ارشد علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز
۳- استاد یار مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان
۴- دانشجوی کارشناسی سابق علوم دامی دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

علم می کوشد در روندی که از آب، خاک، هوا و نورآغاز می شود و به پیدایش مواد مغذی برای انسان می انجامد، بهترین نتیجه را به دست آورد. در تولید جهانی غذا، استفاده بهینه از منابع انرژی و به دست آوردن محصولی با کیفیت بهتر و ارزان تـر از راه ارتقـاء فنآوری، اتوماسیون، دسته بندی مواد اولیه، کاهش دورریختها و افزایش ضرایب تبدیل هدف اصلی است. ماکیان و فراورده های آن بخش مهمی از نیازهای غذایی انسانها را مرتفع می سازد. با طراحی سامانه ای که بتواند تخم مرغهای نابارور را از تخـم مرغهـای بارور جدا کند می توان درصد جوجه آوری[1] را به سرعت بهبود بخشید. از طرفی تخم مرغهایی که به روند جوجه کشی راه نمیابنـد، به جای نابودی و ایجاد آلودگی در جایگاه تغذیه ای خود قرار می گیرند. از هر تخم مرغی نمی توان بـرای جوجـه کـشی اسـتفاده نمود. تخم مرغها باید بارور باشند بدان معنا که اسپرم و سلول تخم در ناحیه شیپور دستگاه تناسلی ماده بـا هـم لقـاح پیـدا کـرده باشند. تخم مرغها باید از فرم، قالب و وزن طبیعی برخوردار باشند. کیفیت پوسته و محتویات داخلی تخم مرغ نیز از عواملی هـستند که تاثیر فراوانی بر در صد جوجه آوری دارند. تخم مرغهای جوجه کشی باید تمیز بـوده و در ظـروف و انبارهـای کـاملاً بهداشـتی ذخیره شوند. شستن تخم مرغها راه نفوذ میکروبها را به داخل تخم مرغ باز می کند و به همـین دلیـل شـستن آنهـا توصـیه نمـی گردد[۲]. بین ۳ تا ۵ درصد تخم مرغها ترک دار هستند[۸]. در میان تخم مرغهای بارور مواردی وجود دارد که جنین آنها تلف مـی شود. در منحنی تلفات جنین جوجه های گوشتی، در سه مرحله تلفات بیشتری مـشاهده مـی شـود. مرحلـه نخـست: از روز دوم تـا چهارم که به علت ناتوانی جنین در مواجهه با تغییرات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی مراحل اولیه رشد رخ می دهد. مرحله دوم: از روز یازدهم تا روز چهاردهم که به خاطر کمبود عناصر غذایی از جمله اسید پانتوتنیک می باشد و نهایتاً از روز هفدهم تا بیـست و یکـم که به دلیل نوسانات حرارتی و رطوبتی ماشین به وقوع می پیوندد. به علل فوق عوامل ژنتیک و بیماریهایی که از طریق تخم مـرغ از مادر به جنین منتقل می شود را نیز میتوان اضافه نمود. درصد نطفه داری در نژادهای سبک مثل لگهورن در بهترین حالت۹۰٪ و در نژادهای سنگین ۸۵٪ می باشد[۲].

عواملی که در درصد نطفه داری موثرند عبارتند از: سن گله مادر، تغذیه، نسبت مناسب بین مرغها و خروسها، دمـای مناسـب، نور، نژاد و توارث، همخونی[2] و آمیخته گری[3]، روشهای جفت گیری[۲و۴].

امروزه در مراکز تولید جوجه برای تعیین نطفه داری از دستگاه کندلر[4] استفاده می شود. با قرار دادن تخم مرغ در مقابـل روزنـه نوری به طوری که نور از کنار روزنه فرار نکند، درون تخم مرغ روشن شده و محتویات داخل آن نمایـان خواهـد شـد. غالبـاً تخـم مرغها در روز هفتم وچهاردهم جوجه کشی بازدید می شوند و آنهایی که قابیت جوجه آوری ندارند از ماشین خارج می شوند [۲].

