



فصلنامه علمی پژوهش در ایمنی، سلامت و محیط زیست



فرصت‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در ایمنی صنعت غذایی

علی نخعی امرودی^۱، حامد پورحیدری^۲

^۱ عضو هیات علمی دانشکده و پژوهشکده رایانه، شبکه و ارتباطات، دانشگاه جامع امام حسین^(ع)، تهران، ایران

^۲ پژوهشگر دانشکده و پژوهشکده پدافند غیرعامل دانشگاه جامع امام حسین^(ع)، تهران، ایران

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

نوع مقاله: علمی

دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۳

بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۲۷

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۱۹

ارائه آنلاین: ۱۴۰۴/۰۳/۲۵

*نویسنده مسئول: kpnakhaei@ihu.ac.ir

کلید واژه‌ها:

یادگیری عمیق

یادگیری ماشین

هوش مصنوعی

ایمنی صنعت غذایی

چکیده

صنعت فرآوری و بسته‌بندی غذا یکی از مهم‌ترین کسب‌وکارها در میان صنایع مختلف تولیدی در سراسر جهان است که بالاترین میزان اشتغال را به خود اختصاص داده است. نیروی کار انسانی نقش اساسی در اجرای تولید و بسته‌بندی محصولات غذایی ایفا می‌کند. به دلیل حضور انسان‌ها، صنایع غذایی در حفظ زنجیره تأمین و تقاضا دچار کمبود شده و همچنین در زمینه ایمنی غذا ناکام هستند. برای حل این مشکلات در صنایع غذایی، اتوماسیون صنعتی بهترین راه‌حل ممکن است. اتوماسیون به طور کامل بر اساس هوش مصنوعی (AI)، یادگیری ماشین (ML) یا الگوریتم‌های یادگیری عمیق (DL) استوار است. با استفاده از سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، فرآیندهای تولید و تحویل غذا می‌توانند به‌طور مؤثری مدیریت شوند و همچنین کارایی عملیاتی افزایش یابد. این مقاله به بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در صنعت غذا می‌پردازد و پیشنهادی که می‌کند، صرفه‌جویی زیادی در سرمایه و حداکثر استفاده از منابع با کاهش خطای انسانی را به همراه دارد. هوش مصنوعی به همراه داده‌کاوی می‌تواند کیفیت رستوران‌ها، کافه‌ها، زنجیره‌های تحویل آنلاین غذا، هتل‌ها و فروشگاه‌های غذایی را با افزایش تولید و استفاده از الگوریتم‌های مناسب برای پیش‌بینی فروش بهبود بخشد. هوش مصنوعی می‌تواند به‌طور قابل توجهی بسته‌بندی را بهبود بخشد، عمر مفید محصولات را افزایش دهد، ترکیب منو را با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی بهینه کند و ایمنی غذا را با ایجاد یک سیستم مدیریت زنجیره تأمین شفاف‌تر ارتقا دهد. با کمک هوش مصنوعی و یادگیری ماشین، آینده صنایع غذایی به طور کامل بر اساس کشاورزی هوشمند، کشاورزی رباتیک و استفاده از پهپادها خواهد بود.



۱- مقدمه

به‌خوبی مشخص است که غذا یا سهمیه غذایی برای انسان‌ها ضروری است و می‌توان آن را بهترین نتیجه کشاورزی دانست که از توزیع انواع مواد غذایی که توسط کشاورزان شکل گرفته، به وجود می‌آید. محصولات صنعت غذا نقش حیاتی در توسعه هر کشور ایفا می‌کنند [1]. این صنعت همچنین در توسعه اقتصاد کشور و اقتصاد جهانی اهمیت زیادی دارد. بنابراین، کیفیت محصولات صنعت غذا و ایمنی آنها همراه با توزیع مناسب بسیار ضروری است. در چند دهه گذشته، فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی (AI) به نتایج خوبی برای دستیابی به اهداف مورد نظر دست یافته‌اند [2]. از این‌رو، بررسی جنبه‌های کشاورزی هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی و صنعت غذای پیشرفته ضروری است. این تکنیک‌ها نیازهای اجتماعی را برآورده کرده و محصولات با کیفیت را به‌موقع ارائه می‌دهند. با استفاده از این فناوری‌های مدرن، صنعت غذا می‌تواند تعداد زیادی از محصولات غذایی را در زمان کمتری تولید کند که این امر به‌طور تصاعدی به اقتصاد شرکت کمک می‌کند [2].

سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی یا سیستم‌های خودکار به‌طور گسترده‌ای در تقریباً هر بخش از فناوری به کار گرفته می‌شوند. این سیستم‌ها به دنیا این امکان را می‌دهند که به‌طور مؤثر مشکلات را بهینه‌سازی کرده، صنعت غذا را خودکار کرده و محصولات صنایع غذایی را دگرگون کنند [3]. با استفاده از یک سیستم کامپیوتری، صنعت می‌تواند شرایط بهینه‌ای مانند انتخاب بذر، نظارت بر محصولات، آبیاری و نظارت بر دما را بررسی و بهبود بخشد که این امر به کیفیت محصولات صنعت غذا کمک خواهد کرد. استفاده از هوش مصنوعی تنها به این موارد محدود نمی‌شود. این فناوری همچنین می‌تواند در فرآوری، ذخیره‌سازی و تحویل اقلام غذایی مفید باشد. دستگاه‌های هوشمند مانند ربات‌ها و پهپادهای هوشمند نیز می‌توانند نقش بسیار مهم و قابل توجهی در کاهش هزینه‌های بسته‌بندی ایفا کنند. این فناوری همچنین در تحویل محصولات غذایی، انجام وظایف در محیط‌های خطرناک و ارائه محصولات با کیفیت بسیار خوب کمک خواهد کرد [6].

