تعیین شرایط بهینه نورپردازی در تشخیص سیب‌زمینی از کلوخ و سنگ با بررسی هیستوگرام تصویر

یوسف خزائی[۱]، کامران خیرعلی‌پور[۲*]، عادل حسین‌پور[۲] و حسین جوادی‌کیا[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه ایلام

۲- عضو هیأت علمی گروه مکانیک بیوسیستم دانشگاه ایلام

۳- عضو هیأت علمی گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه

ایمیل مکاتبه کننده: kamrankheiralipour@gmail.com

چکیده

یکی از روش‌هایی که می‌تواند با هزینه پایین برای تشخیص و نهایتاً جداسازی سیب‌زمینی از کلوخ و سنگ به کار رود استفاده از روش پردازش تصویر است. جهت پردازش مطلوب لازم است که شرایط نورپردازی مناسبی فراهم گردد. در این تحقیق لامپ‌های تنگستن، فلورسنت و LED در یک اتاقک تصویربرداری استفاده شد. در مجموع از ۳۷ حالت نورپردازی مختلف استفاده شد. برای پیدا کردن حالت نورپردازی بهینه، هیستوگرام تصاویر در کانال‌های تک رنگ R، G، B، H، S، V و محیط خاکستری بررسی شد. با توجه به دو فاکتور وجود فاصله بین زمینه و هدف و متفاوت بودن آستانه سیب‌زمینی، کلوخ و سنگ در هیستوگرام‌ها، حالت نورپردازی با ترکیب نورهای تنگستن و فلورسنت در دو موقعیت عمودی (بالا و وسط) و در چهار طرف محفظه با زمینه سفید به عنوان شرایط مناسب نورپردازی جهت تصویربرداری انتخاب شد.

کلمات کلیدی: سیب‌زمینی، جداسازی، نورپردازی، هیستوگرام.

۱ مقدمه

سیب‌زمینی با نام علمی *Solanum tuberosum* جزء خانواده سولاناسه[۱] است. منشأ آن کشورهای پرو، شیلی و اکوادور در قاره آمریکاست (کاظمی،۱۳۹۰). سیب‌زمینی یکی از مهمترین محصولات کشاورزی از نظر اقتصادی می باشد، چراکه امروزه در اکثر کشورها کاشته می‌شود. سیب‌زمینی اولین محصول کشاورزی است که در فضا نیز کشت شده است. اهمیت آن به اندازه‌ای است که سال ۲۰۰۸ به نام این محصول نامگذاری گردید. سیب‌زمینی مواد اولیه بسیاری از کارخانه‌های تولید کننده مواد خوراکی (مثل چیپس سازی[۲] و تولید نشاسته خوراکی سیب‌زمینی است. نشاسته سیب‌زمینی در صنایع مختلفی مثل تولید چوب و کاغذ، صنایع نساجی و تولید پارچه، تولید سوخت و حفاری‌های نفتی، نوشابه سازی و داروسازی کاربرد دارد. از نشاسته سیب‌زمینی که قابلیت برگشت به طبیعت را

1- Solanaceae
2- Chips or crisps

دارد، به عنوان یک جایگزین برای پلاستیک‌ها می‌تواند استفاده شود و در تهیه ظروف پلاستیکی که مصرف بالایی دارند مورد استفاده قرار گیرد. مقادیر زیادی الکل نیز برای مصارف مختلف صنعتی و پزشکی از سیب‌زمینی قابل استخراج است. (رشیدی، ۱۳۸۹). سیب‌زمینی بر اساس طعم، اندازه، شکل، رنگ و میزان محتوای نشاسته‌ای به انواع گوناگونی تقسیم‌بندی می‌گردند. پوست سیب‌زمینی به رنگ‌های زرد، قهوه‌ای، صورتی، قرمز و ارغوانی موجود می‌باشد. خود سیب‌زمینی نیز سفید و یا همرنگ پوست خود مـی‌باشد. سیب‌زمینی حاوی مواد ارزشمند غذایی است و از نظر انرژی‌زایی حایز اهمیت ویژه‌ای است. انرژی حاصل از سیب‌زمینی برای انسان نسبت به برنج و گندم به‌ترتیب ۷۸ ٪ و ۷۵ ٪ بیشتر است. حدود ۲۰ ٪ غده سیب‌زمینی مواد نشاسته‌ای و میزان پروتئین آن حدود ۲ ٪ است (فائو[1]، ۲۰۰۸).