در هنگام کندلینگ تخم مرغهای نابارور کاملاً شفاف به نظر می رسند در حالی که جنین درتخم مرغهای نطفه دار به صـورت یک لکه تیره به همراه رگهای خونی دیده می شود(شکل عنکبوتی) و با حرکت دادن تخم مرغ، جنین نیـز حرکـت مـی کنـد. اگـر جنین تلف شده باشد رگ خونی ندارد و به پوسته می چسبد و یک حلقه صورتی به نام حلقه خونی پیرامون آن را فرا مـی گیـرد[۲، ۶].

کثیفی پوسته تخم مرغ دقت سیستم دید ماشین را کاهش می دهد و شناسایی را مختل می سازد. تشخیص نطفه داری قبل از ورودتخم مرغها به ستری تنها با روشهای تخریبی امکان پذیر است و با شکستن تخم مرغ می توان جنین را مشاهده کـرد. عمـلاً ۱۵ تا ۱۸ ساعت بعد از قرار گرفتن تخم مرغها در ماشین به وسـیله دسـتگاههای دقیـق و افـراد خبـره تـشخیص نطفـه داری بـه روشهای غیرتخریبی ممکن است[۲]. ممکن است کارگران عادی به علت خـستگی ناشـی از کـار، مرتکـب خطـا در درجـه بنـدی شوند.طراحی سیستم اتوماتیک برای کاهش این نوع خطاها کمک بسزایی خواهد کرد زیرا ازشـدت کـار و خـستگی کـارگران مـی کاهد[۱۳].

با حذف به موقع و سریع تخم مرغهای نابارور یا آنها که خاصیت جوجه آوری خود را از دست داده اند می توان آنها را قبل از فـساد به فروش رسانید. البته فروش این تخم مرغها به منظور مصرف غذایی کار پسندیده ای نیست[۶]. تخم مرغهای حذف شده بعـد از

---

[1] hatch-

[2] in breeding-

[3] cross breeding-

[4] candler-

فراوری، به عنوان منبع پروتئینی به جیره غذایی دام و طیور اضافه می شوند. تخم مرغهای نابارور باعث آلودگی ماشین جوجه کشی می شوند. آنهایی که جنینشان تلف شده است گازهای نامطبوعی تولید می کنند که باعث ناراحتی جنینهای سالم می گردد با خروج آنها به ظرفیت مفید دستگاه نیز افزوده می گردد[۲،۳، ۵].

به گفته مسئولین طیور جهاد کشاورزی در کشور ما تولیدکنندگان جوجه تمایل زیادی به کندلینگ از خود نشان نمی دهند زیرا برای آنها مرقون به صرفه نیست که هزینه زیادی را صرف کارگرانی کنند که مجبورند روزانه هزاران تخم مرغ را کنترل کنند. در نتیجه تولید کننده، تلفات۲۰٪ الی ۳۰ ٪ را نادیده انگاشته و به تولیدی با راندمان حدود ۸۰٪ اکتفا می کند. به نظر آنها هزینه کارگر معادل هزینه تلفات می باشد.

در این پژوهش کوشیده شده است با طراحی سامانه ای که بتواند به صورت خودکار ناباروری و یا بدون نطفه بودن را قبل از روز چهارم جوجه کشی تشخیص دهد، راهکار مناسبی برای حل این مسائل در این زمینه ایجاد کرد. یا لااقل بتواند به عنوان یک طرح و ایده مطرح شده پژوهشهای بیشتری را در این زمینه از سوی محققان برانگیزد.

پاتل و همکاران[۱] با استفاده از سیستم دید ماشین رنگی و بهره گیری از شبکه های عصبی مصنوعی توانستند خراییهای تخم مرغ را به خوبی شناسایی کنند و بین هر خرابی با خرابی دیگر تمایز قائل شوند[۱۳].

ناکانو و موتوناگا[۲] با استفاده از نور مادون قرمز و دستگاه NIRS[3] که بیشتر کاربرد پزشکی دارد روشی را برای تشخیص تخم مرغهای با لکه خونی و غیر نرمال ایجاد کردند که قدرت شناسایی و تشخیص تخم مرغهای سالم ۱۰۰٪ و با نقطه خونی۹۶/۸ ٪ برآورد شد. [۷].