[8]. نقش‌های مهم هوش مصنوعی در صنایع غذایی را می‌توان به‌طور کلی به دو دسته تقسیم کرد: یکی مدیریت امنیت غذایی و دیگری مدیریت کیفیت غذا. حوزه‌های تحت هر دسته در شکل ۱ نشان داده شده است. با در نظر گرفتن تمام جنبه‌های هوش مصنوعی در صنعت غذا، این مطالعه یک بررسی در زمینه یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در صنعت غذا ارائه می‌دهد. ادامه مقاله به‌صورت زیر سازماندهی شده است: ابتدا به کشاورزی هوشمند پرداخته می‌شود و سپس به هوش مصنوعی در صنعت فرآوری غذا اشاره خواهد شد. پس از آن، نقش تحلیل داده‌ها در صنعت غذا مورد بحث قرار می‌گیرد و سپس به یادگیری ماشین (ML) در کسب‌وکار رستوران‌ها پرداخته می‌شود. با توجه به نگرانی‌های ایمنی غذا، هوش مصنوعی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است؛ بنابراین، بخش بعدی به هوش مصنوعی در ایمنی غذا اختصاص دارد. در نهایت، به بررسی چشم‌انداز آینده هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در صنعت غذا خواهیم پرداخت. و در پایان، نتیجه‌گیری مقاله در بخش آخر ارائه می‌شود.



شکل ۱. نقش هوش مصنوعی در ایمنی صنعت غذایی

۲- روش تحقیق

روش تحقیق این مقاله ترکیبی از روش‌های کتابخانه‌ای (مرور سیستماتیک) و تحلیل محتوای کیفی است. در ادامه، جزئیات روش تحقیق به تفکیک بخش‌های اصلی مقاله ارائه می‌شود. این مقاله از نوع تحلیل ثانویه^۱ است. در ابتدا به بررسی و تحلیل مطالعات پیشین (مقالات، گزارش‌ها، و منابع معتبر) و مرور سیستماتیک^۲ پرداخته شده است. به عبارتی نویسندگان به صورت نظام‌مند پژوهش‌های موجود در حوزه هوش مصنوعی و صنعت غذا را جمع‌بندی و تحلیل کرده‌اند. باید توجه داشت که هدف اصلی، شناسایی کاربردهای هوش مصنوعی در صنعت غذا و ارائه چارچوبی نوین برای بهینه‌سازی فرآیندها می‌باشد. لذا روش‌های گردآوری داده‌ها به صورت استفاده از موارد زیر است:

- ۱) منابع داده مورد استفاده، به صورت زیر است: مقالات علمی (مانند Elsevier, Springer, IEEE)؛ گزارش‌های صنعتی (مثل USDA, Technavio)؛ مطالعات موردی شرکت‌های فعال (مانند TOMRA, FarmShots)
- ۲) ابزار گردآوری داده، جستجوی سیستماتیک در پایگاه‌های داده علمی است.
- ۳) روش‌های تحلیل کیفی و کمی داده‌ها به صورت زیر است:

أ) تحلیل کیفی محتوا: طبقه‌بندی کاربردهای هوش مصنوعی در بخش‌های مختلف صنعت غذا (کشاورزی، فرآوری، بسته‌بندی، ایمنی)؛ استخراج مزایا، چالش‌ها، و نوآوری‌ها از منابع موجود.

ب) تحلیل کمی (در بخش‌های محدود): استفاده از آمار و ارقام گزارش‌شده در مطالعات (مثل کاهش ۳۰٪ ضایعات غذایی با هوش مصنوعی).

به صورت خلاصه نوآوری پیشنهادی، استفاده از سیستم یکپارچه هوش مصنوعی و رباتیک خودکار مبتنی بر بینایی ماشین برای بهینه‌سازی زنجیره تأمین، بسته‌بندی هوشمند و کنترل کیفیت بلادرنگ در صنعت غذایی است. این سیستم با ترکیب الگوریتم‌های یادگیری عمیق (DL) برای پیش‌بینی تقاضا، ربات‌های خودکار برای خطوط تولید و بسته‌بندی بدون دخالت انسان، و حسگرهای IoT برای نظارت بر کیفیت و ایمنی مواد غذایی، چارچوبی نوین ارائه می‌دهد که علاوه بر حذف خطای انسانی، پایداری منابع را با کاهش ضایعات بهبود می‌بخشد. در جدول ۱ به طور خلاصه بیشینه تحقیق نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول ۱. بررسی بیشینه تحقیق