سیب‌زمینی در سراسر جهان با مجموع تولید ۳۳۰ میلیون تن از سطحی حدود ۱۹/۱ میلیون هکتار برخوردار است. چین با تولید ٦۹ میلیون تن عمده‌ترین تولید کننده جهان و ایران در رتبه دوازدهم قرار دارد (کاظمی، ۱۳۹۰). در کشور ما نزدیک به دویست هزار هکتار سطح زیرکشت سیب‌زمینی است که پنج میلیون تن تولید داشته است. استان همدان بیشترین سطح زیرکشت را به خود اختصاص داده است (وزارت کشاورزی، ۱۳۸۸). عملکرد سیب‌زمینی آبی در کشور نزدیک به ۲۷ تن در هکتار و در کشت دیم تقریبا ۵ تن در هکتار است (رشیدی، ۱۳۸۹). اندام سبز سیب‌زمینی از جمله برگ و ساقه آن دارای ماده‌ای به نام سولانین است که اثر تدخیر کننده دارد و در استعمال خارجی برای تسکین دردهای روماتیسمی و عصبی استفاده می‌شود. غده سیب‌زمینی دارای مقادیر نسبتاً خوب ویتامین ث است (حدود ۲۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و می‌تواند برای مقابله با اسکوربوت یعنی کمی ویتامین ث در بدن مورد استفاده قرار گیرد. سیب‌زمینی نارس دارای ویتامین ث بیشتری است. سیب‌زمینی خام تازه رنده شده را به عنوان پماد یا ضماد برای تسکین سوختگی‌های سطحی بدن به‌کار می برند. ضماد آن برای تسکین ورم‌های حاد و کوبیدگی و ضرب خوردگی مفید است و اثر آرام بخش دارد. تحقیقات علمی نشان داده است که سیب‌زمینی دارای خواص ضد سرطان نیز می‌باشد (پوریای ولی، ۱۳۸۸).

در مناطقی که برداشت سیب‌زمینی با کمباین انجام می‌شود، جداسازی سیب‌زمینی از کلوخ و سنگ به صورت کامل انجام نمی‌شود و برای تکمیل جداسازی از نیروی کارگری استفاده می‌شود که این خود سبب افزایش قیمت تمام شده محصول می‌شود. در صورتی‌که پایین بودن قیمت تمام شده محصولات کشاورزی یکی از اهداف مهم تمام تولید کنندگان است. مرحله برداشت بخش عمده‌ای از هزینه‌ها را به خود اختصاص می‌دهد. در سال‌های اخیر استفاده از روش پردازش تصویر و ماشین بینایی به خاطر مزایای زیاد آن متداول شده است. نورپردازی یک عامل کلیدی و تأثیرگذار بر روی کیفیت تصویر تهیه شده توسط دوربین است که به عنوان ورودی ماشین بینایی مورد استفاده قرار می‌گیرد. نورپردازی تا ۳۰ ٪ حجم کار و تلاش طراحی اجزاء یک سامانه ماشین بینایی را به خود اختصاص می‌دهد. با توجه به این که هیچ سامانه نورپردازی جامع و کاملی وجود ندارد که برای تمامی کاربردها کارآیی داشته باشد، لازم است برای یک کاربرد خاص به طور جداگانه و اختصاصی تجهیزات نورپردازی در نظر

