

## کاربرد هوش مصنوعی در صنایع غذایی و فناوری های غیرحرارتی و تأثیرات آن

آرزو برنج فروش آذر<sup>۱\*</sup>

<sup>۱\*</sup> دانشجوی دکتری، گروه فناوری مواد غذایی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

\*نویسنده مسئول: آرزو برنج فروش آذر

یوسف رمضان<sup>۲</sup>

<sup>۲</sup> استادیار، گروه علوم و مواد غذایی دانشکده علوم دارویی، دانشگاه آزاد پزشکی تهران

علیرضا فرجی<sup>۲</sup>

<sup>۲</sup> استادیار، گروه شیمی مواد غذایی دانشکده شیمی دارویی، دانشگاه آزاد پزشکی تهران

فریمه علیدوست سحرخیز لاهیجی<sup>۲</sup>

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری، گروه علوم و مواد غذایی دانشکده علوم دارویی، دانشگاه آزاد پزشکی تهران

### چکیده

بخش مواد غذایی کشاورزی منبع بی پایانی از گسترش برای تغذیه جمعیت وسیعی است، اما نیاز قابل توجهی به توسعه روش های استاندارد بالا از طریق فناوری های هوشمند و نوآورانه مانند هوش مصنوعی (AI) و داده های بزرگ وجود دارد. این مقاله به تحقیقات مربوط به هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل داده های بزرگ در صنایع غذایی، از جمله یادگیری ماشین، شبکه های عصبی مصنوعی (ANN) و الگوریتم های مختلف می پردازد. همچنین مطالعات اخیر نشان می دهند که هوش مصنوعی (AI) نقش مهمی در بهبود راندمان روش های پردازش غیرحرارتی مانند فناوری اولتراسوند ایفا می کند. الگوهای لجستیک، زنجیره تامین و تولید همراه با برنامه های کاربردی زیربخش مواد غذایی برای تکنیک های هوش مصنوعی پوشش داده شده است. مشخص شد که استفاده از تکنیک های هوش مصنوعی و الگوریتم بهینه سازی هوشمند نیز به مدیریت فرآیند و تولید قابل توجهی منجر می شود. بنابراین، فناوری های دیجیتال یک موهبت برای صنایع غذایی هستند، زیرا هوش مصنوعی ما را قادر می سازد تا به نتایج بهینه در زمان واقعی دست یابیم.