ناکانوو و همکاران [۴] در تحقیقی بر روی طیف رنگی، که توسط دوربین مولتی اسپکتروم MSC به دست آمد و با مقایسه نورمنعکس شده از تخم مرغهای طبیعی و غیر طبیعی پوسته قهوه ای، آستانه نمایان ساختن و کشف نقاط خونی در تخم مرغ را استخراج نمودند و با ایجاد شبکه های عصبی، ضریب شناسایی و دقت سیستم تا اندازه زیادی افزایش پیدا کرد [۱۱].

الستر و گودرام[۵] به منظورشناسایی ترکهای پوسته، یک برنامه برای آنالیزتصاویر سطح خاکستری تخم مرغهای ساکن و بی حرکت ایجادکردندکه ضریب موفقیت ۹۶٪ به دست آمد. زمان پردازش تصویر برای هر تخم مرغ ۵/۳ ثانیه میباشد [۷].آنها همچنین برای شناسایی ترک در هر نقطه از تخم مرغ در حال گردش کارشان را ادامه دادند. شناسایی ترکها به اندازه تخم مرغها و کالیبره کردن دستگاه با دادن ثابتهای مختلف، بستگی داشت[۸].

پاتل و همکاران [۶] با استفاده از روشهای تصویر برداری اکتسابی الستر و گودرام برای تبدیل و تهیه عکسهای خاکستری از تخم مرغ های درجه یک و ترک دار استفاده کرد. نمودارهایی از تصویر به وجود آمده برای پرورش ویاد دادن شبکه های عصبی در شناسایی تخم مرغهای ترک دار استفاده شد. این مدل ۹۰٪ دقت داشت و سرعت قابل توجهی نسبت به روشهای الستر و گودرام از خود نشان داد. این کار برای شناسایی تخم مرغهای نقطه خونی و تخم مرغهای کثیف گسترش داده شد. دقت مدل شبکه عصبی برای شناسایی تخم مرغ خونی۸۵/۶٪ و برای شناسایی تخم مرغهای با لکه کثیف ۸۵٪ برآورد شد[۱۲].

مواد و روشها

برای عکس برداری از تخم مرغها از یک دوربین هندیکم CCD[7] مجهز به لنز اتوماتیک و سیستم دید در شب مادون قرمز و یک مبدل آنالوگ به دیجیتال که به کامپیوتر شخصی[۸] متصل شده بود استفاده گردید و مانیتور رنگی[۹]

[1]- Patel and Gooddrum
[2] - Nakano and Motonaga
[3]- Near Inferared spectrum
[4]- Nakano, K., K. Sasaoka
[5]- Elster, R. T. and Goodrum
[6]- Patel
[7]- sony-ccd-tr238e
[8]- pentum4/MSI, Celeron(R)CPU: 2.40GHz ,Intel(R) /Ram:256Mb/HDD:80Gb
[9]- Sync Master MB1763

برای مشاهده تصاویر مورد استفاده قرار گرفت و برای تهیه عکسهای دیجیتال یا رقمی از نرم افزار مربوط به کارت مبدل[1] استفاده گردید.

از دستگاه کندلر 40W مجهز به حلقه لاستیکی کدر(برای جلوگیر ی از فرار نور از کنار تخم مرغ) برای روشن کردن درون تخم مرغها بهره گرفته شد.

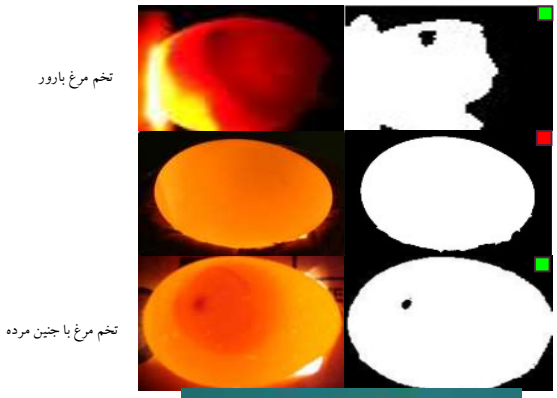
به منظور دستیابی به تصاویر واضح، بعد از تثبیت تخم مرغها روی سوراخ کندلر، از فاصله ۶۰ سانتی متری به صورت ثابت(ایستا) تصویربرداری انجام گرفت و در حافظه کامپیوتر ذخیره شد. نرم افزار ویژه ای به وسیله زبان برنامه نویسی MATLAB و تکنیکهای پردازش تصویر[۹،۵] تهیه گردید. این نرم افزار در مدل رنگی HSV، تصاویر رنگی را به تصاویر دو سطحی (سیاه و سفید) تبدیل و ناحیه بندی می کنند. سپس از خصوصیات و تعداد نواحی خروجی ای به صورت کادری سبز یا قرمز مبنی بر باروری یا ناباروری به کاربر ارائه می نماید(شکل ۱).