1- FAO

گرفته شود. نوع و روش نورپردازی بر میزان پردازش‌های بعدی و نتایج حاصل آن تأثیرگذار است. به همین دلیل برای داشتن تصاویر با کیفیت باید حالت نورپردازی و زمینه مناسب مشخص شود. در بسیاری از سامانه‌های ماشین بینایی که در گذشته در صنعت بکار رفته‌اند از نور مرئی استفاده شده است. علت آن از یک طرف در دسترس بودن و از طرف دیگر خودکار نمودن عمل بازرسی می‌باشد که قبلاً توسط کارگر انجام شده است. بازرسی توسط کارگر بر اساس توانایی چشم و در محدوده طول موج نور مرئی می‌باشد. چند نوع لامپ که نور مرئی تولید می‌کنند و اغلب در صنعت استفاده می‌شوند عبارتند از: لامپ‌های التهابی، فلورسنت، LED، بخار جیوه و بخار سدیم. اخیراً استفاده از نور غیرمرئی شبیه اشعهٔ ایکس، ماوراء بنفش و فروسرخ به دلیل نیاز به انجام بازرسی‌های ویژه رو به افزایش است که توسط نور مرئی انجام‌پذیر نیست (خلیلی، ۱۳۸۰). روش‌های متفاوتی جهت تعیین شرایط بهینه نورپردازی از سوی محققین ارائه شده است. عادل‌خانی[1] و همکاران (۲۰۱۲) جهت پردازش تصویر مرکبات ارتفاع دوربین و شرایط نورپردازی بهینه را با کمک گرفتن از هیستوگرام انتخاب نمودند. بهترین شرایط برای نورپردازی ارتفاع ۱۰ سانتی‌متری برای دوربین و انتخاب نورهای LED و سفید بود. شفیعی و همکاران (۱۳۹۲) سامانه نورپردازی مناسبی برای مواد غذایی نیمه شفاف (مانند عسل) را با استفاده از توصیف‌گرهای ماتریس هم‌وقوعی طراحی نمودند. ابراهیمی[2] و همکاران (۲۰۱۲) جهت طبقه‌بندی سیب‌زمینی بر اساس محتوای رطوبتی‌شان از شبکه عصبی مصنوعی استفاده کردند. ایشان برای تصویربرداری از نمونه‌ها از یک سامانه نورپردازی ساده شامل دو عدد لامپ فلورسنت که به صورت موازی قرار گرفته بود استفاده کردند.

پوردربانی و همکاران (۱۳۸۸) درجه‌بندی کیفی سیب را با استفاده از پردازش تصویر بررسی نمودند. ایشان پس از بررسی انواع منابع نورپردازی، LED را به عنوان بهترین منبع نور انتخاب کردند. آن‌ها لامپ‌ها را طوری قرار دادند که از تشکیل سایه‌ها در تصویر جلوگیری کرده و نور یکنواختی تولید گردد.

هدف از این تحقیق پیدا کردن شرایط بهینه نورپردازی در تشخیص سیب‌زمینی از کلوخ و سنگ می باشد. شرایط بهینه نورپردازی برای جداسازی سیب زمینی از کلوخ و سنگ به روش پردازش تصویر مورد نیاز می باشد.

۲ مواد و روش‌ها

۲-۱ تهیه نمونه‌ها

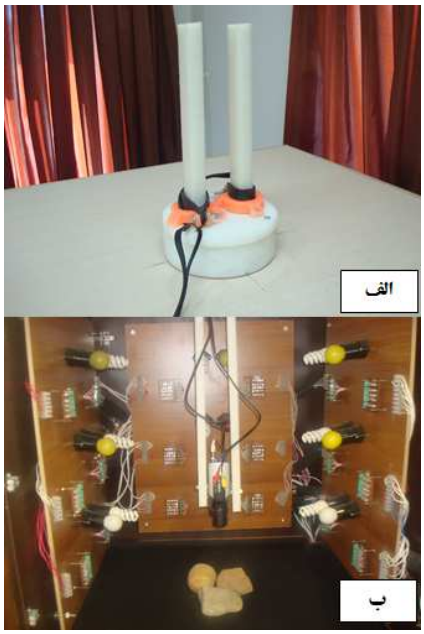
سه رقم سیب‌زمینی شامل آگریا[3]، آریندا[4] و بانبا[5]، هر یک به تعداد ۱۰۰ نمونه، تهیه گردید. علاوه بر آن‌ها، ۱۰۰ سیب‌زمینی آغشته به گِل از رقم آریندا نیز تهیه شد. این انتخاب به این علت بود تا تشابه سیب‌زمینی به کلوخ بیشتر

1- Adelkhani
2- Ebrahimi
3- Agria
4- Arinda
5- Banba

شود. همچنین ۱۰۰ نمونه کلوخ و ۱۰۰ نمونه سنگ تهیه گردید. سعی شد سنگ‌های انتخاب شده تا حد امکان از لحاظ اندازه و رنگ مشابه سیب‌زمینی باشد.

۲-۲ مجموعه تصویربرداری

محفظه تصویربرداری (شکل ۱) به صورت یک مکعب مربع به طول ضلع ۸۰ سانتی‌متر از ورق چوبی ساخته شده و از یکی از دیواره‌های جانبی آن بعنوان درب استفاده شده است. در وسط سقف محفظه محلی برای تعبیه پایه نگهدارنده دوربین تعبیه شده است.