**کلمات کلیدی :** هوش مصنوعی، فرایندهای غیرحرارتی، اولتراسوند، صنایع غذایی

## مقدمه

غذای با کیفیت خوب یک نیاز اساسی است و جنبه اصلی هر غذایی ایمنی مواد غذایی است که بخشی جدایی ناپذیر از کیفیت غذا است. کمبود مواد غذایی در حال حاضر به دلیل انفجار عظیم جمعیت و عوامل مختلف اجتماعی-اقتصادی یک عامل حیاتی بوده است (Slavin, P. ۲۰۱۶). این تغییر عظیم در جمعیت از سه میلیارد به بیش از شش در پنج دهه گذشته تقاضای زیادی در مصرف مواد غذایی ایجاد کرده است (Kitzes, J. et. al. ۲۰۰۸) تا سال ۲۰۵۰، افزایش تقریبی جمعیت جهان تا ۳۰ درصد، به دنبال آن بحران غذا و استرس تأثیرگذار برای افزایش تولید مواد غذایی تا ۷۰ درصد خواهد بود (Popa, C. ۲۰۱۱), (Kamilaris, A. et. al. ۲۰۱۷), (Coops, R.; Witberg, P. ۲۰۰۵), (Coffey, B. et. al. ۲۰۲۱). کشاورزی شاهد تنوع بیشتری است و تأثیر زیادی بر منابع تجدیدناپذیر دارد که پیش‌بینی می‌شود. تا چند دهه دیگر تمام شود. این بخش به طور مداوم به یک منبع ورودی مناسب، نظارت دقیق، و یک استراتژی زنجیره تامین پسند مصرف کننده نیاز دارد. گرمایش زمین به دلیل انتشار CO<sub>2</sub> و جنگل زدایی، عمدتاً به دلیل استفاده زیاد از منابع، تهدیدی مهم است. ناامنی غذایی ممکن است به دلیل سازگاری با شرایط جدید محیطی در حال افزایش باشد، که می‌تواند کمبود منابع را در مناطق وسیعی از بسیاری از کشورها ایجاد کند. کاهش منابع به دلیل بهره برداری بیش از حد منجر به تبدیل به منابع جدید می‌شود انطباق در شرایط محیطی که بدون شک در سناریوی آینده به فرآیندی غیرعملی تبدیل می‌شود. این امر منجر به ناامنی غذایی، سقوط اقتصادی، افزایش رکود، افزایش قیمت کالاهای اساسی و مواد خام کشاورزی، اپیدمی‌های انسانی و حیوانی، بیماری‌های همه گیر، عدم اطمینان در رویکرد کشاورزی و خطرات می‌شود (Popa, C. ۲۰۱۱), (Kamilaris, A. et. al. ۲۰۱۷), (Coops, R.; Witberg, P. ۲۰۰۵), (Coffey, B. et. al. ۲۰۲۱). در نهایت، تهیه مواد غذایی همچنان یک موضوع برجسته در زنجیره عرضه-تقاضا است. انتخاب یک رویکرد عملی در میان شیوه‌های مدرن پایدار، نتایج بهتری در حفظ کارایی و در عین حال برآورده کردن تقاضا ایجاد می‌کند. تولید و فرآوری محصولات جدید به دلیل پیشرفت‌های جدید امکان پذیر شده است. برای پاسخگویی به تقاضای مصرف کننده و اطمینان از تولید سریع، صنایع غذایی تعداد محدودی از تکنیک‌های فرآوری مواد غذایی را معرفی کردند. هوش مصنوعی (AI) نردبان رشدی در نظر گرفته می‌شود که بر دانشمندان و دولت‌ها، از جمله رویکردهای سیاسی و اقتصادی مرسوم برای رویارویی با این چالش‌ها، تأثیر می‌گذارد (Popa, C. ۲۰۱۱). حمایت و پرورش جمعیت فزاینده از طریق تهیه مواد غذایی مغذی و ایمن، یک تلاش کاملاً پیچیده و سخت برای صنایع غذایی است. محصولات غذایی در معرض ارزیابی‌های فرآوری کیفیت متعددی قرار می‌گیرند، یک کار سخت‌تر و سخت‌تر که فاقد تجهیزات کالیبره شده مجهز، روش‌های اعتبارسنجی و پرسنل آموزش دیده است. حوادث ناشی از امنیت غذایی در سطح جهانی در حال افزایش است، بنابراین مصرف کنندگان توجه بیشتری به مشکلات ایمنی مواد غذایی دارند. پیش‌بینی خطرات، ارزیابی ریسک و پیشگیری مرتبط با ایمنی مواد غذایی نیازمند یک رویکرد پیش‌بینی اکتشافی ساده و کارآمد مانند BDA برای کاهش خطرات است. محققان بیان کردند که «داده‌های بزرگ حجم بالا، سرعت بالا و دارایی‌های اطلاعاتی با تنوع بالا هستند که به فرم‌های پردازشی جدید برای افزایش تصمیم‌گیری، کشف بینش و بهینه‌سازی فرآیند نیاز دارند» (Marvin, H. J. P. et. al. ۲۰۱۷). تلاش‌های مشترک بازیگران بخش دولتی و خصوصی برای شناسایی شیوع ایمنی مواد غذایی و به دنبال آن ردیابی علل بالقوه ضروری است (Armbruster, W. J. ۲۰۱۴). نیاز به توسعه رویه‌های استاندارد بالا توسط صنایع غذایی وجود دارد که برای کنترل