نویسندگان	روش تحقیق	نتایج کلیدی
V. Kakani et al. (2020) [54]	مرور سیستماتیک + تحلیل محتوای کیفی	هوش مصنوعی می‌تواند دقت در کنترل کیفیت و کاهش ضایعات غذایی را بهبود بخشد.
N. N. Misra et al. (2020) [55]	مطالعه موردی + تحلیل داده‌های IoT	ادغام IoT و هوش مصنوعی، مدیریت زنجیره تأمین غذا را ۳۰٪ کارآمدتر می‌کند.
de Oliveira et al. (2018) [56]	مدل‌سازی پیش‌بینی (ML)	الگوریتم‌های یادگیری ماشین، موفقیت محصولات جدید غذایی را با دقت ۸۵٪ پیش‌بینی می‌کنند.
S. Wolfert et al. (2017) [57]	تحلیل کیفی + مطالعه میدانی	کشاورزی هوشمند با هوش مصنوعی، بازده محصولات را تا ۶۰٪ افزایش می‌دهد.
J. Zhang et al. (2020) [58]	آزمایش عملی + پردازش تصویر	ربات‌های مبتنی بر بینایی ماشین، دقت برداشت محصولات را به ۹۵٪ می‌رسانند.
E. Fedorova et al. (2020) [59]	تحلیل سیاست‌های ایمنی غذایی	هوش مصنوعی شیوع بیماری‌های ناشی از غذا را تا ۴۰٪ کاهش می‌دهد.
Leung, Carson K et al. (2021) [60]	تحلیل داده‌های فروش (ML)	پیش‌بینی تقاضای رستوران‌ها با دقت ۹۰٪ امکان‌پذیر است.

¹ Secondary Research

² Systematic Review

۳- کشاورزی هوشمند

در صنعت غذا، هوش مصنوعی همچنین کاربردهای مهمی دارد، از جمله نظارت بر خاک، کشاورزی رباتیک و تحلیل پیش‌بینی [۹-۱۱]. شکل ۲ کاربردهای پرتعداد هوش مصنوعی در صنعت غذا را نشان می‌دهد. توضیحات مربوط به هر یک از این کاربردها در بخش بعدی ارائه خواهد شد.

۳-۱- نظارت بر خاک. در شرایط کنونی، صنایع غذایی به مزایای سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی توجه می‌کنند. در این سیستم‌ها، دیدگاه کامپیوتری و الگوریتم‌های یادگیری عمیق بسیار مهم هستند و برای بررسی توالی اطلاعات یا داده‌های دریافتی توسط عوامل مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده می‌شوند تا پیشرفت محصولات و سلامت خاک را پیگیری کنند [۱۰، ۱۲-۲۲]. این سیستم‌های کامپیوتری به کاربران این امکان را می‌دهند که از نقاط قوت و ضعف خاک خود آگاه شوند. هدف اصلی از طراحی این سیستم توسعه‌یافته، شناسایی محصولات معیوب و تعیین روش‌های احتمالی برای توسعه‌ی سالم محصولات است.

در وضعیت اخیر برای نظارت بر خاک (SM)، هنگامی که یک کشاورز، نمونه‌ای از خاک مزرعه خود را به نهاد نظارتی ارسال می‌کند، پس از آن، کاربر یک خلاصه دقیق از محتویات خاک مزرعه خود دریافت خواهد کرد. پس از تحلیل نتایج به‌دست‌آمده، تصمیمات مناسبی در مورد باکتری‌ها، قارچ‌ها و پیشرفت‌های میکروبی گسترده اتخاذ می‌شود.

اولین پهباد مبتنی بر هوش مصنوعی در سال ۱۹۸۰ در ژاپن برای سمپاشی محصولات کشاورزی استفاده شد. امروزه، بیشتر شرکت‌ها از فناوری هوش مصنوعی در کشاورزی و تکنولوژی هوایی بهره می‌برند تا بر سلامت محصولات نظارت داشته باشند [۱۵]. تلاش اصلی این شرکت کاهش هزینه‌ها و بهبود رشد محصولات است. کاربران مسیر پهباد را از پیش برنامه‌ریزی می‌کنند و سپس با دستگاه همراه می‌شوند. پس از آن، دوربین کامپیوتری تصاویری را ثبت می‌کند که برای اهداف بررسی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

(۴) استراتژی این پژوهش در دو حالت می‌باشد:

(ا) مطالعه موردی (Case Study): تحلیل نمونه‌های موفق پیاده‌سازی هوش مصنوعی (مانند ربات‌های برداشت میوه، سیستم‌های پیش‌بینی تقاضا).

(ب) تحلیل تطبیقی (Comparative Analysis): مقایسه فناوری‌های قدیم و جدید در صنعت غذا (مثل سیستم‌های سنتی vs. سیستم‌های مبتنی بر بینایی ماشین).

نوآوری در روش این پژوهش را می‌توان به صورت موارد زیر بیان کرد:

(ا) ادغام چندین روش (ترکیب مرور سیستماتیک با تحلیل کیفی و کمی برای ارائه دیدگاهی جامع).

(ب) تمرکز بر چرخه کامل صنعت غذا: از مزرعه تا مصرف‌کننده، با بررسی تمام مراحل تولید، پردازش، و توزیع.

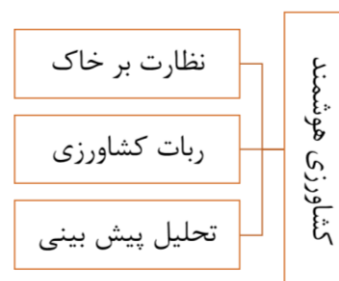
جدول ۲، مولفه‌های مختلف روش تحقیق بکارگرفته شده در این مقاله را نشان می‌دهد.

جدول ۲، مولفه‌های مختلف روش تحقیق

مؤلفه	روش استفاده‌شده
نوع تحقیق	کتابخانه‌ای (مرور سیستماتیک) + تحلیل محتوا
منابع داده	مقالات، گزارش‌ها، مطالعات موردی
تحلیل داده	کیفی (محتوایی) + کمی (آمار توصیفی)
استراتژی	مطالعه موردی + تحلیل تطبیقی
هدف	ارائه چارچوب نوین برای اتوماسیون صنعت غذا

به هر حال، این مقاله از روش تحقیق ترکیبی بهره می‌برد و بیشتر بر تحلیل ثانویه و ترویج دانش موجود تمرکز دارد تا جمع‌آوری داده‌های اولیه.