شکل ۱. مجموعه تصویربرداری، الف) نگهدارنده پایه دوربین و ب) اتاقک تصویربرداری.

از یک دوربین بوش (مدل CCD540، آلمان) با وضوح پذیری ۱۰ مگاپیکسل برای تهیه تصاویر استفاده شد. به این ترتیب ارتفاع دوربین ۲۰ سانتی‌متر تنظیم گردید. جهت انتقال تصاویر از دوربین به رایانه از کارت تصویر Pinnacle Studio Vision، CTV 150e/55e PAL/SEC Rev: 1.2، ساخت کشور چین) استفاده شد. دوربین از طریق این کارت به یک رایانه Acer (مدل پردازشگر، (Intel(R) Core(TM) i5 -2430M CPU @ 2.40 GHz با حافظه 4 GB (RAM) وصل گردید. نرم‌افزار مورد استفاده در این تحقیق جهت فرآیند اکتساب و پردازش تصویر، MATLAB 2010a می‌باشد. این نرم‌افزار در تحلیل تصاویر و پردازش آن‌ها بسیار کارآمد می‌باشد (جعفرنژاد قمی، ۱۳۹۱).

جهت نورپردازی از سه نوع لامپ استفاده شد: لامپ تنگستن (۲۲۰ ولت، ۱۵ وات)، لامپ فلورسنت (۲۲۰ ولت، ۱۱ وات) و لامپ LED در ۵ رنگ سبز، سفید، قرمز، آبی و نارنجی (۱/۵ ولت، ۳۰ میلی وات). هر رنگ در دسته

۱۰ تایی و به صورت خطی قرار گرفته‌اند. همچنین از یک ترانسفرماتور کاهنده (۲۲۰ به ۱۲ ولت) جهت تأمین ولتاژ لامپ‌های LED استفاده شد. این لامپ‌ها در چهار دیواره محفظه نصب و در هر دیواره نیز در سه ردیف (بالا، وسط و پایین) تعبیه شده‌اند. این تنوع سبب می‌شود تا حالت‌های نورپردازی بیشتری بوجود آمده و جهت بدست آوردن بهترین شرایط نورپردازی حالت‌های بیشتری آزمایش شود. لامپ‌های مشابه که در دو دیواره مقابل هم قرار گرفته‌اند با یک کلید دو وضعیتی روشن و خاموش می‌شوند. به این ترتیب شش کلید برای لامپ‌های تنگستن، شش کلید برای لامپ‌های فلورسنت و ۳۰ کلید برای لامپ‌های LED (جمعاً ٤۲ کلید) استفاده شد. شکل (۲) نمایی از مجموعه لامپ‌ها و کلیدها را نشان می‌دهد.

شکل ۲. الف) مجموعه کلیدها و ب) مجموعه لامپ‌ها.

پس زمینه تصویر از دو رنگ سفید و سیاه مورد ارزیابی قرار گرفت. به این ترتیب تصاویری در هر حالت نورپردازی یک بار با زمینه سفید و یک بار با زمینه سیاه تهیه شد. در مراحل بعد که باید تصویر از زمینه جدا شود، زمینه سفید یا سیاه نسبت به زمینه رنگی برتری دارند. مضاف بر این که استفاده از زمینه رنگی مشکلاتی را به‌وجود خواهد آورد. برای این که زمینه انعکاس نور نداشته باشد، از پارچه نخی استفاده شد.

۲-۳ تصویربرداری

در جدول (۱) حالت های مختلف نورپردازی مورد ارزیابی، در مجموع ۳۷ حالت، آمده است. لامپ‌های موجود بر روی درب محفظه و دیواره مقابل آن در یک دسته با نام " جلو و عقب" و لامپ‌های موجود بر روی دیواره‌های جانبی با نام "چپ و راست" مشخص شده است. همچنین بر روی هر دیواره مجموعه‌ای از لامپ‌ها در سه ردیف بالا، وسط و پایین قرار دارد که در ستون به عنوان "موقعیت عمودی" معرفی شده است. مجموعه لامپ‌های استفاده شده شامل تنگستن، فلورسنت و LED است که به ترتیب با T، F و L نشان داده شده است. رنگ‌های مختلف لامپ‌های LED شامل سبز، سفید، آبی و نارنجی نیز به ترتیب با حروف L(G)، L(W)، L(B) و L(O) نشان داده شده است.