کیفیت محصول قابل اعتمادتر باشند. با این حال، این صنعت دارای یک برنامه اقدام متنوع است که غیر خطی است و با رویکردی خودکار و قابل اعتماد مانند هوش مصنوعی و قابلیت ردیابی تصحیح شده است. هوش مصنوعی روش‌شناسی محاسباتی را توصیف می‌کند که شایستگی ذهنی و راه‌حلی هوشمندانه برای مشکلات مختلف صنایع غذایی را به تصویر می‌کشد که منجر به قابلیت ردیابی امنیت غذایی می‌شود (King, T., 2017). اتوماسیون به خطوط فرآوری مواد غذایی کمک می‌کند و مقدار قابل توجهی از داده‌ها جمع‌آوری، ذخیره، تجزیه و تحلیل برای بهبود بیشتر در زنجیره تامین مواد غذایی می‌شود و برای ارزیابی ریسک استفاده می‌شود. با این حال، پیاده‌سازی چنین فناوری‌هایی هرکدام را جذب می‌کند و خطر جدیدی را برای صنعت ایجاد می‌کند. مطالعه‌ای برای تعیین کمیت صلاحیت علوم رایانه، قرار گرفتن در معرض علوم غذایی و آشنایی با مسائل امنیت سایبری دانشجویان در علوم غذایی و زمینه‌های مرتبط انجام شد (Feye, K.M., et.al., 2020) و فناوری‌های مرتبط، عملکرد را از طریق اینترنت اشیا (IoT) برای ایمنی مواد غذایی و قابلیت ردیابی زنجیره تامین برای حل مسائل امنیت غذایی افزایش می‌دهند (Ben-Daya, M., et.al., 2019) شفافیت مبتنی بر RFID برای اجرای حقوق و مقررات نیز نقش مهمی در تضمین امنیت غذایی دارد (Liu, K., 2015) دیجیتالی‌سازی مدرن داده‌های عظیمی را با سرعتی انقلابی برای تصمیم‌گیری‌های بهینه برای مقابله با مشکلات فزاینده محصولات کشاورزی، کشف پتانسیل پیچیده کشاورزی و نظارت بر عملکرد ماشین تولید می‌کند. شرکت‌ها و کشاورزان مختلف می‌توانند از کاربرد کلان داده‌ها با تجزیه و تحلیل و استخراج اطلاعات ارزش تولیدی از آن استفاده کنند، بنابراین اثربخشی آنها را افزایش داده و دروازه جدیدی را برای کشاورزی هوشمند باز می‌کنند (Kamilaris, A., et.al., 2017). صنایع غذایی با به دست آوردن مزیت هوش مصنوعی و BDA در هر بخش از پیوند در زنجیره ارزش علاوه بر این، می‌تواند قابلیت دیجیتالی را برای ایجاد ارزش پایدار تقویت کند. همچنین منجر به پیش‌بینی تقلب در مواد غذایی با استفاده از داده‌های سیستم هشدار سریع برای غذا و خوراک می‌شود (Bouzembrak, Y., 2016). برخی از پیشرفت‌های هوش مصنوعی در زنجیره تامین عبارتند از: پیش‌بینی تقاضا مبتنی بر هوش مصنوعی، مدیریت ریسک، انعطاف‌پذیری، حمل‌ونقل، انتخاب تامین‌کننده، مدیریت موجودی و غیره (Riahi, Y., et.al., 2021) جمع‌آوری و پیاده‌سازی داده‌ها می‌تواند به استفاده مؤثرتر و مسئولانه‌تر از منابع، بهبود تخصیص تصمیم‌گیری و اجرای رویکرد اقتصاد دایره‌ای در زنجیره غذایی کمک کند. از اتوماسیون و سیستم‌های هوشمند نیز می‌توان برای انتخاب مواد شیمیایی مناسب برای ایمنی مواد غذایی استفاده کرد، و روبات‌های چندوظیفه‌ای بیشتر به سرعت بخشیدن به آن با حفظ کیفیت کمک می‌کنند (Kulkarni, A., et.al., 2020) برای پایداری، زنجیره تامین مواد غذایی کشاورزی باید مناطق هدف را برای بهبود لجستیک پیدا کند (Saetta, S.; Caldarelli, V., 2020) هوش مصنوعی می‌تواند در تجزیه و تحلیل داده‌ها برای پیش‌بینی تقاضا، بهبود مدیریت زنجیره تامین و افزایش کارایی فرآیندهای تولید مفید باشد. این فناوری‌ها می‌توانند به شناسایی نقاط قوت و ضعف در سیستم‌های مدیریت پسماند کمک کرده و راهکارهای نوآورانه‌ای برای خروج از چرخه هدررفت ارائه دهند. یکی از فناوری‌های غیرحرارتی بسیار مهم دصنایع غذایی فناوری اولتراسوند (Ultrasound) می‌باشد که از نوآوری‌های مهم در پردازش مواد غذایی است که از امواج صوتی با فرکانس بالا استفاده می‌کند. این فناوری کاربردهای متنوعی در بهبود کیفیت، ماندگاری و کاهش مصرف انرژی دارد. از کاربردهای اولتراسوند استخراج مواد فعال زیستی بهبود استخراج ترکیباتی مانند پلی‌فنول‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها با استفاده از اولتراسوند و بهبود فرایندهای حرارتی و غیرحرارتی افزایش کارایی فرآیندهایی مانند پاستوریزاسیون و انجماد همچنین افزایش ماندگاری کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها و بهبود پایداری محصول است. هوش مصنوعی و فناوری غیرحرارتی اولتراسوند با ارائه روش‌های نوآورانه، انقلاب بزرگی در کشاورزی و صنایع

غذایی ایجاد کرده‌اند. این فناوری‌ها نه تنها بهره‌وری و کیفیت را افزایش داده‌اند، بلکه به کاهش اثرات زیست‌محیطی و هزینه‌ها نیز کمک کرده‌اند. با گسترش تحقیق و توسعه در این حوزه، آینده‌ای پایدارتر و کارآمدتر در انتظار است (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴).

## ۱. هوش مصنوعی و کاربردهای آن در صنعت غذا

هوش مصنوعی با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، پردازش داده‌ها و مدل‌سازی، امکان بهبود فرآیندهای تولید، بسته‌بندی و توزیع مواد غذایی را فراهم می‌کند. برخی از کاربردهای کلیدی عبارتند از:

### ۱-۱. کشاورزی دقیق: (Precision Agriculture)

با استفاده از حسگرها، پهپادها و داده‌های ماهواره‌ای، وضعیت خاک، محصولات و شرایط آب‌وهوایی به صورت لحظه‌ای پایش می‌شود و به کمک تحلیل داده‌ها، کشاورزان می‌توانند میزان آبیاری، کوددهی و سم‌پاشی را بهینه‌سازی کنند (Sharma, S., ۲۰۲۱).