شده‌اند، در جدول ۳ ارائه شده است. در پژوهش‌ها، مطالعات زیادی [۱۳-۲۰] در زمینه کشاورزی هوشمند وجود دارد که نشان می‌دهد با استفاده از این ابزارهای مدرن، منابع می‌توانند به‌طور بهینه استفاده شوند و درآمد به حداکثر برسد. همچنین، برخی زمینه‌های خاص مانند کانابیس و کنف، سویا، سیب‌زمینی، بادام، گیلان، سیب و انگور با استفاده از کشاورزی هوشمند تولیدات امیدوارکننده‌ای را به دست می‌آورند.



شکل ۲. نقش هوش مصنوعی در صنعت غذایی

۳-۲- Robocrop. با پیشرفت فناوری، صنعت غذا نیز از ابزارهای مبتنی بر فناوری‌های مدرن استفاده می‌کند تا تولید افزایش یابد. یکی از ابزارهایی که توسط گروه‌های تحقیقاتی مختلف توسعه یافته است، "Robocrop" نام دارد [۱۸].

جدول ۳. حسگرها و انواع اندازه‌گیری‌هایی که توسط حسگرهای مربوطه در نظر گرفته شده‌اند.

ردیف	نوع حسگر	اندازه‌گیری
۱	حسگر دما	دمای خاک دمای پوسته غیر تماسی
۲	حسگر رطوبت	رطوبت خاک هدایت الکتریکی محتوای آب حجمی پتانسیل آب
۳	تابش خورشیدی	تابش فعال تابش فرابنفش تابش کوتاه موج خورشیدی
۴	هوا	بارش گرما رطوبت فشار هوا سرعت باد جهت جریان باد
۵	حسگرهای خاک NPK	سطح نیتروژن سطح فسفر سطح پتاسیم سطح PH سطح دما سطح رطوبت

اکنون فناوری به دوره جدیدی از پیشرفت به نام اینترنت اشیا (IoT) منتقل شده است. اینترنت اشیا نقش مهمی در تصمیم‌گیری در زمینه نظارت بر محصولات و خاک دارد [۱۶]. نظارت بر خاک با استفاده از IoT، کاربردی از هوش مصنوعی است که به کشاورزان و صنایع غذایی کمک می‌کند تا از اقتصاد خود بهره‌برداری کنند، احتمال بیماری‌ها را کاهش دهند و استفاده از منابع موجود را بهینه‌سازی کنند. در این سیستم‌ها، حسگرها برای اندازه‌گیری دما، میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) در خاک، سطح رطوبت، محتوای آب، پتانسیل خاک، میزان تابش فتوسنتزی و سطح اکسیژن در خاک به کار گرفته می‌شوند [۱۷]. داده‌های جمع‌آوری‌شده از حسگرهای مختلف به مرکز داده یا ابر ارسال می‌شود تا تصمیم‌گیری صحیحی انجام شود و اقدامات مناسب به‌موقع اتخاذ گردد. نتایج تحلیل و تجسم داده‌های دریافتی در بهینه‌سازی استفاده از منابع مفید است. شناسایی رفتار سیستم نیازمند شناسایی روندهای خاک و اتخاذ تصمیمات دقیق بر اساس شرایط برای دستیابی به حداکثر بازده محصول و تولیدات عالی است [۱۶، ۱۷]. کشاورزی مبتنی بر IoT به عنوان کشاورزی هوشمند شناخته می‌شود و صنعت غذایی مبتنی بر IoT به عنوان صنعت غذایی هوشمند نامیده می‌شود. کشاورزی مبتنی بر اینترنت اشیا (IoT) به‌طور کامل بر نظارت بر خاک، پیش‌بینی وضعیت آب و هوا و نظارت بر محصولات متکی است. همان‌طور که مشخص است، آب و هوا و آبیاری نقش بسیار مهمی در کشاورزی مبتنی بر IoT دارند. توضیحات مربوط به کشاورزی هوشمند همچنین با یک محیط مناسب مانند کیفیت هوای خوب و سیستم آبیاری منظم همراه است. حسگرهای معمول و انواع اندازه‌گیری‌هایی که توسط حسگرهای مربوطه در نظر گرفته

و سپس پردازش می‌شوند. در نهایت، مختصات مورد نظر به دست آمده و اقدامات مهمی توسط ربات انجام می‌شود.

عملکرد ربات برداشت کاملاً به ویژگی‌های تصویر ورودی بستگی دارد. اگر تصویر ورودی دارای ویژگی‌های غالب بیشتری باشد، نتایج برجسته‌ای را نشان می‌دهد. در هر نمونه از تصویر ورودی، محصول باید دارای پوشش گیاهی بیشتری نسبت به گل‌های وحشی باشد و پوشش گیاهی محصول باید به میانگین باند رنگ RGB نزدیک باشد. یک سیستم ربات برداشت معمولی شامل یک قسمت کنسول ربات برداشت، یک شفت مبتنی بر هیدرولیک، یک قاب پیوند سه‌نقطه‌ای، یک دوربین با وضوح بالا، انواع مختلف حسگرهای سرعت، یک آداپتور ADC و غیره است. شکل ۳ یک نمونه از برداشت میوه توسط ربات برداشت را نشان می‌دهد [۱۹].

