

مروری بر کاربردهای بینایی ماشین در کشاورزی و صنایع غذایی

محمد امین دانشجو^۱، محمود رضا گلزاریان^{۲*}

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه فردوسی مشهد

* ایمیل نویسنده مسئول: m.golzarian@um.ac.ir

چکیده

نیاز به تکنیک‌های بازرسی سریع، اقتصادی، غیر مخرب و بهداشتی به عنوان جایگزین روش‌های سنتی کنترل کیفیت اهمیت کاربرد بینایی ماشین را بیش از پیش آشکار می‌نماید. پردازش تصویر یکی از این روش‌هاست که به واسطه سرعت و دقت رضایت بخش آن و ایجاد داده‌های توصیفی دقیق در کشاورزی و صنایع غذایی به ویژه بازرسی و درجه بندی میوه‌ها و سبزیجات، آنالیز خصوصیات غلات، ارزیابی غذاها مانند گوشت، پنیر و پیتزا کاربرد دارد. این مقاله مروری بر کاربردهای تکنیک آنالیز تصویر در کشاورزی و صنایع غذایی است.

واژه‌های کلیدی: پردازش تصویر، تضمین کیفیت، صنایع غذایی

مقدمه

اخیراً سیستم‌های ارزیابی بر پایه دوربین کامپیوتر برای ارزیابی حسی محصولات غذایی و کشاورزی توسعه یافته‌اند. این سیستم‌ها که به عنوان سیستم بینایی ماشین شناخته می‌شوند، برای ارزیابی کیفی محصولات کشاورزی و غذایی به خوبی نتیجه داده‌اند.

بینایی ماشین شامل گرفتن تصویر و پردازش تصاویر می‌باشد. به مجموعه عملیات و پردازش‌هایی که در راستای آنالیز تصویر در زمینه مختلف انجام می‌شود علم پردازش تصویر می‌گویند. هر سیستم بینایی ماشین از دو بخش سخت افزاری و نرم افزاری تشکیل می‌شود. سیستم‌های بینایی ماشین و فرآیند پردازش تصویر معمولاً شامل پنج مرحله: تصویربرداری، پردازش اولیه برای بهبود تصویر اصلی، تقسیم بندی تصویر دیجیتال به نواحی جداگانه، عمل اندازه‌گیری مشخصات جسم و عمل دسته بندی اجسام به گروه‌های مختلف می‌باشد.

نورپردازی:



نور پردازی یکی از اصلی ترین قسمت های بینایی ماشین است و تا ۳۰٪ حجم کار و تلاش طراحی اجزای یک سیستم ماشین بینایی را به خود اختصاص میدهد (علیزاده، ۱۳۹۱). بدلیل عدم امکان همیشگی استفاده از نورهای طبیعی، ناچار به استفاده از نورپردازی مصنوعی هستیم (Chen, 2002). انواع روش های نورپردازی عبارتند از نورپردازی پشتی، نورپردازی جلویی، نورپردازی چشمک زن (لحظه ای) و نورپردازی ساختمانی (ساختاری) (Galbiati, 1990).

کاربردهای پردازش تصویر در کشاورزی به حوزه های مختلفی تقسیم می شوند که در این پژوهش به معرفی برخی از آنها پرداخته خواهد شد.

اندازه گیری مساحت ، حجم و وزن

در محاسبه مساحت، حجم و وزن نمونه ها به کمک پردازش تصویر، روش های مختلفی بکار می روند که عمل مشترک همه آنها تبدیل تصویر رنگی به سطح خاکستری و سپس دوسطحی، تعیین لبه و در نهایت اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز است (Gonzalez, 2002).

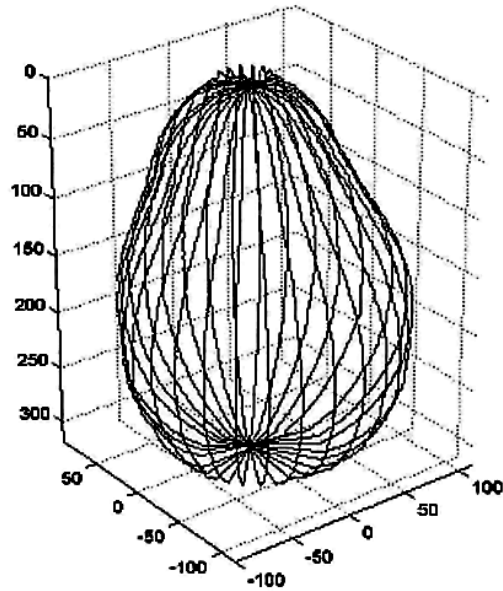
دانشجو و همکاران، با ثبت قطرات پاشیده شده بر روی کاغذهای حساس به آب و نرم افزار پردازش تصویری که ارائه کردند، توانستند سنجش های لازم را بر روی قطرات پاشیده شده انجام دهند. این اندازه گیری ها شامل محاسبه سطح هر لکه، قطر واقعی هر قطره، قطر های میانه عددی و حجمی قطرات، انحراف معیار قطرات، چگالی پاشش، درصد پوشش سطح کاغذ توسط قطرات و یکنواختی پاشش هستند (دانشجو و همکاران، ۱۳۸۷). از ویژگی های دیگر این نرم افزار توانایی محاسبه سطح نمونه هایی مثل برگ درختان است. در این روش تعداد پیکسل های نمونه مورد نظر در تصویر، پس از انجام مراحل پیش پردازش، محاسبه شده و بر اساس ضریب کالیبراسیونی که به نرم افزار داده می شود مساحت نمونه را بر حسب میلی متر مربع نشان می دهد.