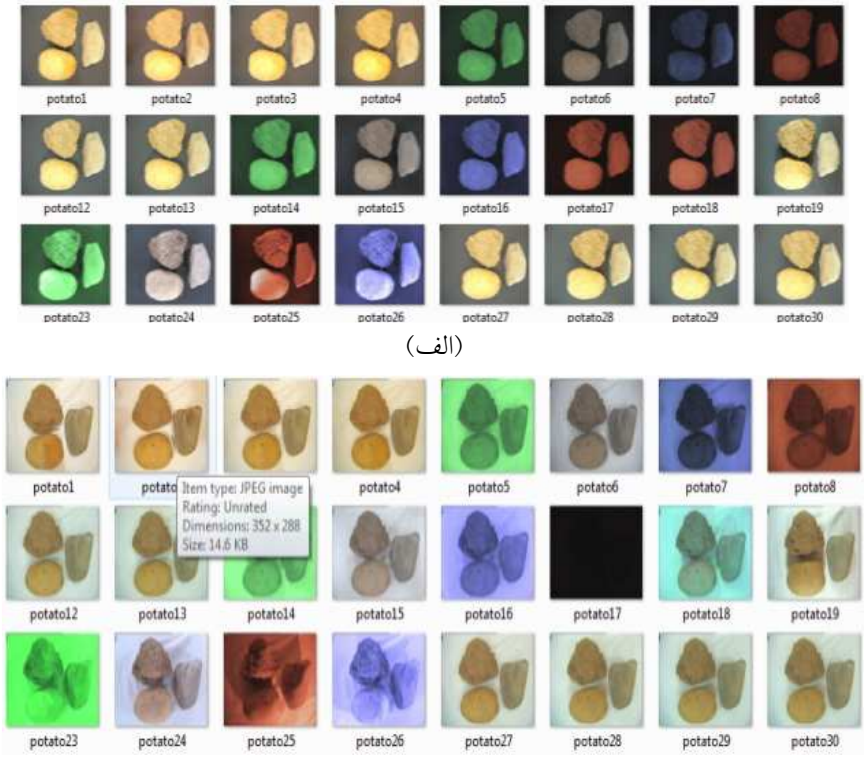
جدول ۱. حالت‌های مختلف نورپردازی.

ردیف	موقعیت	نوع لامپ	لامپ‌های موجود بر روی
۱	پایین	T+F	چپ و راست
۲	پایین	T+F	جلو و عقب
۳	پایین	T+F	جلو و عقب و چپ و راست
٤	پایین	T	جلو و عقب و چپ و راست
٥	پایین	F	جلو و عقب و چپ و راست
٦	پایین	L+T+F	جلو و عقب و چپ و راست
۷	پایین	L(G)	جلو و عقب و چپ و راست
۸	پایین	L(W)	جلو و عقب و چپ و راست
۹	پایین	L(B)	جلو و عقب و چپ و راست
۱۰	پایین	L(O)	جلو و عقب و چپ و راست
۱۱	پایین	L	جلو و عقب و چپ و راست
۱۲	وسط	T+F	چپ و راست
۱۳	وسط	T+F	جلو و عقب
۱٤	وسط	T+F	جلو و عقب و چپ و راست
۱٥	وسط	T	جلو و عقب و چپ و راست
۱٦	وسط	F	جلو و عقب و چپ و راست
۱۷	وسط	L+T+F	جلو و عقب و چپ و راست
۱۸	وسط	L(G)	جلو و عقب و چپ و راست
۱۹	وسط	L(W)	جلو و عقب و چپ و راست
۲۰	وسط	L(B)	جلو و عقب و چپ و راست
۲۱	وسط	L(O)	جلو و عقب و چپ و راست
۲۲	وسط	L	جلو و عقب و چپ و راست
۲۳	بالا	T+F	چپ و راست
۲٤	بالا	T+F	جلو و عقب
۲٥	بالا	T+F	جلو و عقب و چپ و راست
۲٦	بالا	T	جلو و عقب و چپ و راست
۲۷	بالا	F	جلو و عقب و چپ و راست
۲۸	بالا	L+T+F	جلو و عقب و چپ و راست
۲۹	بالا	L(G)	جلو و عقب و چپ و راست
۳۰	بالا	L(W)	جلو و عقب و چپ و راست
۳۱	بالا	L(B)	جلو و عقب و چپ و راست
۳۲	بالا	L(O)	جلو و عقب و چپ و راست
۳۳	بالا	L	جلو و عقب و چپ و راست
۳٤	بالا + وسط	T+F	جلو و عقب و چپ و راست
۳٥	بالا + پایین	T+F	جلو و عقب و چپ و راست
۳٦	پایین +	T+F	جلو و عقب و چپ و راست
۳۷	بالا +	T+F	جلو و عقب و چپ و راست