### ۱-۲. ایمنی غذایی و کنترل کیفیت:

الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند آلودگی‌ها و بیماری‌ها را در زنجیره تامین شناسایی کنند و فناوری‌های تصویربرداری و تحلیل داده‌ها برای تشخیص کیفیت محصولات غذایی استفاده می‌شوند (Houška, M., & Silva, F. V. M., ۲۰۲۲).

### ۱-۳. بهینه‌سازی زنجیره تامین:

از هوش مصنوعی برای پیش‌بینی تقاضا، مدیریت موجودی و کاهش ضایعات غذایی استفاده می‌شود (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴).

## ۲. چالش‌های موجود در صنعت غذا

صنعت غذا با مشکلاتی چون تغییرات اقلیمی، خشکسالی، و سیلاب‌ها مواجه است که منجر به هدررفت قابل توجهی از منابع غذایی می‌شود. طبق آمار، هدررفت غذا ۳۸٪ از مصرف انرژی در زنجیره تامین را تشکیل می‌دهد (Fadiji, T., & Pathare, P. B., ۲۰۲۳) (Astráin-Redín, L., et.al., ۲۰۲۱).

جدول شماره ۱: فناوری‌های هوش مصنوعی کاربردی در صنعت غذا (Sharma, S., et. al., ۲۰۲۱)

مزایا	کاربرد	فناوری
کاهش ضایعات و بهبود کارایی	پیش‌بینی تقاضا و بهینه‌سازی موجودی	یادگیری ماشین
افزایش دقت در شناسایی محصولات معیوب	کنترل کیفیت و شناسایی آلودگی	بینایی ماشین

مزایا	کاربرد	فناوری
افزایش سرعت و کاهش هزینه‌های تولید	پردازش و بسته‌بندی غذا	اتوماسیون رباتیک
تصمیم‌گیری بهتر بر اساس داده‌های دقیق	بهینه‌سازی زنجیره تأمین	تحلیل داده‌های بزرگ

### ۳. فرآیندهای غیرحرارتی و استخراج سبز

یکی از رویکردهای کلیدی مطرح شده در این مطالعه، استفاده از فرآیندهای غیرحرارتی برای استخراج ترکیبات زیست‌فعال از ضایعات غذایی است. این روش‌ها شامل اولتراسونیک، میدان‌های الکتریکی پالسی، و پردازش تحت فشار بالا هستند که به طور مؤثری می‌توانند مواد مغذی را استخراج کنند. این تکنیک‌ها نه تنها به حفظ کیفیت مواد غذایی کمک می‌کنند بلکه به کاهش هزینه‌های انرژی نیز منجر می‌شوند. مطالعات اخیر نشان می‌دهند که هوش مصنوعی (AI) نقش مهمی در بهبود راندمان روش‌های پردازش غیرحرارتی مانند فناوری اولتراسوند ایفا می‌کند. در ادامه، برخی از جنبه‌های این کاربردها توضیح داده شده‌اند: (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴).

### ۲. بهینه‌سازی اولتراسوند با استفاده از هوش مصنوعی:

هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی پارامترهای فرآیندهای اولتراسوند به کار می‌رود. مدل‌های یادگیری ماشین می‌توانند ترکیب بهینه شدت امواج اولتراسوند، دما و زمان را برای استخراج ترکیبات فعال زیستی پیش‌بینی کنند. این رویکرد در مواد گیاهی مانند زیتون و محصولات جانبی قهوه نتایج موفقیت‌آمیزی داشته و کارایی و پایداری فرآیند را افزایش داده است (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴).

### ۳. پردازش غیرحرارتی و ارزش‌افزایی ضایعات غذایی:

سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند داده‌های مرتبط با فرآیندهای استخراج غیرحرارتی مانند اولتراسوند را تجزیه و تحلیل کنند. این ابزارها به بهبود روش‌های تبدیل ضایعات غذایی به محصولات ارزشمند کمک کرده و همچنین اثرات زیست‌محیطی و مصرف انرژی این فرآیندها را کاهش می‌دهند. مثلاً در محصولات جانبی چغندر و قهوه، اولتراسوند با هدایت هوش مصنوعی موجب کاهش هزینه‌ها و ضایعات شده است (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴) و (Fadji, T., & Pathare, P. B., ۲۰۲۳).

