

## نقش سیستم بینایی ماشین و اینترنت اشیا در زنجیره تامین مواد غذایی

متین رضایی<sup>۱</sup>، محمد ربیعی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجویی کارشناسی ارشد هوش مصنوعی، دانشگاه ایوان کی

<sup>۲</sup> هیئت علمی دانشگاه، دانشگاه ایوان کی تهران، ایران

نام نویسنده مسئول:

متین رضایی

### چکیده

تکنولوژی اینترنت به زنجیره تامین مواد غذایی اجازه می دهند که از مجازی سازی پویا در فرآیندهای مدیریت عملیات استفاده کنند. مجازی سازی در زنجیره تامین سیستم را قادر می سازد که فرآیندهای کسب و کار، به جای مشاهده در محل از راه دور و از طریق اینترنت، نظارت، برنامه ریزی و بهینه سازی انجام دهند. اینترنت اشیا در زنجیره تامین مواد غذایی می توانند به یک سیستم خود تطبیق تبدیل شوند که اشیای به صورت هوشمند می توانند تصمیم بگیرند و به صورت خودکار مسائل را حل کنند. امروزه، از پردازش تصویر برای مکانیزه و جایگزین کردن ماشین های هوشمند به جای انسان استفاده شده است. پردازش تصویر یکی از روش های است که به واسطه سرعت و دقت رضایت بخش آن و ایجاد داده های توصیفی دقیق در کشاورزی و صنایع غذایی به ویژه بازرسی و درجه بندی میوه جات و سبزیجات، آنالیز خصوصیات غلات، ارزیابی غذاها مانند گوشت، پنیر و پیتزا و ... کاربرد دارد. در این مقاله ما قصد داریم در ابتدا نقش اینترنت اشیا در زنجیره تامین مواد غذایی ارائه نماییم و در ادامه به بررسی سیستم پردازش تصویر و کاربرد پردازش تصویر در بررسی کیفیت مواد غذایی خواهیم پرداخت.

**واژگان کلیدی:** اینترنت اشیا، سیستم بینایی ماشین (پردازش تصویر)، زنجیره تامین، مواد غذایی

## مقدمه

اینترنت اشیا مفاهیم "اینترنت" و "اشیا" را ترکیب می کند و بنابراین می تواند به صورت معنایی به عنوان "جهانی گسترده از اشیا با قابلیت آدرس دهی منحصر بفرد، بر اساس پروتکل های ارتباطی استاندارد که با هم در ارتباط هستند تعریف شود" [1]. در این میان معنا به سمت یک وب جهان گسترده از اشیا هوشمند به هم مرتبط کنترل شده از راه دور با استفاده از حسگرها و دیسک ها می رود. در اینترنت اشیا، نهادهای فیزیکی دارای همانند های دیجیتال و مجازی هستند، اشیا به متن تبدیل شده و قابلیت سنجش، ارتباط، عمل، تعامل و تبادل اطلاعات دارند. اینترنت به عنوان یک فضای ذخیره ساز و زیر ساخت ارتباطی عمل می کند که اطلاعاتی مرتبط را به شی پیوند می دهد.

در مفهوم اینترنت اشیا نقطه شروع، سنجش و راه اندازی اشیا فیزیکی است، برای مثال، اجزای واقعی، مجازی سازی می شوند و همچنین می بایست شناسایی خودکار اشیا فیزیکی ممکن باشد. با استفاده از تکنولوژی استفاده شده در فرستنده های تامین مواد غذایی های بارکد با استفاده از فرکانس رادیویی هستند. [2] سنجش شی توسط اجزایی مانند تلفن های هوشمند یا بارکد خوان پشتیبانی می شود، که انسان ها را قادر می سازد تا اقدامات اضافی مانند بازرسی کیفیت بصری را اجرا کنند. علاوه بر حسگرها، دستگاه ها می توانند با ادواتی تجهیز شده باشند که با اتصال به اینترنت از راه دور اشیا می مانند سسیمیسم تهویه، نور و حرارت که جهت بهبود کیفیت محصول تعبیه شده اند را فعال نماید.