برای بررسی این موضوع که پردازش تصاویر با زمینه سفید بهتر انجام می‌شود یا با زمینه سیاه، از هر دو زمینه برای حالت‌های نورپردازی استفاده شد. در شکل (۳) تصاویر بدست آمده با نورهای متفاوت (با زمینه سفید و سیاه) نشان داده شده است.

٤-۲ بررسی هیستوگرام

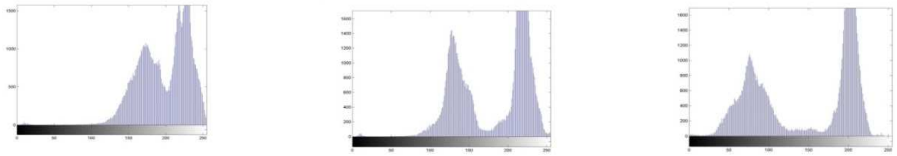
به عنوان نمونه، در شکل (٤) یک حالت نورپردازی شامل ترکیب نور لامپ‌های تنگستن و فلورسنت در موقعیت عمودی بالا و بر روی دیواره چپ و راست محفظه تصویربرداری با پس‌زمینه سفید نشان داده شده است. در این حالت یک تصویر شامل یک نمونه سیب‌زمینی، یک نمونه کلوخ و یک نمونه سنگ تهیه گردید. هیستوگرام این تصویر در فضاهای مختلف، شامل RGB، HSV و Gray در شکل‌های (٤-الف) تا (٤-ج) نشان داده شده است. با بررسی هیستوگرام‌ها، میزان همپوشانی اشیاء مورد بررسی قرار گرفت. حالت مطلوب‌تر، همپوشانی کمتر اشیاء است.



(الف)

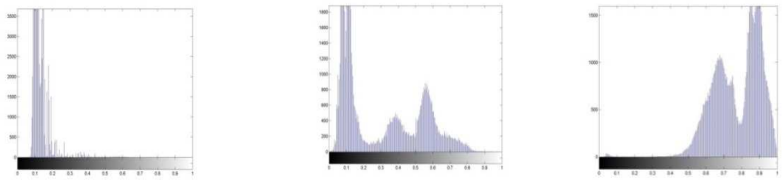
(ب)

شکل ۳. تصاویر بدست آمده با نورهای متفاوت: الف) با زمینه سیاه و ب) با زمینه سفید.



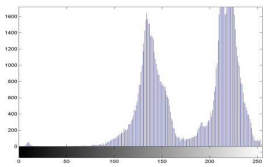
R G B

(الف)



H S V

(ب)