امیری پریان و همکاران (۱۳۸۷)، برای محاسبه حجم سیب، پیاز و پسته، توانستند با گرفتن دو تصویر عمود بر هم از نمونه ها به طور جداگانه، استخراج لبه آن و اندازه گیری پارامترهای مورد نیاز از تصاویر، حجم هر نمونه را محاسبه کنند. نتایج نشان داد که حجم محاسبه شده به ترتیب دارای دقت ۹۸/۲ درصد در سیب درختی، ۹۲/۲ درصد در پیاز و ۹۲/۱ درصد در پسته میباشد.

برآورد حجم به کمک سه بعدی سازی

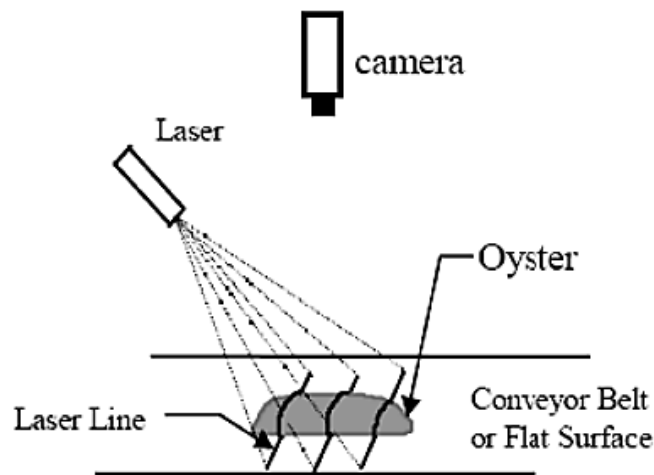
لی و همکاران، برای برآورد حجم و سطح چهار محصول سیب، طالبی، توت و گوجه فرنگی از نورپردازی پشتی و تصویربرداری شعاعی استفاده کردند. ایشان با گرفتن ۳۰ تصویر از گرداگرد سطح محصول در چرخش های ۱۲ درجه ای، اقدام به یافتن مرز در

هر تصویر کردند. سپس با در کنار هم قرار دادن این مرزها به کمک نرم افزاری مخصوص، مدل سه بعدی جسم را بازسازی (شکل ۱) و حجم و سطح رویه آن را محاسبه کردند (Lee, 2006). این روش با وجود محاسبه دقیق حجم، بار محاسباتی زیادی دارد.



شکل ۱- مدل سه بعدی محصول با قرار دادن مرزهای ۳۰ تصویر (Lee, 2006)

برای سه بعدی سازی گوشت صدف خوراکی نیز، از نور پردازی ساختمانی با تابش لیزر بر نمونه (شکل ۲) استفاده شد. مدل سه بعدی با داشتن عرض و ارتفاع هر نقطه، بازسازی شده و حجم نمونه ها محاسبه شد (Lee, 2006). این روش بار محاسباتی کم داشته و در ماشین های پیوسته کاربردی است.

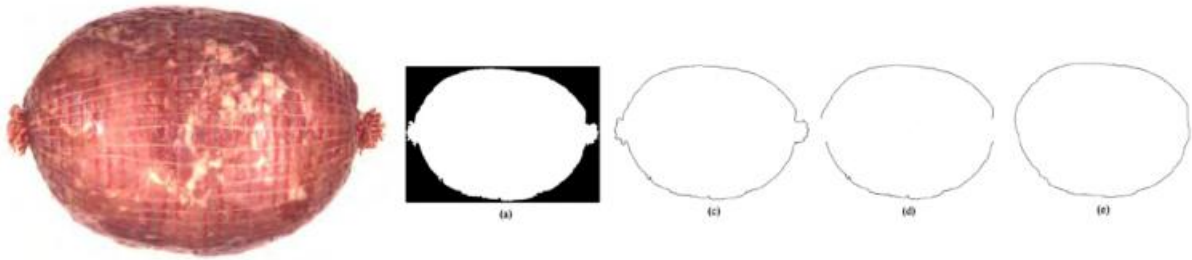


شکل ۲- محاسبه حجم به روش سه بعدی سازی با نورپردازی ساختمانی (Lee, 2006)