در صنایع کشاورزی و غذایی مدرن امروز، از پردازش تصویر برای مکانیزه و جایگزین کردن ماشین های هوشمند به جای انسان استفاده شده است. بدلیل آن که تشخیص انسانی، ملال آور، زمان بر، دشوار، غیر پایدار و به شدت تحت تاثیر شرایط روحی-روانی فرد است [3]. در طول دهه های گذشته، پیشرفت های سخت افزاری و نرم افزاری، سبب تولید روش های دستگاهی برای کنترل کیفیت در صنایع مختلف شده است. مطالعات مرتبط نشان می دهد که امروزه، سیستم های بینایی ماشین راه کاری به صرفه، پایدار، سریع و دقیق را برای کنترل کیفیت آنی محصولات در اختیار می گذارند. چنین روش هایی که امکان اندازه گیری غیر تماسی و غیر تخریبی را فراهم می آورند، به طور وسیع در صنایع کشاورزی و غذایی با هدف ارزیابی به کار گرفته می شوند. علاوه بر این، رنگ مشخصه مهمی برای ارزیابی است که به طور وسیع برای درجه بندی محصولات کشاورزی و غذایی به کار می رود رنگ با خواص فیزیکی، شیمیایی و حسی مرتبط می باشد و می تواند برای تخمین درجه رسیدگی، خرابی، زمان انبارداری، قدرت تغذیه و غیره به کار رود. پردازش تصویر، امکان بالاتری برای رنگ سنجی، کنترل کیفیت و درجه بندی محصولات غذایی و کشاورزی در اختیار می گذارد که نتیجه آن هزینه کمتر نیروی انسانی و بالا بردن کیفیت دسته بندی محصولات می باشد [4]. مطالعات فراوان منتشر شده در به کارگیری سیستم های بینایی ماشین برای کنترل کیفیت انواع مختلف محصولات غذایی و کشاورزی مؤید این مطلب می باشد. در این مقاله ما قصد داریم در ابتدا نقش اینترنت اشیا در زنجیره تامین مواد غذایی ارائه نماییم و در ادامه به بررسی سیستم پردازش تصویر و کاربرد پردازش تصویر در بررسی کیفیت مواد غذایی خواهیم پرداخت. که تاکنون با بررسی سیستم های پردازش اشیا مورد مطالعه قرار نگرفته است.

## ۱. نقش اینترنت اشیا در زنجیره تامین مواد غذایی

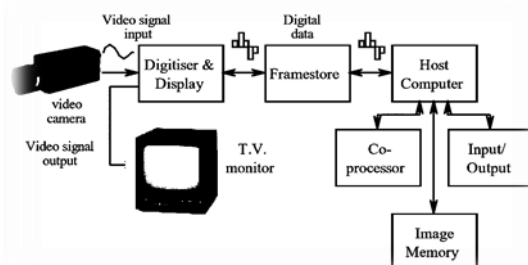
اینترنت اشیا چشم اندازی از اتصال هر چیزی، در هر زمانی، و هر جایی است، که ممکن است بر زندگی روزانه ما، مانند تاثیر اینترنت در دو دهه پیش، باشد تاثیر داشته باشد. جامعه اطلاعات کمیسیون اروپا (۲۰۰۸) اینترنت اشیا را به عنوان " اشیا به هم مرتبط دارای نقش فعال در آنچه که ممکن است اینترنت آینده خوانده شود" تعریف کردند [5]. اینترنت اشیا اغلب با عباراتی مانند سیستم سایبری مرتبط است. تکنولوژی های مرتبط با فناوری اطلاعات و استفاده از سیستم شناسایی با فرکانس رادیویی در شبکه های حسگر بی سیم، تعامل ماشین و انسان، میان افزار، سرویس وب، سیستم های اطلاعاتی و غیره است. اینترنت اشیا پتانسیل بسیاری را برای مصرف کنندگان، شرکت ها و بخش های عمومی در همه بخش های اقتصادی ارائه می دهد. اینترنت اشیا در صنایع کشاورزی از تولید غذا، فرآوری، ذخیره سازی، توزیع و مصرف را پوشش می دهد، و راهکارهای مناسبی در بررسی قابلیت ردیابی، دید، و سایر چالش های پیش رو ارائه می دهد. [4]