۴. افزایش کیفیت و ایمنی: در پردازش مواد غذایی، هوش مصنوعی برای نظارت بر اثرات اولتراسوند بر کیفیت و ایمنی غذا استفاده می‌شود. این نظارت شامل تحلیل زمان واقعی برای حفظ مواد مغذی، ایمنی میکروبی و تغییرات ساختاری است. هوش مصنوعی با تضمین دقت و تکرارپذیری، کنترل کیفیت فرآیند را بهبود می‌بخشد (hou, C., et.al., ۲۰۲۳). (Ben Ayed, R., & Hanana, M., ۲۰۲۱).

### بهینه‌سازی پارامترهای اولتراسوند با هوش مصنوعی

یکی از موضوعات کلیدی در تحقیقات اخیر، استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین برای بهینه‌سازی پارامترهای عملیات اولتراسوند در پردازش مواد غذایی بوده است. این تحقیقات نشان می‌دهند که ترکیب هوش مصنوعی با اولتراسوند می‌تواند نتایج فرایندهای استخراج ترکیبات زیستی را بهبود دهد. این مطالعه از الگوریتم‌های پیشرفته یادگیری ماشین برای تحلیل تأثیر شدت امواج اولتراسوند، دما و زمان بر استخراج پلی‌فنول‌ها از زیتون استفاده کرد. مدل‌های هوش مصنوعی توانستند ترکیب بهینه پارامترها را پیش‌بینی کنند، که منجر به افزایش بازده استخراج تا ۳۰ درصد در مقایسه با روش‌های سنتی شد. جزئیات این فرآیند به شرح ذیل بوده است. فرکانس اولتراسوند ۲۰ کیلوهرتز و دمای بهینه ۲۵ درجه سانتی‌گراد و مدت زمان ۳۰۰ ثانیه بوده است. این فرایند نه تنها بازده بیشتری داشت، بلکه مصرف انرژی را نیز به طور قابل توجهی کاهش داد. (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴) و (Fadji, T., & Pathare, P. B., ۲۰۲۳).

جدول شماره ۲: پارامترهای بهینه برای فرآیندهای اولتراسوند همراه با هوش مصنوعی

(Fadji, T., & Pathare, P. B., ۲۰۲۳) (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴).

پارامتر	دامنه یا مقدار پیشنهادی	هدف
فرکانس امواج اولتراسوند	۲۰-۴۰ کیلوهرتز	افزایش بازده استخراج
دمای فرآیند	۲۰-۴۰ درجه سلسیوس	حفظ ترکیبات زیستی و کاهش انرژی
مدت زمان عملیات	۳-۱۰ دقیقه	بهینه‌سازی بازده و کاهش هزینه‌ها
شدت اولتراسوند	۵۰ تا ۱۵۰ وات بر سانتی‌متر مربع	کاهش تخریب مواد حساس

هدف	دامنه یا مقدار پیشنهادی	پارامتر
افزایش انتقال جرم	۱ تا ۳ اتمسفر	فشار محیط
افزایش کارایی استخراج	۱۰:۱ تا ۲۰:۱	نسبت حلال به ماده اولیه

### ارزش افزایی ضایعات غذایی و کاهش اثرات زیست محیطی

فناوری های غیرحرارتی مانند اولتراسوند، همراه با تحلیل های هوش مصنوعی، برای تبدیل ضایعات غذایی به محصولات ارزشمند استفاده شده اند. این مطالعات نشان می دهند که اولتراسوند می تواند ترکیبات فعال زیستی را از محصولات جانبی کشاورزی مانند تفاله قهوه و چغندر استخراج کند. در این مطالعه از ترکیب اولتراسوند و هوش مصنوعی برای استخراج آنتی اکسیدان ها از تفاله قهوه استفاده شده است. مدل های هوش مصنوعی توانستند بهترین زمان و شدت اولتراسوند را برای استخراج حداکثری آنتی اکسیدان ها پیشنهاد دهند. بازده استخراج آنتی اکسیدان ها به میزان ۴۰٪ افزایش یافت، در حالی که استفاده از مواد شیمیایی کاهش یافت. از سایر یافته ها در مطالعات اخیر می توان به کاهش بار زیست محیطی با کاهش مصرف انرژی و مواد شیمیایی و تولید محصولات جانبی با ارزش غذایی و اقتصادی بالا، مانند مکمل های غذایی و افزودنی های طبیعی نام برد (Son, N., Chen, C. R., & Syu, C. H., ۲۰۲۴).

### چگونه هوش مصنوعی می تواند در کاهش ضایعات غذایی کمک کند؟

هوش مصنوعی (AI) می تواند به طور مؤثری در کاهش ضایعات غذایی کمک کند. در ادامه، به بررسی روش ها و کاربردهای مختلف هوش مصنوعی در این زمینه می پردازیم (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴).