۳-۳- تحلیل پیش‌بینی. مدل‌های یادگیری برای پیگیری و پیش‌بینی تأثیرات مختلف محیطی بر محصول، مانند تغییرات آب و هوا، توسعه داده می‌شوند. برای این منظور، الگوریتم‌های یادگیری ماشین (ML) نقش بسیار مهمی ایفا می‌کنند. الگوریتم‌های یادگیری ماشین به همراه ماهواره‌ها به بررسی پایداری محصولات، پیش‌بینی وضعیت آب و هوا و ارزیابی مزارع برای شناسایی وجود آفات و بیماری‌ها می‌پردازند. این مدل در ارائه داده‌ها یا اطلاعات با کیفیت بالا که به‌طور مداوم با سرعت بالا به‌روزرسانی می‌شود، بسیار خوب عمل می‌کند. همچنین، سازمان به داده‌هایی که برای مشتریان خود ارائه می‌دهد، با دسترسی به بیش از یک میلیارد بار داده‌های زراعی به‌طور منظم، بسیار مطمئن است. منابع داده‌ای مانند بارش، سرعت باد، تابش خورشیدی و دما به همراه مقادیر تاریخی برای تحلیل پیش‌بینی بسیار مهم هستند. تحلیل به‌دست‌آمده نقش مهمی در برنامه‌ریزی مناسب و انتخاب محصول برای زمین‌های کشاورزی خاص دارد [۲۰].

FarmShots یک استارت‌آپ هوش مصنوعی مستقر در رالی، کارولینای شمالی است که بر تحلیل اطلاعات کشاورزی

این یک سیستم رباتیک مبتنی بر هوش مصنوعی است که فرآیند برداشت را با حداکثر کردن کارایی و یکنواختی پیش می‌برد. این سیستم ابزارهای کشاورزی را به دقت و با سرعت بالا در خط قرار می‌دهد. محصولات کشاورزی در جلوی سیستم توسط یک سیستم با دقت و وضوح بالا تحت نظارت قرار می‌گیرند. تصویر ثبت شده توسط یک ایستگاه کاری با عملکرد بالا پردازش می‌شود تا حداکثر توجه به پیکسل‌های نوار سبز مرتبط با خط محصول جلب شود. به دلیل منطقه وسیع‌تری که توسط دستگاه‌های ورودی ثبت می‌شود و خطوط پردازش متعدد، ردیابی خط مرکز محصول به طور برجسته‌ای انجام می‌شود. این سیستم تصویر به دست آمده را با یک الگوی شبکه‌ای واقعی مقایسه می‌کند که شامل منطقه خط محصول است. اطلاعات به دست آمده سپس برای هم‌راستا کردن ابزارها در ردیف از طریق یک شیفت مبتنی بر هیدرولیک استفاده می‌شود. ویژگی مبتنی بر الگو، سیستم را بسیار مقاوم می‌سازد و از آلودگی‌ها جلوگیری می‌کند. این سیستم به دلیل وجود چندین دوربین و حسگر، عملکرد و نرخ تولید را بهبود می‌بخشد.

در رباتیک برداشت یا اتوماسیون کشاورزی، کارهای برجسته‌ای توسط طراحان مختلف در زمینه ربات‌های برداشت انجام شده است که در دهه‌های اخیر به طرز قابل توجهی بهره‌وری را افزایش داده است. این سیستم‌ها به دلیل پیشرفت‌ها و مزایای اضافی که شامل افزایش بهره‌وری و کاهش نیروی کار است، محبوبیت پیدا کردند. مقاله منتشر شده [۲۳] به ربات برداشت با دو بازو اشاره کرده است که شامل دو بازو به صورت بهینه‌سازی شده است. این ربات دو بازو برای برداشت میوه مناسب است و بر اساس SVM طراحی شده است. در صنعت کشاورزی، علف‌زنی رباتیک به طور خودکار و مؤثر کنترل علف‌های هرز را در نزدیکی یا درون ردیف‌های محصول تسهیل می‌کند. یک سیستم مبتنی بر پردازش تصویر [۲۴] برای شناسایی گیاهان زراعی در سطوح رشد مختلف برای کنترل علف‌زنی رباتیک طراحی شده است. در لیست سیستم‌های موجود، یک سیستم خاص برای گل‌های توت‌فرنگی به نام شاسی رباتیک تطبیقی (ARC) [۲۵] توسعه یافته است. در این سیستم، گل‌های توت‌فرنگی توسط دوربین نصب شده ضبط

چالش برانگیز است به دلیل نامنظمی‌ها در شکل‌ها، رنگ‌ها و اندازه‌های سبزیجات و میوه‌ها. برای توسعه یک سیستم جداسازی و بسته‌بندی مبتنی بر هوش مصنوعی، به مقدار زیادی داده نیاز است تا سیستم به‌درستی آموزش ببیند و وظیفه را به‌صورت کارآمد انجام دهد [26,27]. گروه‌های تحقیقاتی مختلف سیستم‌های متفاوتی برای همین کار طراحی کرده‌اند. یکی از آن‌ها TOMRA است که وظیفه جداسازی را به‌صورت بسیار کارآمد انجام می‌دهد و تولید را با دقت ۹۰٪ به‌سرعت بهبود بخشیده است. در شرایط کنونی، بیشتر وظایف جداسازی و بسته‌بندی محصولات توسط سیستم‌های خودکار انجام می‌شود. با استفاده از این نوع سیستم‌ها، صنایع مزایایی مانند افزایش سرعت تولید، تولید با کیفیت بالا و کاهش هزینه‌های نیروی کار را به دست آورده‌اند.