برآورد حجم با فرض منتظم بودن شکل هندسی

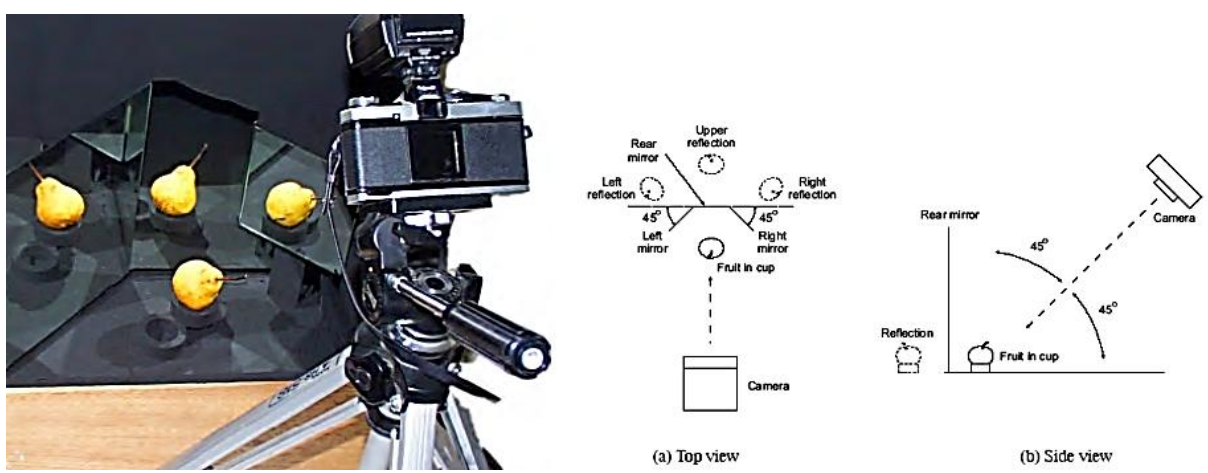
روش هایی که با فرض منتظم بودن شکل هندسی نمونه ها، حجم را محاسبه می نمایند در عین سادگی الگوریتم و داشتن بار محاسباتی کم، در فرایندهایی که نیاز به حجم دقیق نیست، مناسب اند. ماتئو و همکاران، مدل ساده ای را برای محاسبه حجم فلفل دلمه ای ارائه کردند. آن ها رابطه $V_f = 1.1 D^2 L\pi/6$ را برای برآورد حجم این محصول پیشنهاد کردند. که V_f ، حجم محصول، D قطر و L طول محصول است. ضریب همبستگی (R^2) بین حجم برآورد شده و حجم واقعی، 0.65 گزارش شد (Ngouajio, 2003).

در پژوهشی دیگر برای محاسبه حجم قطعات کوکتل (شکل ۳) از رابطه $V = \frac{\pi}{6}LWT$ با فرض بیضی گون بودن آن استفاده شد (Du and sun, 2005). که L قطر بزرگ، W قطر متوسط و T قطر کوچک بیضی گون است. رابطه استفاده شده در این تحقیق، بر گرفته از تحقیق کومار و ماتئو برای اجسام بیضی گون منتظم می باشد (Kumar and Mathew, 2003).



شکل ۳ - مراحل پردازش و سنجش حجم کوکتل (Kumar and Mathew, 2003)

در روشی دیگر برای تعیین حجم میوه ساکن که در مقابل آینه هایی با زاویه 45° درجه قرار داشت و زاویه دید دوربین به میوه نیز 45° درجه بود از محصول در ۶ حالت مختلف تصویر برداری شد (شکل ۴). سپس اطلاعات ۲۴ تصویر گرفته شده بنابر آموزش قبلی به شبکه عصبی داده شده و حجم میوه تعیین شد (Forbes, 2000).



شکل ۴- تعیین حجم به کمک شبکه عصبی (Forbes, 2000)

فاریز در تحقیق خود ۱۲ ویژگی هندسی مشترک تصاویر لیمو، گلابی، پرتقال و سیب را بصورت زیر بکار برده است:

مساحت : تعداد پیکسل های تشکیل دهنده جسم.

محیط : عبارتست از طول مرز جسم.

نسبت ظاهری : نسبت عرض به طول کوچکترین مستطیل محیطی.

قطر میانگین : میانگین ۸ قطر اندازه گیری شده در چرخش های متوالی ۲۲/۵ درجه.

گردی : نسبت مساحت به قطر میانگین.

تحدب : نسبت محیط اصلی به محیط پیوسته محدب.

سختی : نسبت مساحت به مساحت پوسته محدب.

حوزه : نسبت مساحت جسم به مساحت کوچکترین مستطیل محیطی.

انرژی انحناء : عبارت از میانگین مقدار انحناء در مرز جسم.

فاصله میانگین : میانگین فاصله اقلیدسی هر پیکسل از مرکز هندسی.

واریانس فاصله : میانگین تفاضل فاصله اقلیدسی هر پیکسل و فاصله میانگین.

دایروی : نسبت مجذور محیط به مساحت جسم.