### پیش بینی تقاضا

یکی از کاربردهای کلیدی هوش مصنوعی، پیش بینی تقاضا است. با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین، می توان روندهای مصرف را تحلیل کرده و پیش بینی دقیقی از نیاز بازار ارائه داد. این امر به تولیدکنندگان کمک می کند تا تولیدات خود را متناسب با تقاضا تنظیم کنند و از تولید اضافی که منجر به هدررفت می شود، جلوگیری کنند (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴).

### بهینه سازی زنجیره تأمین

هوش مصنوعی می تواند در بهینه سازی زنجیره تأمین نقش مهمی ایفا کند. با تحلیل داده های مربوط به موجودی، حمل و نقل و توزیع، AI می تواند به شناسایی نقاط ضعف و بهبود فرآیندها بپردازد. این بهینه سازی نه تنها هزینه ها را کاهش می دهد بلکه باعث کاهش زمان نگهداری مواد غذایی و در نتیجه کاهش ضایعات می شود (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴).

### مدیریت پسماند

استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت پسماند نیز بسیار مؤثر است. سیستم های هوشمند می توانند داده های مربوط به تولید پسماند را جمع آوری کرده و الگوهای هدررفت را شناسایی کنند. این اطلاعات به سازمان ها کمک می کند تا استراتژی های مؤثرتری برای بازیابی و استفاده مجدد از مواد غذایی طراحی کنند (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴).

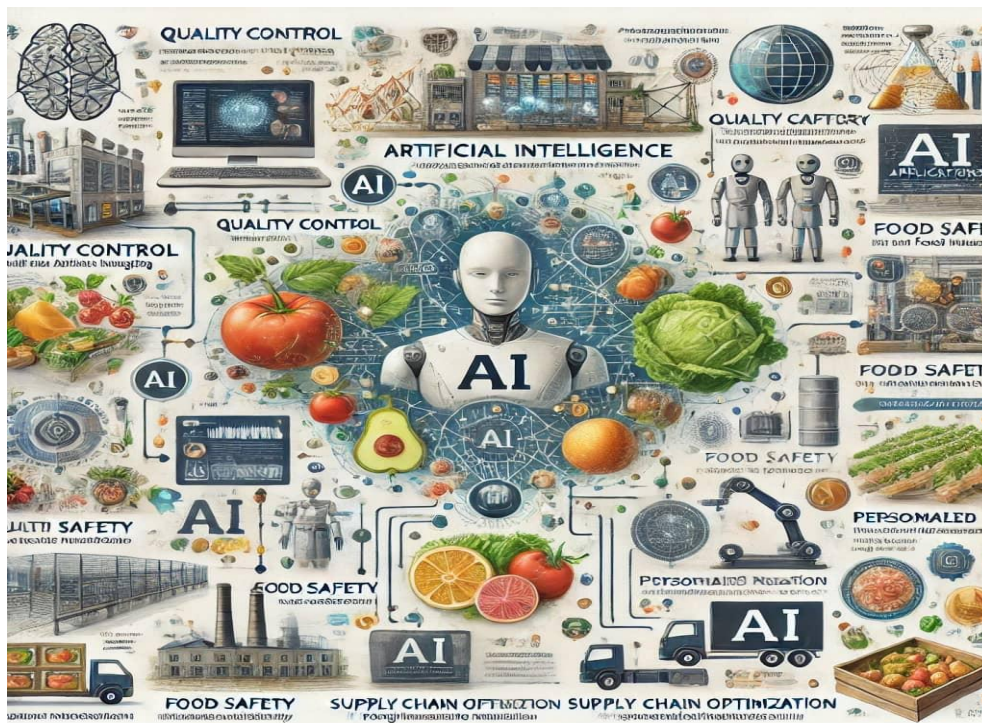
### استخراج مواد مغذی

هوش مصنوعی همچنین می تواند در استخراج مواد مغذی از ضایعات غذایی مفید باشد. تکنیک های غیرحرارتی مانند استخراج با استفاده از امواج اولتراسونیک یا میدان های الکتریکی پالسی، با کمک AI می توانند بهینه سازی شوند تا بهترین بازدهی را از ضایعات غذایی داشته باشند. این فرآیندها موجب تولید محصولات جدید با ارزش افزوده از مواد غذایی دورریختنی می شوند (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴).

### ارزیابی چرخه حیات

استفاده از ارزیابی چرخه حیات (LCA) نیز با کمک هوش مصنوعی امکان پذیر است. AI می تواند داده های مربوط به اثرات زیست محیطی محصولات غذایی را تحلیل کرده و راهکارهای بهبود را پیشنهاد دهد. این ارزیابی ها به تصمیم گیری های بهتر در زمینه مدیریت پسماند و کاهش اثرات منفی بر محیط زیست کمک می کند. در نهایت، ترکیب هوش مصنوعی با تکنیک های نوین مدیریت پسماند و فرآوری مواد غذایی، فرصتی برای ایجاد یک سیستم غذایی پایدارتر و کارآمدتر فراهم می آورد که نه تنها به کاهش ضایعات غذایی کمک می کند بلکه ارزش اقتصادی جدیدی نیز ایجاد می کند (Nutrizio, M., et.al., ۲۰۲۴).