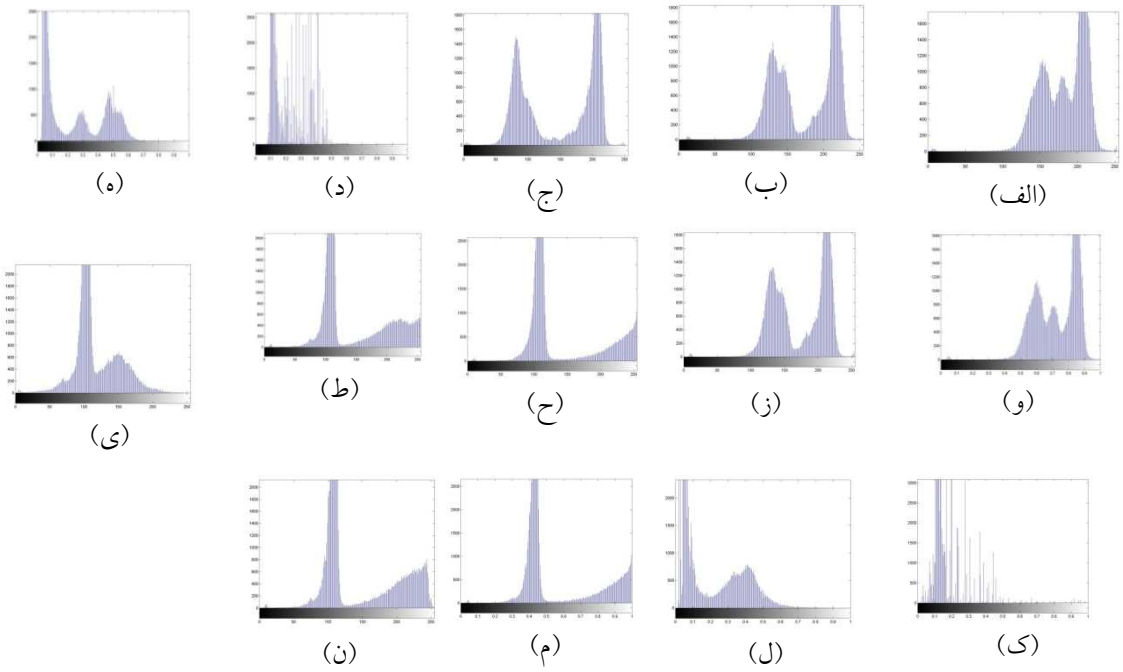


(ج)

شکل ٤. هیستوگرام تصویر، الف) فضای RGB، ب) فضای HSV و ج) سطح خاکستری (gray).

۳ نتایج و بحث

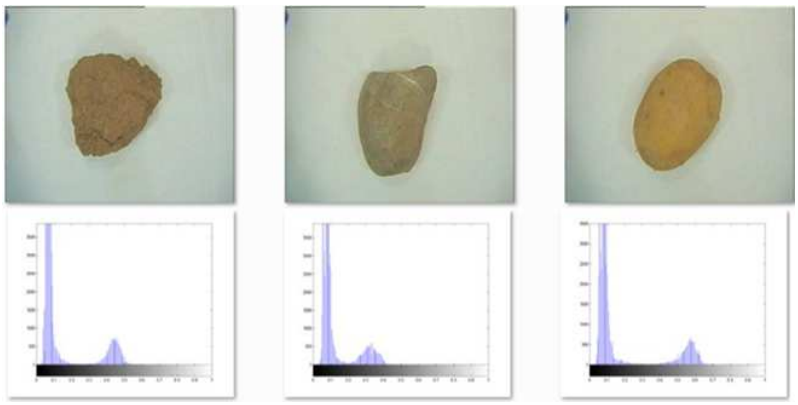
هیستوگرام نمونه سه تایی (شامل سیب‌زمینی، سنگ و کلوخ) در دو زمینه سفید و سیاه و در کانال‌های رنگ R، G، B، H، S، V و سطح خاکستری برای ۳۷ حالت نورپردازی که در جدول (۱) ارائه شد بررسی گردید. برای نمونه هیستوگرام‌های هر یک از کانال‌ها مربوط به حالت نورپردازی شماره ۳٤ با زمینه سفید و سیاه در شکل (۵) نشان داده شده است. در این شکل الف) کانال R با زمینه سفید، ب) کانال G با زمینه سفید، ج) کانال B با زمینه سفید، د) کانال H با زمینه سفید، ه) کانال S با زمینه سفید، و) کانال V با زمینه سفید، ز) سطح Gray با زمینه سفید، ح) کانال R با زمینه سیاه، ط) کانال G با زمینه سیاه، ی) کانال B با زمینه سیاه، ک) کانال H با زمینه سیاه، ل) کانال S با زمینه سیاه، م) کانال V با زمینه سیاه و ن) سطح Gray با زمینه سیاه می باشد.



شکل ۵. هیستوگرام های مربوط به کانال های مختلف حالت نورپردازی شماره ۳٤.