سیستم‌های تصمیم‌گیری هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی شامل ابزارها و روش‌های مختلفی هستند، از جمله دوربین‌های با وضوح بالا، سیستم‌های مبتنی بر فناوری لیزر، سیستم‌های مبتنی بر اشعه ایکس و طیف‌سنجی مادون قرمز (IR). این ابزارها و فناوری‌ها برای تجزیه و تحلیل هر جنبه‌ای از محصولات غذایی مانند میوه‌ها و سبزیجات در کانال ورودی استفاده می‌شوند. سیستم‌های سنتی تنها قادر به شناسایی محصولات خوب و بد بر اساس ظاهر آن‌ها هستند. با استفاده از TOMRA، مشاهده شده است که مشکل جدا کردن و ترتیب‌دهی می‌تواند در مورد سیب‌زمینی‌ها ۵ تا ۱۰ درصد بهبود یابد [28,29]. همچنین، یک شرکت ژاپنی با استفاده از سیستم مبتنی بر یادگیری ماشین TensorFlow به همین نوع مشکل پرداخته و به نتایج قابل توجهی دست یافته و مزایای قابل توجهی در واحد مونتاژ خود کسب کرده است. این سیستم همچنین نتایج قابل توجهی برای سایر صنایع فرآوری غذا به دست آورده است. علاوه بر این، هر سازمان متوجه شده است که سیستم مبتنی بر هوش مصنوعی با دقت بیشتری کار می‌کند. عملکرد به‌دست‌آمده برای سیب‌زمینی‌ها، گسترش سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی را برای سایر محصولات نیز تشویق می‌کند. این سیستم می‌تواند برای

به‌دست‌آمده از تصاویری که توسط پهپادها و ماهواره‌ها گرفته می‌شود، تمرکز دارد. تمرکز اصلی این شرکت شناسایی آفات، بیماری‌ها و کاهش تغذیه گیاهان در مزارع است [۲۱]. در آوریل ۲۰۱۷، این شرکت دسترسی رایگان به محصولات خود را برای مشتریان جان دیر تا ژوئن ۲۰۱۷ محدود کرد. با این همکاری، به‌وضوح مشخص است که جان دیر علاقه بیشتری به ورود به حوزه فناوری کشاورزی نشان می‌دهد.

۴- هوش مصنوعی در صنعت فرآوری غذا

در این بخش، پژوهشگران به بررسی اهمیت و کاربرد حوزه‌های مختلف هوش مصنوعی مانند شناسایی الگو، علم داده، یادگیری عمیق، یادگیری ماشین و رباتیک در صنعت فرآوری غذا می‌پردازند. علاوه بر فرآوری غذا، صنعت حمل و نقل غذا نیز حائز اهمیت است که در آن هوش مصنوعی نقش کلیدی در مدیریت کل وظایف واحد فرآوری ایفا می‌کند. در شکل ۴، برخی از کاربردهای مهم استخراج شده از صنعت فرآوری و حمل و نقل غذا نشان داده شده است.



شکل ۳. چیدن میوه‌ها با رباتیک [۲۰]

۴-۱- جداسازی و بسته‌بندی محصولات. در صنعت فرآوری غذا، ترتیب و بسته‌بندی مناسب محصولات غذایی یکی از کارهای خسته‌کننده و زمان‌بر برای واحدهای تولیدی است. بنابراین، چنین کارهای خسته‌کننده‌ای می‌تواند توسط سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی انجام شود تا احتمال خطا به حداقل برسد و نرخ تولید صنعت به سرعت افزایش یابد. توسعه سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی یک کار

سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی انجام شود [۳۳]. برای اجرای این کار، حسگرها و دوربین‌های مختلفی به کار گرفته می‌شوند. یکی از محصولات Whitwell و Martec به طور مؤثری نشان می‌دهد که می‌تواند میزان تمیزکاری را تا ۵۰٪ کاهش دهد که این امر به افزایش کارایی و کاهش زمان کمک می‌کند. در حال حاضر، Martec در تلاش است تا مدل تمیزکاری مبتنی بر هوش مصنوعی خود را توجیه کند. برای این رویکرد، Martec از روش‌های تصویربرداری اولتراسونیک و روش‌های فلورسانس نوری استفاده می‌کند تا اطلاعات به‌دست‌آمده را برای توسعه سیستم هوش مصنوعی پردازش کند [۳۴]. این سیستم مقدار باقی‌مانده غذا و زباله‌های میکروبی داخل دستگاه را اندازه‌گیری می‌کند. پس از ارائه گزارش کامل از مرحله آزمایش، سیستم به کار خود ادامه خواهد داد.

۴-۵- راه‌اندازی محصولات جدید. راه‌اندازی محصولات جدید برای هر واحد تولیدی یک کار دشوار است. به‌ویژه در مورد صنایع غذایی، این امر به طور کامل به علایق مصرف‌کنندگان وابسته است. بنابراین، اطلاعات جمع‌آوری شده توسط سیستم‌های تصمیم‌گیری مختلف برای مشتریان در راه‌اندازی محصولات جدید مفید است. این اطلاعات جمع‌آوری شده توسط ماژول مبتنی بر یادگیری ماشین (ML) پردازش می‌شود و سپس تصمیم مناسب برای محصول اتخاذ می‌شود [۲، ۳۵]. با استفاده از رویکرد مبتنی بر یادگیری ماشین، سوالاتی مانند “مشتریان دقیقاً به دنبال چه چیزی هستند” پاسخ داده شده است. در حال حاضر، تقریباً تمام صنایع فرآوری غذا و صنایع بسته‌بندی محصولات غذایی از قدرت هوش مصنوعی برای گسترش و راه‌اندازی محصولات جدید در بازار استفاده می‌کنند. پیش از این، این کار از طریق مطالعه موردی یا نظرسنجی انجام می‌شد. بنابراین، نرخ موفقیت این سیستم بسیار پایین بود. اکنون، تمام سناریو تغییر کرده و هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به‌طور بارزی برای چنین وظایفی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در سرتاسر ایالات متحده، یک گوشه نوشیدنی‌های گازدار خودسرویس، توسط شرکت کوکاکولا نصب شده

بخش‌ها یا دپارتمان‌های مختلف صنعت فرآوری غذا نیز گسترش یابد.