برآورد حجم بطور ضمنی

گاهی اوقات با توجه به محدودیت های موجود، محاسبه یک ویژگی با اندازه گیری یک ویژگی دیگر انجام می شود. مرچنت، با گرفتن تصاویری از سیب زمینی های غلتان بر روی نقاله حامل در یک سیستم پیوسته، رابطه ای را برآورد وزن آنها براساس مجذور میانگین مساحت سطح تصویر و بیشینه قطر ۱۲ تصویر، ارائه کرده است (رابطه ۱). در این تحقیق خطای ۷ درصد برای آزمایش ها گزارش شده است (Marchant, 1990). در این تحقیق اگر چه مستقیماً از حجم سختی به میان نیامده، اما بطور ضمنی می توان حجم را با فرض چگالی ثابت برای نمونه های سیب زمینی، با اعمال ضریب تصحیح مناسب محاسبه کرد.

$$Weight \approx \frac{(Projected Area)^2}{Lenght} \quad (1)$$

کاربردهای تشخیصی بینایی ماشین در کشاورزی

یکی از کاربردهای مهم بینایی ماشینی در زمینه شناسایی و جداسازی موضوع مورد نظر در یک تصویر است که موضوع مورد نظر می تواند لکه روی سطح میوه، میوه های نرسیده یا خراب و یا محصول روی زمین یا شاخه درخت یا گیاه باشد.

پائولوس و همکاران (۱۹۹۷) از پردازش تصویر برای استخراج ویژگی هایی چون شکل، اندازه و رنگ در سیب رقم های گلدن دلشز و جوناگلد استفاده کردند، سپس طبقه بندی کیفی سیب توسط انسان را با استفاده از اندازه گیری این خواص به وسیله یک مدل پایه ای درختی شبیه سازی نمودند.

لایکین و همکاران (۲۰۰۰) از پردازش تصویر برای طبقه بندی گوجه فرنگی استفاده کردند. سلول بینایی آنها شامل سه دوربین بود که دوربین زیرین برای تشخیص ساقه و شکل و دو دوربین جوانب با زاویه ۶۰ درجه برای بررسی پارامترهای رنگی و سنجش کیفیت از لحاظ رنگ.

جرالد و همکاران (۱۹۸۹) یک الگوریتم پیمایشی پردازش تصویر برای شناسایی و ارزیابی لکه های روی سیب در تصاویر خاکستری ارائه کردند.

یانگ (۱۹۹۵) از ماشین بینایی برای شناسایی دم چوبی و گودی انتهای میوه سیب استفاده کرد. در این تحقیق یک الگوریتم سیلابی^۱ در تصاویر خاکستری استفاده شده است.

تائو و همکاران (۱۹۹۹) یک تبدیل در تصویر اشیاء کروی شکل برای تعیین سریع لکه بر روی میوه ها ارائه کردند. عباسقلی پور و همکاران (۱۳۸۴) امکان استفاده از ماشین بینایی برای درجه بندی کشمش صادراتی را بررسی نمودند.

تیان و همکاران (۱۹۹۷) توانستند با استفاده از خصوصیتی که در نشای گوجه فرنگی مشاهده نمودند، یعنی زاویه کمتر از ۲۰ درجه بین محورهای اصلی برگهای اولیه این گیاه، توانستند یک سمپاش را مجهز به سیستم هوش مصنوعی نموده تا فقط روی علفهای هرز پاشش کند.

الفاکی و همکاران (۲۰۰۰) موفق شدند با استفاده از ترکیبات مختلف فضای رنگی RGB، گونه هایی از علف هرز مزارع سویا را جداسازی کنند.

تیان و همکاران (۱۹۹۷) جهت جداسازی علف های هرز از فضای رنگ HSI استفاده کردند که رنگ را جدای از شدت نور بیان می کند. فضا های رنگ YCrCb و NTSC نیز رنگ را مستقل از شدت نور بیان می کنند.

تراواکی و همکاران (۲۰۰۲) در جداسازی سه گونه علف هرز از چغندر قند از خصوصیات شکل استفاده کردند. شش خصوصیت شکل محاسبه شد و با استفاده از آنالیز تشخیصی، هر ترکیب خطی از خصوصیات مذکور به یک گونه گیاهی منسوب شد. میزان جداسازی صحیح چغندر قند ۸۷/۲٪ و در مورد علف های هرزی که به عنوان چغندر قند تشخیص داده شدند ۸ درصد گزارش شد.

¹ Flooding

جعفری و همکاران (۱۳۸۳) براساس روابطی که ارائه کردند توانستند هفت نوع علف هرز را از چغندر قند در شرایط مختلف نوری مانند نور مستقیم آفتاب یا سایه برگها یا دستگاه، جداسازی نمایند. در این تحقیق از رابطه 2G-R-B برای حذف زمینه خاک و بقایای گیاهی استفاده شده و ۸۱/۵ تا ۹۰/۳ درصد از علفهای هرز بدرستی تشخیص داده شدند (شکل ۵).



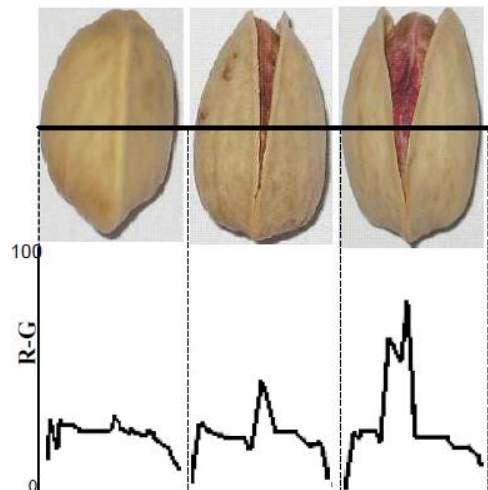
ب



الف

شکل ۵- جداسازی علف های هرز از چغندر قند (الف) تصویر اولیه (ب) نتیجه جداسازی (جعفری و همکاران، ۱۳۸۳)

کثیری و همکاران (۱۳۸۶) برای دسته بندی و جداسازی پسته روشی مبتنی بر تفاضل مولفه رنگی تصویر پسته ارائه کردند (شکل ۶). در این روش ویژگی های استخراج شده برای دسته بندی به شبکه عصبی و درخت تصمیم داده شدند. دقت این روش ۹۶/۷٪ است.