## ۲. سیستم بینایی ماشین (پردازش تصویر)

فناوری پردازش تصویر به نسبت جوان می باشد و آغاز آن به دهه ۱۹۶۰ بر می گردد که البته رشد چشمگیری را از نظر تئوری و همچنین کاربردی داشته است. این روش امروزه کاربردهای زیادی را در زمینه های تشخیص پزشکی، مکانیزه نمودن خط تولید، نظارت هوایی، سنجش از راه دور و اخیراً در زمینه خوشه بندی و درجه بندی مکانیزه محصولات غذایی و کشاورزی داشته است. بینایی ماشین،

فناوری نوینی است برای گرفتن و پردازش تصویر از یک صحنه واقعی با دوربین، رایانه و دیگر وسایلی که قادر به دریافت، کنترل یا پردازش اطلاعات می باشند امروزه بینایی ماشین به طور گسترده برای آزمایش، نظارت و کنترل در حوزه وسیعی از کاربردها مورد استفاده قرار می گیرد. یکی از مهم ترین چالش های مهندسی بینایی ماشین در، بازرسی مواد طبیعی، تنوع این مواد است. برعکس قسمت های تولیدی در بسیاری از کاربردهای صنعتی، مواد طبیعی در تصاویر گرفته شده از نظر اندازه، شکل، رنگ و بافتار تفاوت دارند. ضمن اینکه انواع عیوب روی محصولات، برحسب سختی و شرایط تفاوت می کنند. این مشکل تغییرپذیری، در میان دیگر چالش ها، باید در طراحی یک سیستم بینایی ماشین در قسمت های مختلف نوری، الکترونیکی، مکانیکی و رویکردهای الگوریتمی در نظر گرفته شود. روش مناسب برای هر صنعت به خواص نمونه های مورد نظر آن، طبیعت نمونه ها، محیط اطراف و دیگر محدودیت ها نظیر زمان مورد نظر برای گرفتن تصویر، پردازش و غیره، بستگی دارد.

یک سیستم بینایی رایانه ای را می توان شامل گرفتن، پردازش و تجزیه و تحلیل تصاویر، برای تسهیل نمودن ارزیابی های غیر تخریبی و دستگاهی خواص کیفی، در محصولات غذایی و کشاورزی دانست. فناوری های مورد استفاده در تجزیه و تحلیل تصاویر شامل گرفتن تصویر، پیش پردازش، استخراج نواحی و بررسی الگو مورد توجه می باشد. در مرحله گرفتن تصویر با استفاده از دوربین تصویر گرفته می شود. در مرحله پیش پردازش تصاویر گرفته شده به رایانه منتقل و به تصاویر دیجیتالی تبدیل می شوند. تصاویر دیجیتالی که بر روی صفحه نمایش داده می شوند در واقع ارقامی هستند که به وسیله رایانه قابل خواندن بوده و با تبدیل به نقاط ریز از امان های تصویر، اجسام را نمایش می دهند. در مرحله استخراج نواحی تقطیع تصاویر فرآیندی است شامل بریدن، افزودن و آنالیز خواص تصاویر که هدف آن تقسیم تصویر به مناطقی است که همبستگی بالایی با اجسام وسطوح مورد نظر دارند. تقطیع می تواند با روش های مختلفی انجام شود از جمله: آستانه ای نمودن، تقطیع بر پایه لبه و تقطیع بر پایه منطقه. آستانه ای نمودن زمانی استفاده می شود که مناطق تصویر بر پایه جذب یا انعکاس نور سطحی شان قابل جداسازی باشند. در مرحله شناسایی الگو بعد از اینکه تصویر با موفقیت به اشیا مجزا استخراج نواحی شد، برای پردازش های بعدی این اشیا باید توسط ویژگی های مناسبی تشریح و توصیف شوند. یک تصویر قطعه بندی شده می تواند توسط ویژگی های خاص درونی یا بیرونی اش توصیف شود. این ویژگی ها در مرحله بعد با ویژگی های اشیا شناخته شده به منظور گروه بندی تصویر مقایسه می شوند عموماً ویژگی هایی که قابل سنجش و اندازه گیری ساده تر باشند، مناسبتر هستند. سنجش هایی که روی ویژگی های تصاویر محصولات غذایی غالباً مورد استفاده قرار می گیرند را می توان به چهار گروه، اندازه، شکل، رنگ و بافت تقسیم کرد.