شکل ۱: کاربرد هوش مصنوعی در بخش های مختلف صنایع غذایی

## نتیجه گیری :

این مقاله به بررسی تأثیرات هوش مصنوعی و فناوری های غیرحرارتی در صنایع غذایی می پردازد و نشان می دهد که این تکنولوژی ها چگونه می توانند به بهبود کیفیت، کاهش ضایعات و افزایش بهره وری در تولید غذا کمک کنند. هوش مصنوعی به عنوان یک ابزار کلیدی در تجزیه و تحلیل داده ها و بهینه سازی فرآیندها معرفی شده است. با استفاده از الگوریتم های یادگیری ماشین، صنایع غذایی قادر به پیش بینی تقاضا، مدیریت موجودی و کاهش هدررفت مواد غذایی هستند. این پیش بینی ها نه تنها به تولیدکنندگان کمک می کند تا تولیدات خود را با نیاز بازار هماهنگ کنند، بلکه از هدررفت منابع نیز جلوگیری می کند. فناوری های غیرحرارتی مانند اولتراسوند نقش مهمی در استخراج ترکیبات زیست فعال از ضایعات غذایی ایفا می کنند. این فناوری ها با کاهش مصرف انرژی و حفظ کیفیت مواد غذایی، به افزایش ماندگاری و ارزش افزوده محصولات کمک می کنند. همچنین، ترکیب هوش مصنوعی با این تکنیک ها منجر به بهینه سازی پارامترهای فرآیندهای استخراج می شود که در نهایت بازده بیشتری را به همراه دارد. مقاله همچنین بر اهمیت مدیریت پسماند و ارزیابی چرخه حیات (LCA) تأکید دارد. هوش مصنوعی می تواند در شناسایی الگوهای هدررفت و ارزیابی اثرات زیست محیطی محصولات غذایی مؤثر باشد. این اطلاعات به تصمیم گیری های بهتر در زمینه مدیریت پسماند و کاهش اثرات منفی بر محیط زیست کمک می کند. در نهایت، ترکیب هوش مصنوعی با فناوری های نوین، فرصتی برای ایجاد یک سیستم غذایی پایدارتر و کارآمدتر فراهم می آورد که نه تنها به کاهش ضایعات غذایی کمک می کند بلکه ارزش اقتصادی جدیدی نیز ایجاد می کند. با توجه به چالش های موجود در صنعت غذا، از

جمله افزایش جمعیت و تغییرات اقلیمی، استفاده از این تکنولوژی‌ها ضروری است تا بتوانیم به نیازهای آینده پاسخ دهیم و امنیت غذایی را تضمین کنیم.

## منابع :

- Armbruster, W.J.; Macdonell, M.M. Informatics to Support International Food Safety. In Proceedings of the 28th EnviroInfo 2014 Conference, Oldenburg, Germany, 10-12 September 2014; pp. 127-134.
- Astráin-Redín, L., Alejandre, M., Raso, J., Cebrián, G., & Álvarez, I. (2021). Direct contact ultrasound in food processing: Impact on food quality. *Frontiers in nutrition*, 8, 633070.
- Ben Ayed, R., & Hanana, M. (2021). Artificial intelligence to improve the food and agriculture sector. *Journal of Food Quality*, 2021(1), 5584754.
- Bouzembrak, Y.; Marvin, H.J.P. Prediction of food fraud type using data from Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) and Bayesian network modelling. *Food Control* 2016, 61, 180-187. [CrossRef]
- Coffey, B.; Mintert, J.; Fox, S.; Schroeder, T.; Valentin, L. The Economic Impact of BSE on the USA. Beef Industry: Product Value Losses, Regulatory Costs, and Consumer Reactions. Available online: <https://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/12460/EconomicImpactofBSE.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed on 27 July 2021).
- Coops, R.; Witberg, P. Threats, and opportunities. *PEI Power Eng. Int.* 2005, 13, 53-57. [CrossRef] 6.
- Feye, K.M.; Lekkala, H.; Lee-Bartlett, J.A.; Thompson, D.R.; Ricke, S.C. Survey analysis of computer science, food science, and cybersecurity skills and coursework of undergraduate and graduate students interested in food safety. *J. Food Sci. Educ.* 2020, 1-10.
- hou, C., Okonkwo, C. E., Inyinbor, A. A., Yagoub, A. E. A., & Olaniran, A. F. (2023). Ultrasound, infrared and its assisted technology, a promising tool in physical food processing: A review of recent developments. *Critical reviews in food science and nutrition*, 63(11), 1587-1611.
- Houška, M., & Silva, F. V. M. (2022). The effect of processing methods on food quality and human health: Latest advances and prospects. *Foods*, 11(4), 611.
- Kamilaris, A.; Kartakoullis, A.; Prenafeta-Boldú, F.X. A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Comput. Electron. Agric.* 2017, 143, 23-37.
- King, T.; Cole, M.; Farber, J.M.; Eisenbrand, G.; Zabar, D.; Fox, E.M.; Hill, J.P. Food safety for food security: Relationship between global megatrends and developments in food safety. *Trends Food Sci. Technol.* 2017, 68, 160-170.
- Kitzes, J.; Wackernagel, M.; Loh, J.; Peller, A.; Goldfinger, S.; Cheng, D.; Tea, K. Shrink and share: Humanity's present and future Ecological Footprint. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 2008, 363, 467-470.
- Kulkarni, A.A.; Dhanush, P.; Chetan, B.S.; Thamme Gowda, C.S.; Shrivastava, P.K. Applications of Automation and Robotics in Agriculture Industries; A Review. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2020, 748. [CrossRef]