تعیین در صد خطا:

در آزمایش نخست که به منظور دستیابی به در صد خطای دستگاه انجام شد تعداد ۵۰ عدد تخم مرغ که روز سوم جوجه کشی را پشت سر گذاشته بودند و به روز چهارم وارد شده بودند به صورت کاملاً تصادفی از ۵ ستری متفاوت انتخاب و شماره گذاری گردیدند.

نور مورد استفاده از منبع 40w با فیلتر سبز تامین می شد. تعـ ا د ۵۰ عکس دیجیتال تهیه و با همان شماره تخم مرغها در حافظه کامپیوتر ذخیره گردید. و برنامه نرم افزاری در مورد آنها اجرا شد. برای حذف خطای کندلینگ دستی هر تخم مرغ در ظرف کوچکی که شماره تخم مرغ روی آن درج شده بود شکسته شد(شکل ۲). در نتیجه به روش تخریبی نطفه دار یا بدون نطفه بودن یا وجود جنین مرده در تخم مرغها مورد بررسی قرار گرفت*(شکل۳)*. مشاهده با نظارت محقق، توسط یک فرد خبره انجام شد وتنها نظر فرد در مورد نمونه ها به عنوان مشاهده به روش تخریبی در جداول ثبت گردید.

(شکل ۱) : تصاویر دو سطحی ونتیجه پردازش



(شکل ۲) : تشخیص به روش تخریبی

(جدول ۱) : عملکرد اتو کندلینگ در مقایسه با روش مشاهده تخریبی

[1]- VCD. producer

در صد باروری	جنین مرده	جنین کوچک و نامتمایز	بدون نطفه	نطفه دار	عامل مورد تحقیق
۸۴	۲	۱	۵	۴۲	مشاهده فرد خبره
۸۸	–	–	۶	۴۴	اتوکندلینگ

کارایی برنامه اتوکندینگ در تشخیص تخم مرغهای بارور از نابارور :

تعداد ۳۰۰ عدد تخم مرغ که به صورت کاملاً تصادفی از میان تخم مرغهایی که مراحل ضد عفونی با گاز، تمیز شدن پوسته و کنترل کیفیت اولیه را پشت سر نهاده بودند انجام شد. نمونه ها محصول یک روز مزرعه مرغ مادر بودند. تخم مرغها در سه تکـ ار (هر ستری به عنوان یک تکرار) و هر تکرار به ۴ گروه (نمونه) ۲۵ تایی تقسیم شدند. نمونه ها در طبقات اول، سوم، چهارم و ششم واگن هر ستری قرار گرفتند تا شرایط زیستی به صورت یکنواخت نمونه ها را تحت تاثیر قرار دهد.

تخم مرغها تحت اثر دو تیمار مطالعه شدند:

۱- اتوکندلینگ و استفاده از نرم افزار

۲- کندلینگ دستی و مشاهده فرد خبره

همزمان با ثبت و ذخیره عکس هر تخم مرغ فرد خبره نظر خود را در باره نطفه دار بودن یا بدون نطفه بودن یا وجود جنین مرده اعلام می نمود و نظرات وی در جدولی ثبت می گردید تا مورد مقایسه آماری قرار گیرد .آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چند مشاهده در هر واحد آزمایشی انجام گردید. میانگین تشخیص تخم مرغهای بارور و نابارور از طریق تجزیه واریانس جداول طبقه بندی شده یکطرفه و توزیع F مقایسه شد.