شکل ۱: ساختار سیستم بینایی ماشین

### ۳- کاربردهای بینایی ماشین در صنایع کشاورزی و غذایی

جمع آوری محصول و بسته بندی آن بخش مهمی است که برای تامین میوه تازه و سبزیجات بازار، متحمل می شود. بخش پردازش و تولید نیاز به درجه بندی و رتبه بندی محصولات برای اهداف تولیدی و تجاری دارد. رشد پیوسته ای در پیشرفت سیستم های مکانیکی برداشت محصول صورت گرفته که نیاز به تشخیص خودکار و سیستم های درجه بندی را به سبب کاهش اتلاف محصول طی برداشت، تولید و توزیع باعث می شود. با این تفاسیر نه تنها بالا بردن کیفیت محصول مهم می باشد بلکه برای دستیابی به بازار، بسته بندی مناسب و قابل قبول نیز ضروری است، که این مطالب بدون درجه بندی مناسب محصول حاصل نخواهد شد.

درجه بندی محصولات کشاورزی و غذایی بر پایه ظاهر، بر مبنای خصوصیات نظیر بافتار، رنگ، شکل و اندازه صورت می گیرد. درجه بند دستی (انسانی) بر پایه تشخیص کیفیت بصری، که به وسیله عامل انسانی صورت می گیرد معمول بوده و بدیهی است ملالت آور، زمان بر، آهسته و ناپایدار می باشد. چنین روش ارزیابی نیاز به بازرسان آموزش دیده برای ارزیابی رنگ دارد که افزایش قیمت محصول را به دنبال خواهد داشت، ضمن اینکه خطای انسانی نیز در آن دخیل می باشد. درجه بندی دقیق، سریع، پایدار و کم هزینه می تواند با به کارگیری بینایی ماشین صورت گیرد. کاربرد رایانه در صنایع غذایی و کشاورزی در زمینه های مختلفی نظیر درجه بندی

محصولات تازه، تشخیص عیب مانند ترک ها، نقاط تیره شده و کیود روی میوه و دانه ها، می باشد. هرچند تکنولوژی های نوین در پردازش تصویر و بینایی ماشین هنوز به طور کامل در صنایع غذایی و کشاورزی به کار گرفته نشده است لیکن دلایل زیادی وجود دارد که بینایی ماشین در حال کسب مقبولیت در سطح تجاری است.

پتانسیل بینایی رایانه ای در صنعت غذایی از دیرباز شناخته شده است. در صنایع غذایی کشورهای پیشرفته، سیستم های خودکار با توجه به این حقیقت که نیروی کارگری گران بوده و دقت انسانی نیز محدود می باشد، گسترش بیشتری یافته است. پیشرفت های اخیر در سخت افزار و نرم افزار با فراهم کردن راه حل های قدرتمند و کم هزینه به این گسترش کمک کرده است، که نتیجه آن مطالعات بیشتر روی پیشرفت سیستم های بینایی رایانه ای در صنعت غذایی بوده است. در نتیجه، بازرسی خودکار تحت یک رشد اساسی در صنعت غذایی به علت مقرون به صرفه بودن، هماهنگی، سرعت و صحت بیشتر آن قرار دارد. بازرسی های کیفی قدیمی که توسط بازرسان انسانی انجام می شد این پتانسیل را دارد که در بسیاری از موارد توسط سیستم های بینایی رایانه ای جایگزین شوند.

پیشرفت در فناوری رایانه ای، موج بلندی از توجه به پردازش تصویر را در طول دهه گذشته باعث شده است و کارایی این روش را برای کنترل محصولات غذایی و کشاورزی شناسانده است. مجموعه ای از مطالعات در سال های اخیر برای بررسی کاربردهای بینایی رایانه ای در درجه بندی محصولات تازه کشاورزی و غذایی صورت گرفته است. امروزه تعداد مقالات منتشر شده در زمینه به کارگیری پردازش تصویر و بینایی ماشین در صنایع کشاورزی و غذایی بسیار زیاد می باشد و در ادامه به بررسی موفقیت هایی که با استفاده از روش پردازش تصویر بدست آمده اشاره می شود.