Liu, K. Research on the Food Safety Supply Chain Traceability Management System Base on the Internet of Things. *Int. J. Hybrid Inf. Technol.* ۲۰۱۵, ۸, ۲۵-۳۴.

Marvin, H.J.P.; Janssen, E.M.; Bouzembrak, Y.; Hendriksen, P.J.M.; Staats, M. Big data in food safety: An overview. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* ۲۰۱۷, ۵۷, ۲۲۸۶-۲۲۹۵. [CrossRef] [PubMed]

Nutrizio, M., Dukić, J., Sabljak, I., Samardžija, A., Fučkar, V. B., Djekić, I., & Jambrak, A. R. (۲۰۲۴). Upcycling of Food By-Products and Waste: Nonthermal Green Extractions and Life Cycle Assessment Approach. *Sustainability*, 16(۲۱), ۹۱۴۳.

Popa, C. Adoption of Artificial Intelligence in Agriculture. *Bull. Univ. Agric. Sci. Vet. Med. Cluj-Napoca Agric.* ۲۰۱۱, ۶۸, ۲۸۴-۲۹۳.

Riahi, Y.; Saikouk, T.; Gunasekaran, A.; Badraoui, I. Artificial Intelligence Applications in Supply Chain: A Descriptive Bibliometric Analysis and Future Research Directions. *Expert Syst. Appl.* ۲۰۲۱, ۱۷۳, ۱۱۴۷۰۲. [CrossRef]

Saetta, S.; Caldarelli, V. How to increase the sustainability of the agri-food supply chain through innovations in ۴,۰ perspective: A first case study analysis. *Procedia Manuf.* ۲۰۲۰, ۴۲, ۳۳۳-۳۳۶.

Sharma, S., Gahlawat, V. K., Rahul, K., Mor, R. S., & Malik, M. (۲۰۲۱). Sustainable innovations in the food industry through artificial intelligence and big data analytics. *Logistics*, 5(۴), ۶۶.

Slavin, P. Climate and famines: A historical reassessment. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* ۲۰۱۶, ۷, ۴۳۳-۴۴۷.

Son, N., Chen, C. R., & Syu, C. H. (۲۰۲۴). Towards artificial intelligence applications in precision and sustainable agriculture. *Agronomy*, 14(۲), ۲۳۹.

## Application of Artificial Intelligence in Food Industry and Non-Thermal Technologies and its effects

Arezoo Berenjforoush Azar<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> Department of Food Science, College of  
Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

<sup>1</sup>Yousef Ramazan

Department of Food Sciences, Faculty of  
Pharmaceutical Sciences, Tehran Azad  
University of Medicine

<sup>1</sup> Alireza Faraji

Food Chemistry, Department of  
School of Medicinal Chemistry,  
Tehran Azad University of Medicine

<sup>1</sup>Farimah Alidoust SaharKhiz Lahiji

Department of Food Sciences, Faculty of Pharmaceutical Sciences,  
Tehran Azad University of Medicine

### Abstract

The agri-food sector is an endless source of expansion to feed a large population, but there is a significant need to develop high-standard methods through smart and innovative technologies such as artificial intelligence (AI) and big data. This paper deals with research related to artificial intelligence and big data analysis in the food industry, including machine learning, artificial neural networks (ANN) and various algorithms. Also, recent studies show that artificial intelligence (AI) plays an important role in improving the efficiency of non-thermal processing methods such as ultrasound technology. Logistics, supply chain, and manufacturing patterns are covered along with food sub-sector applications for AI techniques. It was found that the use of artificial intelligence techniques and intelligent optimization algorithm also leads to significant process management and production. Therefore, digital technologies are a boon for the food industry, as artificial intelligence enables us to achieve optimal results in real time.

Keywords: artificial intelligence, non-thermal processes, ultrasound, food industry