شکل ۶- نمودار تفاضل مولفه های رنگی قرمز و سبز برش عرضی تصویر پسته خندان، کم خندان، و بسته (کثیری و همکاران،

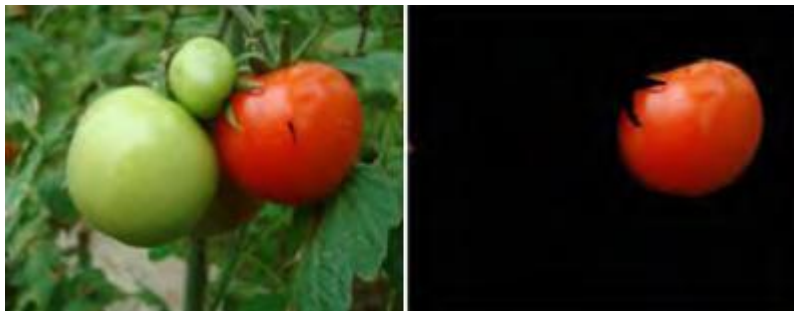
(۱۳۸۶)

کاساسنت (۱۹۹۸) از تصویر رادیوگرافی برای تشخیص کرم خوردگی پسته استفاده کردند. در این تصاویر نواحی تاریک بیانگر کرم خوردگی بودند. در این روش ویژگی ها از هیستوگرام تصاویر رادیویی استخراج و از شبکه عصبی برای دسته بندی استفاده شد.



یانگ شنگ و همکاران (۲۰۱۵)، توانستند رباتی طراحی کنند که به کمک روش برجسته بینی^۱ میوه سیب قرمز را با دقت ۸۹/۵ درصد روی شاخه درخت تشخیص دهد. آنها دریافتند که اگر مقدار RGB یک پیسکل از تصویر دارای دو شرط $R-G > 0$ و $R > 0$ باشد، مربوط به سیب بوده و متاثر از شرایط نوری مختلف نخواهد بود.

عارفی و همکاران (۱۳۸۹) برای شناسایی گوجه فرنگی رسیده (شکل ۷) ترکیبی از مدل‌های رنگی مختلف (RGB, HIS, YIQ) و عملیات مورفولوژی را استفاده کردند. الگوریتم آنها قادر بود ۸۹-۹۲ درصد مساحت یک گوجه فرنگی رسیده در تصویر را استخراج کند.



شکل ۷- استخراج گوجه فرنگی رسیده (عارفی و همکاران، ۱۳۸۹)

فنگ و همکاران (۲۰۰۸)، به منظور طراحی ربات مخصوص برداشت توت فرنگی از الگوریتم OHTA معرفی شده توسط ایچی و تاکنو (۱۹۸۰)، استفاده کردند. نتایج نشان داد که این مدل با دقت ۹۳٪ قادر به تفکیک کلاس توت فرنگی بود.

فیلیپ و همکاران (۲۰۰۲)، برای شناسایی علف هرز از زمینه از مدل رنگی $i_1i_2i_3$ استفاده کردند.

وانگ و همکاران (۲۰۰۸)، با استفاده از رابطه تفریق رنگ ها ($R-B$) توانستند کلاس پنبه را با دقت بالا استخراج نمایند.

سایر موارد استفاده از پردازش تصویر جهت ارزیابی و درجه بندی مواد غذایی بصورت خلاصه :

ارزیابی کیفی سبزیجات مانند سیب زمینی و قارچ (Brosnan, 2004)، طبقه بندی و ارزیابی کیفی غلات مانند گندم، برنج، ذرت (Brosnan, 2004)

کاربرد در سایر فرآورده های غذایی مانند پیتزا (یکنواختی پوشش، درصد و توزیع آن و یکنواختی سس پخش شده روی پیتزا)، فرآورده های نانوائی، ماهی، گوشت (درجه بندی کیفیت گوشت) و فرآورده های گوشتی (Shiranita, 2000; Wen, 2003)

¹ Stereoscopic

² $i_1 = (R+G+B)/3$, $i_2 = (R-B)/2$ and $i_3 = (2G-R-B)/4$.