بعنوان مثال یکی از شاخصه های مهم در صادرات انبه، وزن آن می باشد که فرآیند اندازه گیری آن بسیار وقت گیر و هزینه بر است. در همین ارتباط راه کاری با استفاده از بینایی ماشین برای تخمین وزن انبه پیشنهاد شده است. یک روش بازرسی غیر مخرب با استفاده از بینایی ماشین برای شناسایی و حذف پسته های در بسته از جریان پردازش ارائه شد. همچنین تصویربرداری پرتو ایکس در ترکیب با بینایی ماشینی برای شناسایی آسیب وجود سوراخ در بادام ها مورد استفاده قرار گرفت. [5]

با استفاده از تصویربرداری پرتو ایکس 2-D، آسیب هسته آبی داخلی در سیب ها مورد بررسی قرار گرفت. مجموعه ای از هشت مشخصه از تصاویر سیب های اسکن شده با پرتو ایکس، استخراج و با استفاده از شبکه عصبی برای دسته بندی نمونه های سیب، مورد استفاده قرار گرفت.

نرخ موفقیت ۹۴ درصدی نیز برای طبقه بندی سیب های معیوب از سیب های خوب برای ۶۰۰ نمونه آزمایش شده، به دست آمد [6].

استفاده از تصویربرداری پرتو ایکس برای شناسایی آسیب های داخلی پیازهای شیرین برخی خرابی ها در هلو آسیب هسته های آب دار در سیب ها و آسیب های سوراخ کردند بادام ها نیز مورد بحث قرار گرفته است [7].

در تحقیقی بینایی ماشین برای درجه بندی شکل سیب زمینی ها و همچنین جداسازی سیب زمینی های مورد قبول از نمونه های سبز، استفاده شده است. [8] درجه بندی رنگی هلوها، سیب ها، سیب زمینی ها، خیارها، گوجه فرنگی ها، انبه و پرتقال گسترش یافته است. سیستم درجه بندی می تواند برای ارزیابی میزان رسیدگی، با مقایسه هر رنگ با مرجع، به کار برده شود [9].

در تحقیقی نرخ موفقیت ۹۴ درصدی نیز برای طبقه بندی سیب های معیوب از سیب های خوب برای ۶۰۰ نمونه آزمایش شده، به دست آمد [10]. در تحقیقی با استفاده از پردازش تصویر در تحقیقی با صحت ۹۱ درصدی و با سرعت بالا ۱۲۰۰ دانه در دقیقه شناسایی و مرتب شود. [11] محققان دریافتند بین حجم و وزن انبه همبستگی بالایی وجود دارد که نتیجه آن موفقیت الگوریتم های پردازش تصویر برای پیش بینی وزن از اندازه میوه می باشد [12]. منظور در ابتدا جمع آوری کتابخانه ای انجام شد و بررسی روش های به کار گرفته شده در این ارتباط، مد نظر قرار گرفت. بررسی ها نشان می داد که با توجه به افزایش جمعیت، اتلاف در فرآیند حمل و نقل و پردازش و همچنین افزایش توقعات برای دستیابی به محصولات غذایی با کیفیت بالاتر و استانداردهای لازم، نیاز برای رشد روش های دقیق و دستگاهی تخمین کیفیت و خصوصیات محصولات غذایی و کشاورزی وجود دارد. تصویربرداری و بینایی ماشین، راه کارهای سریع تر، دقیق تر، غیر تخریبی و با هزینه مناسب تر را برای درجه بندی محصولات غذایی و کشاورزی در اختیار می گذارد. امروزه بینایی ماشین در مقیاس وسیع برای ارزیابی کمی، کنترل کیفیت و درجه بندی انواع مختلف محصولات غذایی و کشاورزی به خدمت گرفته شده است. مقالاتی از درجه بندی میوه ها، کنترل کیفیت غلات و حتی بررسی شاخصه های انواع مختلف گوشت و ماهی، تخمین پارامترهایی چون رنگ، اندازه و وزن، بررسی شاخصه های کیفی محصولات پخته شده نظیر انواع نان و بیسکویت و غیره با پردازش تصویر گزارش شده است. چنین به نظر می رسد که بخش اعظم کنترل کیفیت محصولات غذایی و کشاورزی در آینده ای نزدیک بصورت مکانیزه و با به کارگیری بینایی ماشین در سطح تجاری انجام شود.