۴-۲- بهداشت فردی و بهداشت محیط. در پژوهش موجود، مشخص شده است که کشورهای مختلف در سراسر جهان، از جمله ایالات متحده، دستورالعمل‌های بهداشتی برای واحدهای فرآوری غذا را راه‌اندازی کرده‌اند. این دستورالعمل‌ها توسط سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی مورد توجه قرار گرفته‌اند. در ابتدا، سازمان بهداشت شهری کانکان و شانگهای با هم همکاری کردند تا یک سیستم مبتنی بر هوش مصنوعی توسعه دهند. این سیستم هوش مصنوعی اولیه به منظور شناسایی اشیاء و چهره‌ها برای یک تعداد ناشناس طراحی شده است. این سیستم برای نظارت بر افرادی که از دستورالعمل‌ها پیروی نمی‌کنند، مورد استفاده قرار می‌گیرد [۳۰]. اگر هر چیزی با معیارها مطابقت داشته باشد، می‌توان آن را در زمان واقعی بدون هیچ تأخیری حل و فصل کرد. سیستم طراحی شده نتایج بسیار خوبی را نشان می‌دهد؛ بنابراین، برنامه‌ریزی شده است که این سیستم برای سازمان‌های بیشتری گسترش یابد.

۴-۳- سیستم تصمیم‌گیری برای کاربران. در سازمان‌های مختلف، مشخص شده است که هوش مصنوعی نه تنها به صنایع فرآوری غذا در توسعه ترکیب‌های مختلف طعم کمک می‌کند، بلکه به کاربران نیز در انتخاب طعم‌های نوآورانه یاری می‌رساند [۳۱]. در سال ۲۰۱۸، شرکت کلاگ (Kellogg) محصول BearNaked-Custom را راه‌اندازی کرد که برای مشتریان بسیار مناسب است تا گرانولای سفارشی خود را از بیش از ۵۰ ترکیب مختلف تهیه کنند. این سیستم با در نظر گرفتن هر فرد، طعم‌ها، انتخاب‌های طعمی مشتری و اطلاعات بیشتری را ثبت می‌کند. این نوع اطلاعات نقش مهمی در راه‌اندازی یک محصول جدید در بازار ایفا می‌کند [۳۱، ۳۲]. بنابراین، هوش مصنوعی بار دیگر نقش مؤثری در توسعه سیستم‌های تصمیم‌گیری برای مشتریان ایفا کرده است.

۴-۴- تمیزکاری و نگهداری تجهیزات. در صنایع فرآوری غذا، تمیزکاری و نگهداری صحیح ابزارهای فرآوری بسیار ضروری است. این وظیفه می‌تواند به راحتی توسط

مصون بودند، اما اکنون وضعیت به طور کامل تغییر کرده است. برای این نوع مشکلات، سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند به طور قطع به حل مشکل کمک کنند. این سیستم‌ها از انتقال بیماری‌ها به وسیله انسان معاف هستند. با این حال، نگهداری از یک سیستم مبتنی بر هوش مصنوعی ساده و آسان است [۲، ۴۹]. طبق گزارشی که توسط Technavio منتشر شده است، پیاده‌سازی ربات‌ها در صنایع فرآوری غذا به میزان ۳۰٪ افزایش خواهد یافت و همچنین نیازهای دولتی را برآورده خواهد کرد. همچنین برخی اختراعات انقلابی جدید با استفاده از هوش مصنوعی در رویکردهای ایمنی غذایی وجود دارد که انتظار می‌رود به زودی شناخته شوند. هدف اصلی آن‌ها کاهش شیوع بیماری‌های ناشی از غذا است.

۵-۱- توالی‌یابی نسل بعدی و بین‌های الکترونیکی. دو اختراع بسیار امیدوارکننده در صنعت غذا، توالی‌یابی نسل بعدی (NGS) و بین‌های الکترونیکی (ENS) هستند. NGS به سرعت جایگزین رویکرد DNA در حوزه ایمنی غذایی می‌شود. معرفی سیستم‌های خودکار مبتنی بر هوش مصنوعی و جریان‌های کاری به تسهیل جمع‌آوری داده‌ها و آزمایش‌های آزمایشگاهی کمک کرده و این فرآیندها را سریع‌تر و دقیق‌تر از همیشه انجام می‌دهد. NGS می‌تواند تمایل‌های خطرناک را به سرعت و به طور کارآمد شناسایی کند و همچنین می‌تواند از شیوع عفونت‌ها پیش از آسیب دیدن تعداد زیادی از افراد جلوگیری کند. ENS عمده‌تأ به عنوان جایگزینی برای حس بویایی انسان در محیط‌های تولید عمل می‌کنند. برخی حسگرها در این سیستم‌ها قرار داده شده‌اند که می‌توانند به دقت تنوعی از بوها را شناسایی کنند. این حسگرها فقط بوهای موجود در اطراف را حس کرده و داده‌های حس شده به یک مرکز داده منتقل می‌شوند، جایی که الگوریتم‌های یادگیری ماشین به این داده‌ها دسترسی پیدا می‌کنند [۴۹، ۵۰]. بر اساس تصمیمی که توسط سیستم مبتنی بر یادگیری ماشین اتخاذ می‌شود، سیگنال هشدار به واحدهای تولید منتقل می‌شود. بنابراین، بین‌های الکترونیکی می‌توانند آینده‌ای روشن برای ایمنی محصولات غذایی باشند.