تاثیر اتوکندلینگ بر جوجه درآوری یا درصد هچ

در آزمایش نهایی به تخم مرغهایی که در مرحله اتوکندلینگ روز چهارم توسط برنامه به عنوان بارور معرفی شده بودند، اجازه داده شد تا مراحل جوجه کشی را طی کرده و به جوجه تبدیل شوند. تعداد ۲۵۹ تخم مرغ دردو گروه ۸۶ تایی و یک گروه ۸۷تایی قرار داده شد. تعداد ۲۵۹ تخم مرغ عادی که مورد بازرسی قرار نگرفته بودند نیز به صورت کاملاًتصادفی انتخاب و به عنوان شاهد در دو گروه ۸۶ تایی و یک گروه ۸۷ تایی، در کنار تخم مرغهای کندلینگ شده قرار گرفتند تا مراحل طبیعی رشد جنینهای هر گروه تا پایان ادامه یابد . در روز ۲۱ تعداد جوجه های هر گروه شمارش و با تعداد تخم مرغها مقایسه گردید (شکل ۳).

نتایج و بحث :

عملکرد اتو کندلینگ در مقایسه با روش تخریبی که نتایج بسیار نزدیکی به واقعیت را ارائه می کرد، در حدود ۴٪ خطا دارد. به عبارت دیگر تا ۹۶٪ به تشخیص ماشین می توان اطمینان داشت. علاوه بر فاکتورهای ناشناخته، دلایل عمده خطا شامل موارد ذیل می با شد :

- اتوکندلینگ قادر به تشخیص جنین مرده نیست و آن را به عنوان تخم مر غ بارور می شناسد .
- جنین هایی که در روز چهارم بنا به دلایل ژنتیکی یا فیزولوژیکی رشد کافی نکرده اند شناسایی نمی شوند.

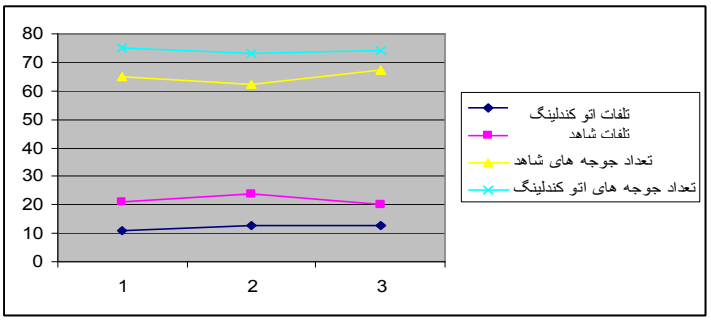
در مقایسه تشخیص تخم نابارور، بین عملکرد اتوکند لینگ وکارگر خبره تفاوت معنی داری مشاهده نمی شود وبرنامه نرم افزاری در جدا کردن تخم مرغهای بدون نطفه از دقت بالایی در حد کارگر خبره برخورداراست که نشان دهنده این است که میتواند جایگزین نیروی انسانی شود. ولی در تشخیص تخم مرغ بارور به علت عدم توانایی تشخیص جنین مرده از جنین زنده توسط ماشین تفاوت در سطح احتمال ۵٪ معنی دار است و عملکرد کارگر خبره از اتوکند لینگ و به مراتب بهتر گزارش می گردد. (جدول ۲).

کاربرد اتوکندلینگ در صد هچ را به صورت قابل ملاحظه ای بهبود می بخشد. در صد جوجه آوری سه گروه اتوکندلینگ شده در مقایسه با سه گروه تخم مرغهایی که به روش عادی به ستری وارد شده بودند در حدود ۱۰/۷٪ تفاوت داشت. در حقیقت کار برد اتوکندلینگ در روز چهارم ۱۰/۷٪ هچ را افزایش داده واز طرفی ۵۶/۹٪ از تلفات متداول را کم کرد . (جدول ۳)

با بهره گیری از شبکه های عصبی مصنوعی، سیستمهای خبره و الگوریتمهای قوی پردازش تصویر و تراشه های پردازنده می توان زمان پردازش تصاویر و تشخیص انواع عیوب ، بهترین تصمیمگیری در انتخاب درجات تخم مرغ از یک دقیقه در این آزمایشات را به کسری از ثانیه تقلیل داد و با ایجاد سیستم کنترل رباتیک هزینه کارگری را به مقدار قابل توجهی کاهش داد . استفاده از پردازش ویدئویی از تخم مرغهای در حال حرکت به جای تصویر برداری به روش ایستا، و توانا ساختن برنامه برای تشخیص و تمایزتخم مرغهای با جنین مرده، بسیارمطلوب میباشد.