### بحث و نتیجه گیری

مجازی سازی می تواند نقش اصلی را برای برآورده کردن زنجیره های تامین مواد غذایی ایجاد کند، از جمله در موارد که مواد فاسد شدنی و یا با تغییرات غیر قابل پیش بینی هستند و نیاز به زنجیره های پایدار وجود دارند، زنجیره تامین مواد غذایی استفاده مجازی سازی و اینترنت اشیا سیستم را کنترل می کنند. اینترنت اشیا انقلاب عظیمی در مجازی سازی زنجیره تامین غذای فراهم می کند. هدف از این مقاله، مروری بر تحقیقات صورت گرفته در زمینه به کارگیری بینایی ماشین و رنگ سنجی در کنترل کیفیت محصولات غذایی و کشاورزی بوده است .

## منابع و مراجع

- [1] Atzori, Luigi, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. "The internet of things: A survey." *Computer networks* 54.15 (2010): 2787-2805.
- [2] Verdouw, C. N., et al. "A control model for object virtualization in supply chain management." *Computers in Industry* 68 (2015): 116-131.
- [3] F. J. Francis, "Colour quality evaluation of horticultural crops", *HortScience*, 15(1), 14-15, 1980.
- [۴] رحمانی پناه، الهامو همکاران، " کنترل و مدیریت زنجیره تامین غذا با استفاده از فناوری اینترنتی از ایشیا، چهارمین کنفرانس بین المللی پژوهشهای کاربردی در مدیریت و حسابداری، تهران، دانشگاه شهید بهشتی
- [۵] سهیلا گرجی کندی و همکاران، "مروری بر کاربرد های بینایی ماشین و تصویرپردازی رنگی در صنایع غذایی و کشاورزی"، نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ شماره ۲، ۱۳۹۱، صفحات ۴۳-۵۵.
- [۶] الهام عمرانی و همکاران "شناسایی برگ ارقام سیب با تکنیک پردازش تصویر و سیستم استنتاج عصبی - فازی تطبیقی" مجله مهندسی بیوسیستم ایران، دوره ۴۶ بهار ۱۳۹۴، صفحات ۶۷-۷۵.
- [7] E. W. Tollner, M. A. Shahin, B. W. Maw, R. D. Gilaitis, D. R. Summer, "Classification of onions based on internal defects using imaging processing and neural network techniques", 1999 ASAE International Meeting Paper No. 993165, 1999.
- [8] Y. Tao, P. H. Heinemann, Z. Varghese, C. T. Morrow, H. J. Sommer, "Machine vision for colour inspection of potatoes and apples", *Transactions of the ASAE*, 38(5), 1995.
- [9] A. S. Laliberte, A. Rango, J. E. Herrick, Ed L. Fredrickson, L. Burkett, "An object-based image analysis approach for determining fractional cover of senescent and green", *J. Arid. Environ.*, 69, 1-14, 2007.
- [10] V. Steinmetz, J. M. Roger, E. Molto, J. Blasco, "Online fusion of colour camera and spectrophotometer for sugar content prediction of apples", *J. Agric. Eng. Res.*, 73, 207-216, 1999 .
- [11] C. Puchalski, J. Gorzelany, G. Zaguła, G. Brusewitz, "Image analysis for apple defect detection", *TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. -OL PAN*, 8, 197-205, 2008.
- [12] S. Riyadi, M. M. Mustafar, A. Hussain, A. Hamzah, "Papaya fruit grading based on size using image analysis", *Proceedings of the International Conference on Electrical*
- [13] Engineering and Informatics Institut Teknologi Bandung, Indonesia, 17-19, 2007.