از میان هیستوگرام‌های شکل (۵)، هیستوگرام شکل (۵-ه) یعنی کانال S از بقیه مناسب‌تر می‌باشد که مربوط به ترکیب نورهای تنگستن و فلورسنت در دو موقعیت عمودی (بالا و وسط) و در چهار طرف محفظه با زمینه سفید است. این حالت به عنوان شرایط مناسب نورپردازی جهت تصویربرداری در نظر گرفته شد. اما این هیستوگرام مربوط به نمونه‌های سه تایی است. جهت تأیید انتخاب انجام شده، هیستوگرام تصویر منفرد (سیب‌زمینی، کلوخ و سنگ) مطابق با شرایط انتخاب شده در شکل (٦) نشان داده شده است. همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود می‌توان دو ویژگی را ملاحظه نمود، اول این‌که در هر یک از آن‌ها بین زمینه و هدف فاصله وجود دارد یعنی این‌که می‌توان هدف را از زمینه جدا نمود. دوم این‌که آستانه هر یک از هیستوگرام‌های سیب‌زمینی، سنگ و کلوخ با هم

متفاوت هستند. این دو ویژگی در وضعیت نورپردازی فوق نسبت به سایر وضعیت‌های نوری به شکل مطلوب‌تری فراهم شده است و به همین علت انتخاب گردید.



شکل ٦. هیستوگرام مربوط به کانال S حالت نورپردازی انتخاب شده.

٤ نتیجه گیری

در این تحقیق، حالت های مختلف نورپردازی برای جداسازی سیب زمینی از کلوخه و سنگ با پس زمینه های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. مشخص گردید که استفاده از ترکیب نورهای تنگستن و فلورسنت در دو موقعیت عمودی (بالا و وسط) و در چهار طرف محفظه با زمینه سفید بهترین حالت نورپردازی جهت تصویربرداری از تمام نمونه‌ها می باشد. این نتیجه با بررسی هیستوگرام های مربوط به کانال S بدست آمد.

منابع و مآخذ

۱. پوردربانی، ر. قاسم‌زاده، ح. آقاگل‌زاده، ع. بهفر، ح. ۱۳۸۸. امکان سنجی درجه‌بندی کیفی سیب با استفاده از پردازش تصویر. مجله پژوهش‌های صنایع غذایی.
۲. پوریای ولی، م. ۱۳۸۸. سیب‌زمینی و تولید آن در خارج از فصل. چاپ اول. اصفهان. نشر نصوح.
۳. جعفرنژاد قمی، ع. ۱۳۹۱. پردازش تصویر دیجیتال با زبان متلب. (ترجمه). چاپ دوم. بابل. نشر علوم رایانه.
٤. خلیلی، خ. ۱۳۸۰. ماشین بینایی و اصول پردازش دیجیتالی تصویر. چاپ اول. انتشارات‌جهان‌نو.
۵. رشیدی، ن. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر مواد آلی و سوپر جاذب آب بر عملکرد کمی و کیفی سیب‌زمینی (رقم مارفونا). دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
٦. شفیعی، س. مینایی، س. مقدم چرکری، ن. برزگر، م. ۱۳۹۲. طراحی سیستم نورپردازی مناسب برای مواد غذایی نیمه شفاف با استفاده از توصیف گرهای ماتریس هم- وقوعی. هشتمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی (بیوسیستم) و مکانیزاسیون ایران. مشهد. دانشگاه فردوسی مشهد.
۷. کاظمی، م. ۱۳۹۰. مدیریت تولید سیب‌زمینی. چاپ اول. تهران. انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی.

۸. وزارت کشاورزی، ۱۳۸۸. (maj.ir)

9. Adelkhani, A. 2012. Optimization of Lighting Conditions and Camera Height for Citrus Image Processing. World Applied Sciences Journal. 18 (10), 1435-1442.

10. Ebrahimi, E. Mollazade, K. & Arefi, A. 2012. An Expert System for Classification of Potato Tubers using Image Processing and Artificial Neural Networks. International Journal of Food Engineering. Vol. 8, Iss. 4, Article 9.

11. Food and agriculture organization of the united nations (FAO) 2008. Available from: www. fao.org [accessed September 2014].

Determining the optimal lighting condition for detection of potato from clod and stone by image histogram analysis

Abstract
One of the potential approaches for detection and separation of potatoe from the clod and stone with low cast is the of image processing technique. Highe quality of images processing needs an optimal lighting condition. In this study tungsten, fluorescent and LED lamps were used. Totally, 37 different lighting conditions were considered. To find the optimal lighting condition, the image histograms of single color channels such as: R, G, B, H, S, V was investigated. Considering two factors, the distance between target and background and between potato, clod and stone threshold in the histograms, combining of tungsten and fluorescent lighting in two vertical positions (top and middle) and the four sides of the imaging chamber with white background was chosen as the appropriate conditions for imaging.
Keywords: Potato, Separation, Imaging, Lighting, Histogram.