ارزیابی کیفی و خواص کاربردی پنیر مانند ارزیابی ذوب شدن و قهوه ای شدن پنیر در طی مدت زمان پخت و طول پنی‌های رنده شده بر روی خواص ذوب شونده‌گی پنیر (Hong Wang, 2002,2003)

سورت کردن غذاها براساس رنگ ، طول، قطر، تعداد عیوب موجود در سطح و تعیین جهت ماده غذایی روی نوار نقاله (Brosnan, 2004)

ارزیابی کیفی گرانول های شکر خشک و پودرها (Brosnan, 2004)

برداشت میوه جات : تعیین محل اتوماتیک میوه در برداشت مکانیزه آنها (Brosnan, 2004)

تخمین محتوای رطوبتی میگو در طی فرایند خشک کردن از روی رنگ (Mohebbi, 2009)

تعیین خواص بیوفیزیکی مواد غذایی و محصولات کشاورزی مانند حجم هندوانه (Bulent Koc, 2007)

تعیین تازگی تخم مرغ با استفاده از شاخص زرده و ارتفاع اتاقک هوا (Wang, 2009)

جداسازی تخم مرغ های کثیف و ترک خورده در درجه بندی تخم مرغ در صنعت مرغداری (Lunadei, 2011)

درجه بندی چای براساس پارامترهای فیزیکی مانند رنگ، شکل، اندازه و بافت به جای روشهای حسی ارگانولپتیکی و دستگاهی (Singh Gill, 2011)

تخمین و ارزیابی مقدار محصول با استفاده از تصاویر هوایی و ماهواره ای (سنجش از دور)¹

تخمین و ارزیابی محصول در یک زمین زراعی یا باغی در گروه ارزیابی سطحی زمین با استفاده از عکسهای هوایی قرار می گیرد. که بطور کلی به نام سنجش از دور شناخته می شود. اساس کار سیستم های سنجش از راه دور ، دریافت بازتابش های اجسام مختلف که بصورت موج است ، می باشد. این امواج توسط سنجنده هایی که اشعه الکترو مغناطیس منعکس شده از پدیده های مختلف یا سایر انرژی های ساطع شده را جمع آوری می کنند دریافت شده و به عنوان مثال بصورت تصاویر ماهواره ای ضبط می شود.

ضیائیان فیروزآبادی و همکاران با استفاده از تصاویر ماهواره ای رادارست دریافتی در سال ۱۹۹۸ و مقایسه آن با تصاویر اپتیکی لندست برای تهیه نقشه و تخمین سطح زیر کشت برنج در شهرستان ساری استفاده کردند. بعد از همسان سازی مختصات داده های موجود، از روش های متفاوت پردازش تصویر از جمله طبقه بندی تصاویر بر مبنای روش حداکثر مشابهت (MLC) برای شناسایی و تمیز زمین های برنج کاری استفاده شد. مقایسه نتایج به دست آمده با نقشه های کشت برنج موجود بیانگر آن است که فناوری های سنجش از دور، بسیار دقیقتر از روش های سنتی کسب آمار و اطلاعات مکانی است. آن ها از این پژوهش

¹ Remote sensing

نتیجه گرفتند که هرچند داده های سنجنده های اپتیکی توان زیادی در تولید نقشه های بهنگام دارند، اما وجود ابر موجب کاهش توانایی در استفاده از آن ها می شود و داده های راداری جایگزین مناسبی در مناطق با پوشش ابری به شمار می آیند و لذا تلفیق داده های اپتیکی و راداری می تواند کمک مؤثری در بهبود نقشه های تولید داشته باشد. آن ها بیان نمودند که نتایج حاصل از تصاویر تلفیقی رادار و اپتیک، هم از لحاظ فنی صحیح تر و کم خطا تر از استفاده از تصاویر اپتیک به تنهایی است (ضیائیان فیروزآبادی و همکاران، ۱۳۸۸).

احمد پور و همکاران (۱۳۸۹) میزان کارایی سه روش رایج طبقه بندی نظارت شده داده های ماهواره ای (روش حداقل فاصله از میانگین، روش متوازی السطوح و روش حداکثر احتمال) در تشخیص گروه های گیاهی منطقه ای از استان خراسان شمالی مقایسه کردند. آنها ۱۴۳ نمونه از مناطقی که تا شعاع حداقل ۳۰ متری ترکیب همگنی را نشان میدادند جمع آوری و مختصات را با دستگاه GPS ثبت کردند. داده ها شامل تصاویر ماهواره های Landsat ETM و IRS LISS III بود و نتایج آنها نشان دادند که در بین روش های بکار برده شده، روش حداکثر احتمال بیشترین و روش متوازی السطوح نیز کمترین میزان دقت را در طبقه بندی هر دو گروه داده های ماهواره ای دارد (احمد پور و همکاران، ۱۳۸۹).

تصاویر ماهواره ای برای تخمین وسعت زمین غیر از مزارع و مراتع نیز کاربرد دارد به طور مثال پژوهشگران از سنجش از راه دور برای تخمین مساحت جنگل های سوخته در مدیترانه استفاده کردند. با توجه به اینکه سوختن این جنگل ها باعث از دست رفتن چوب آن ها و تولید کربن زیادی می شود و جو را آلوده می سازد اهمیت این روش برای مدیریت جنگل ها و پوشش گیاهی مشهود است (Quintano et al., 2011).