اتوکندلینگ در روز چهاردهم جوجه کشی نیز مراقبت زیادی روی جنینهای سالم اعمال می کند. دست یافتن به روشی ارزان، سریع و با قابلیت اطمینان بالا برای تشخیص و حذف تخم مرغهای نابارور پیش از ورود به ستری با استفاده از روشهای MRI ، NIRS ، دوربینهای مونوکروم و سونوگرافی پیشنهاد می گردد. در این صورت تخم مرغ های حذف شده برای مصرف در بازار نیز میتوان استفاده نمود که موضوع مناسبی برای پژوهشهای بیشتر در این زمینه می باشد.

(شکل ۳) : مقایسه اثر تیمارهای مختلف و تیمار شاهد .



جدول ۲–درصد تشخیص باروری و نابروری در روش اتوکندلینگ و مقایسه آن با شاهد.

تیمار	بارور	نابارور
اتو کندلینگ	۸۶/۳۳[a]	۱۳/۶۶[a]
فرد خبره	۸۰ [b]	۱۳/۳۳ [a]
ضریب تغییر	۸/۱۳	۲۱

a, b: در هر ستون، میانگین هایی که واژه همانند دارند، تفاوت آماری معنی داری ندارند (P>./۰۵).

جدول ۳. استفاده دو روش در شناسایی تعداد جوجه ها، تلفات و درصد هچ.

	تعداد جوجه ها	تلفات	درصد هچ
اتوکندلینگ	۷۴[a]	۱۲/۳۳[a]	۷۵[a]
شاهد	۶۴/۴[b]	۲۱/۶۶[b]	۸۵[b]
ضریب تغییر	۳/۰۲	۷/۲۳	۳/۵۵

a, b : در هر ستون، میانگین هایی که واژه همانند دارند، تفاوت آماری معنی داری ندارند (P>./۰۵).

سپاسگزاری :

بدینوسیله از مدیریت محترم شرکت سالار جوجه جناب آقای مهندس سالاری، کارکنان زحمتکش و مجرب آن شرکت محترم، همچنین مهندس ایمان بهشتی تبار و مهندس محمد رضا غفاریان تشکر و قدردانی مینمایم.

منابع :

۱) اوحدی نیا، حسن (۱۳۶۳). اصول مرغداری و تیمارهای طیور.انتشارات اشرافی.

۲) پوررضا، جواد(۱۳۷۹). اصول علمی وعملی پرورش طیور، انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳) رافائل سی. گونزالس،(۱۳۸۳). پردازش تصویر رقمی، ترجمه دکتر مرتضی خادمی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۴) زهری، مرادعلی، اصول پرورش طیور. انتشارات دانشگاه تهران.

۵) صدقیان ،امرالله (۱۳۵۹). راهنمای مرغداری؛صنعت پرورش طیور برای مرغداریهای صنعتی، خانگی، تفریحی، تزئینی. ناشر؛مولف.

۶) مشیری، محمد (۱۳۶۱). مرغداری. انتشارات اشرافی .

7) Elster, R. T. and Goodrum, J. W. (1991). Detection of Cracks in Eggs Using MachineVision. Transactions of the ASAE 30(1): 307-312.

8) Goodrum, J.W. and Elster, R. T. (1992).Machine Vision for Crack Detection in RotatingEggs. Transactions of the ASAE 35(4): 1323–1328

9) Image Processing Toolbox For Use with MATLAB

10) Nakano, Y. Motonaga, K., (2003). A Study Of The Development Of Non-Destructive.Detection System For Aabnormal Eggs. Eftita (2003). Conference5-9.July 2003, Debrecen, Hungary625-631.

11) Nakano, K., Sasaoka K. and Ohtsuka, Y. (2000). A study on non-destructive detection of abnormal eggs by using image processing. Asian Federation for Information Technology in Agriculture, 345-352.

12) Patel, V. C., McClendon, R. W. and Goodrum, J. W. (1994). Crack Detection in EggsUsing Computer Vision and Neural Networks. AI Applications 8(2): 21–31.

13) Patel, V. C., Mcclendon R. W. and Gooddru J. W.. (1998)Color Computer Vision Detection of Defects in Poultry and Artificial Neural Networks for the Eggs_Artificial Intelligence Review 12: 163–176.