به منظور تخمین عملکرد درختان باغ مرکبات با کمک یک دستگاه موبایل با سیستم عامل اندروید، محققین پژوهشی را انجام دادند. آنها از یک الگوریتم پردازش تصویر مبتنی بر رنگ برای بخش بندی تصویر، کاهش نویز، تولید تصویر باینری و در نهایت به کمک آستانه گیری و جداسازی میوه های تکی از تصویر و استفاده از کدهای زنجیره ای خطوط مرزی میوه ها برای جداسازی میوه های خوشه ای تعداد میوه را برآورد کردند. الگوریتم را با ۴۰ نمونه از درخت مرکبات سنجیدند و دقت شناسایی ۹۰٪ را اعلام کردند (Gong et al., 2013).

ساکاموتو و همکاران (۲۰۱۲) از یک دوربین معمولی برای ارزیابی میزان محصول در مزرعه ذرت استفاده کردند. آن ها با کمک سیستمی که تحت عنوان سیستم ضبط فنولوژی محصول (CPRS) نامیده بودند، تغییر رشد محصول را در طول فصل رشد مشاهده می کردند. سیستم تصویر برداری آنها متشکل از دو دوربین دیجیتال بود که از مزرعه ذرت در سال ۲۰۰۹ و سویا در سال ۲۰۱۰ هر ساعت روز و شب به طور مداوم عکس های قابل مشاهده و مادون قرمز نزدیک می گرفت.

موراگامی و همکاران (۲۰۱۲) با پردازش و تفسیر عکس هایی که توسط بالون گرفته شده بود میزان خوابیدگی گندم سیاه (Buckwheat) را ارزیابی کردند. در حال حاضر ارزیابی وجود خوابیدگی محصول به صورت بصری صورت می گیرد که فاقد اعتبار و دقت می باشد.

زیانگ و تیان (۲۰۱۱) یک روش ارزان قیمت برای سنجش از راه دور با استفاده از تصویرهای ارسال شده از یک پهپاد بدون سرنشین ارایه کردند. این پهپاد شامل یک ایستگاه زمینی و دیگری در حال کار (هوایی) بود که سیستم در حال کار از زیر ساخت های زمینی کاملاً مستقل می باشد. سیستم در حال کار دارای دو جزء اصلی می باشد. یکی اجزای جهت یابی هوشمند و دیگری اجزای کنترل پرواز. از جمله اجزای سخت افزاری پهپاد می توان به بالگرد کنترل از راه دور، یک دوربین چند طیفی، واحد اندازه گیری حرکتی^۱ (IMU)، کنترل کننده پرواز، روتر بی سیم و فرستنده های ویدیویی اشاره کرد.

نتیجه گیری

پردازش تصویر یکی از کاربردی ترین روش های ارزیابی کیفی مواد غذایی خام و فراوری شده می باشد و به عنوان یک روش آسان و سریع، برای خلق داده هایی استفاده می شود که به طور دستی فراهم کردن آن ها مشکل است و این توانمندی را دارد که به عنوان یک جزء حیاتی عملیات فرآوری اتوماسیون غذاها شناخته شود. فایده دیگر سیستم ماشین بینایی غیرمخرب بودن و بهداشتی بودن آن به دلیل لمس کمتر ماده غذایی در مقایسه با روش های سنتی است.

فایده جذاب دیگر سیستم ماشین بینایی این است که می توان از آن ، برای ایجاد داده های پایدار در هر نقطه و در هر زمان استفاده نمود. در این صورت تصاویر آرشیو شده را می توان دوباره بازخوانی کرد تا ویژگی های کیفی که از دست رفته اند یا قبلاً به آنها توجه نشده است، دوباره مشاهده گردند.

از معایب آن گران بودن تجهیزات مربوطه و دانش فنی تخصصی بالا برای کار با تجهیزات مانند سنسورهای مختلف است. استفاده از عکس های ماهواره ای بازدهی خوبی دارد اما محدودیت آن عدم دسترسی آسان به عکس های ماهواره ای و همچنین به روز نبودن آن ها در کشور است.

منابع

- احمدپور، ا.، شکری، م.، سلیمانی، ک. ۱۳۸۹. بررسی جوامع گیاهی با استفاده از روش های سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده گلول و سرانی). مجله علمی پژوهشی مرتع، سال چهارم، شماره سوم
- امیری پریان، ج.، خوش تقاضا، م. ۱۳۸۷. مدلی عملی برای برآورد حجم محصولات کشاورزی با کاربرد ماشین بینایی. پنجمین کنفرانس ملی مهندسی ماشین های کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.
- جعفری، ع.، محتسبی، س. ۱۳۸۳. استفاده از ماشین بینایی جهت جداسازی علفهای هرز از محصول اصلی بمنظور استفاده در دستگاه وجین کن خودکار. سومین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصویر ایران. تهران.

¹ Inertial measurement unit

دانشجو، م.، عباسپور، م.، آق خانی، م. ۱۳۸۷. طراحی و ارائه نرم افزار مناسب سنجش تراکم و اندازه قطرات سم. پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد.

ضیائیان فیروز آبادی، پ.، صباد بیدهندی، ل. ۱۳۸۸. تهیه نقشه و تخمین سطح زیر کشت برنج در شهرستان ساری با استفاده از تصاویر ماهواره ای را دارست. پژوهش های جغرافیای طبیعی ۶۸: ۴۵-۵۸.

عباسقلی پور، م. ۱۳۸۴. بررسی کاربرد سیستم ماشین بینایی به منظور درجه بندی کشمش صادراتی . پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

عارفی، آ.، مدرس مطلق، ا. ۱۳۸۹. سیستم ماشین بینایی تشخیص گوجه فرنگی رسیده برای رباتیک کردن عملیات برداشت گلخانه ای. اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم. اصفهان.

علیزاده، ح.، حسنخانی، ر. ۱۳۹۱. کاربرد سیستم ماشین بینایی در تعیین کیفیت محصولات کشاورزی و امنیت غذایی. دومین سمینار ملی امنیت غذایی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه.

کتیری بیدهندی، س.، صفابخش، ر. ۱۳۸۶. تشخیص پسته خندان، کم خندان، ناخندان با استفاده از بینایی ماشین. سومین کنفرانس فناوری اطلاعات و دانش. دانشگاه فردوسی مشهد.

Brosnan, T., D-W. Sun. 2004. Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems. a Review. Journal of Computer and Electronics in agriculture.vol.36.193-213

Casasent, DA., MA Sipe, TF Schatzki, PM Keagy, and LC Lee. 1998. Neural net classification of X-ray pistachio nut data. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, vol. 31, pp.122-128.

Chen, Y.R., Chao, K., 2002, Machine vision technology for agriculture application. Computers and electronics in Agriculture, 36: 173-191

Du, C. J., Sun, D., 2005, Estimating the surface area and volume of ellipsoidal ham using computer vision. Journal of food engineering.

El-Faki, M. S., N. Zhang and D. E. Peterson. 2000. Factors affecting color-based weed detection. Transaction of the ASAE.43(4):1001-1009.

Feng, G., Qixin, C. and Masateru, N. 2008. Fruit detachment and classification method for strawberry harvesting robot. International Journal of Advanced Robotic System, Vol. 5:41-48.

Forbes, K., 2000, Volume estimation of fruit from digital profile image. M.Sc. thesis of Electronic Engineering, Cape town.

- Galbiati Jr., 1990. Machine vision and digital image processing fundamentals. Prentice-Hall International Edition.
- Gerald E. Rehkugler, James A. Throop. 1989. image processing algorithms for apple defect detection. Transaction of the ASAE. Vol. 32(1): 267-272.
- Gong A, Yu J, He Y, Qiu Z. 2013. Citrus yield estimation based on images processed by an Android mobile phone. Bio systems Engineering 115: 162-170.
- Gonzalez, R. C. and R. E. Woods. 2002. Digital Image Processing. Reading, Mass.: Addison-Wesley Publishing Co.
- Kumar, V. A., Mathew, S., 2003. A method for estimating the surface area of ellipsoidal food materials. Biosystema Engineering, 85(1):1-5.
- Laykin S., V. Alchanatis, E. Fallik, Y. Edan. 2000. Image processing algorithms for tomato classification. Transaction of the ASAE. Vol. 45(3): 851-858.
- Lee, D. J., Elfert, J., 2006. Area and volume measurements of objects with irregular shapes using multiple silhouettes. Optical engineering, 45(2):1-11
- Marchant J. A., 1990. A mechatronic approach to produce grading. In Mechatronics: Designing intelligent machines, 159-164.
- Murakami T, Yui M, Amaha K. 2012. Canopy height measurement by photogrammetric analysis of aerial images: Application to buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) lodging evaluation. Computers and Electronics in Agriculture 89: 70-75.
- Ngouajio, M., 2003. A simple model for rapid and nondestructive estimation of Bell Pepper Fruit volume. HortScience, 38(4): 509-511.
- Paulus I., R. De Busscher; E. Schrevens. 1997. use of image analysis to investigate human Quality classification of apples. J. agric. Engng Res. 68,341-351.
- Quintano C, Fernández-Manso A, Stein A, Bijker W. 2011. Estimation of area burned by forest fires in Mediterranean countries: A remote sensing data mining perspective. Forest Ecology and Management 262: 1597-1607.
- Sakamoto T, Gitelson AA, Nguy-Robertson AL, Arkebauer TJ, Wardlow BD, Suyker AE, Verma SB, Shibayama M. 2012. An alternative method using digital cameras for continuous monitoring of crop status. Agricultural and Forest Meteorology 154–155: 113-126.



- Tao, Y., Wen, Z., 1999. An adaptive spherical image transform for high-speed fruit defect detection. Transaction of the ASAE. Vol. 42(1): 241-246.
- Terawaki, M., T. Kataoka, H. Okamoto and S. Hata. 2002. Distinction between Sugar Beet and Weeds for Development of Automatic Thinner and Weeding Machine of Sugar Beet, ASAE Paper No. 701P0502,. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Tian, L., D. C. Slaughter and R. F. Norris. 1997. Outdoor field machine vision identification of tomato seedlings for automated weed control, Trans. ASAE 40(6):1761-1768.
- Xiang H, Tian L. 2011. Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV). Biosystems Engineering 108: 174-190
- Yang, Qingsheng. 1995. Apple stem and calyx identification whit machine vision. J. agric. Engng Res. 63, 229, 236.