است. با استفاده از این سیستم، مشتریان این امکان را دارند که با افزودن تغییرات جزئی در طعم‌ها، هزاران نوشیدنی مختلف تهیه کنند. این نوع فعالیت توسط دستگاه ثبت می‌شود و باقی‌مانده تجزیه و تحلیل توسط الگوریتم‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق انجام می‌گیرد. با استفاده از این داده‌ها، می‌توان محصولات جدیدی را راه‌اندازی کرد. «چری اسپریت» (Cherry Sprite) نمونه‌ای واقعی از یک محصول جدید است. همچنین پیشنهاد شده است که در دهه‌های آینده، بیشتر صنایع غذایی از سیستم‌های توصیه‌گر برای توسعه محصولات جدید بهره‌برداری خواهند کرد.

۴-۶- مدیریت زنجیره تأمین و تقاضا. به محض اینکه صنایع غذایی بیشتر نگران سیاست‌های ایمنی غذایی هستند، نیاز دارند که در مورد مسیر محصولات غذایی در سیستم زنجیره تأمین به صورت شفاف‌تری عمل کنند. برای نظارت بر هر مرحله از این فرآیند، از هوش مصنوعی استفاده می‌شود [۱]. این سیستم همه‌چیز را مدیریت می‌کند، از کنترل قیمت گرفته تا مدیریت موجودی. همچنین پیش‌بینی و نظارت بر مسیر کالاها را از جایی که تولید می‌شوند تا محلی که مشتریان آن را جمع‌آوری می‌کنند، بر عهده دارد. سیستم مبتنی بر هوش مصنوعی Symphony Retail امکاناتی را برای رزرو حمل‌ونقل، صدور صورت حساب و مدیریت موجودی فراهم می‌کند [۳۶]. این سیستم همچنین نظم را حفظ کرده و از انباشت کالاهایی که به مواد زائد تبدیل می‌شوند، جلوگیری می‌کند.

۵- هوش مصنوعی در ایمنی غذایی

به دلیل طبیعت استریل ربات‌ها، استفاده از آن‌ها در صنایع فرآوری غذا به طور گسترده‌ای پذیرفته شده است. این ویژگی عامل بزرگی در کاهش تعداد بیماری‌های مرتبط با مواد غذایی است. قانون مدرن‌سازی ایمنی غذایی (FSMA) الزامات بهداشتی سخت‌گیرانه‌تری را تدوین کرده است که برای کل سیستم‌های زنجیره تأمین قابل اجراست. دلیل این امر، غلات، ادویه‌جات و سایر محصولات غذایی است که نیازی به یخچال ندارند و در معرض بالاترین خطر آلودگی قرار دارند. در گذشته، چنین محصولات غذایی از آلودگی

(iv) سیستم‌های ردیابی غذایی مبتنی بر هوش مصنوعی به ما این امکان را می‌دهند که غذا را قبل از تبدیل شدن به ضایعات بفروشیم. با استفاده از این سیستم‌ها، کشاورزان و مصرف‌کنندگان بیشتری می‌توانند برای خرید محصولات غذایی با یکدیگر ارتباط برقرار کنند.

چالش‌های عمده برای اجرای چنین ایده‌هایی در واقعیت نمی‌تواند توسط یک سازمان و یک نهاد سیستم به تنهایی حل شود. کل صنعت غذا نیاز به تغییر دارد. یک همکاری کامل از ذینفعان لازم است تا با هم کار کنند و سیستمی کارآمد ایجاد کنند که تأثیر قابل توجهی بر کل جهان داشته باشد.

۶- خدمات هوش مصنوعی در ایمنی صنعت غذایی

مدیریت ریسک - شناسایی، ارزیابی و اولویت بندی ریسک ها - جزء حیاتی ایمنی صنعتی است. محاسبات کوانتومی می‌تواند این حوزه را متحول کند و رویکردی قوی‌تر و پیچیده‌تر برای درک و کاهش خطرات ارائه دهد. استفاده از الگوریتم‌های کوانتومی می‌تواند ارزیابی ریسک را تسریع کند و به متخصصان ایمنی کمک کند تا خطرات احتمالی را سریع‌تر و دقیق‌تر شناسایی کنند. علاوه بر این، توانایی مدل‌سازی فرآیندهای پیچیده صنعتی امکان نقشه‌برداری جامع ریسک را فراهم می‌کند و دیدی جامع از آسیب‌پذیری‌های بالقوه و روابط متقابل آنها ارائه می‌دهد. علاوه بر این، محاسبات کوانتومی می‌تواند با شبیه‌سازی سناریوهای مختلف ریسک، ارزیابی اثرات بالقوه آنها و سنجش اثربخشی استراتژی‌های کاهش، به اولویت‌بندی ریسک کمک کند.

این می‌تواند تصمیم‌گیری را راهنمایی کند و اطمینان حاصل کند که مهم‌ترین خطرات به‌موقع و به‌طور مناسب رسیدگی می‌شوند. با این حال، ادغام محاسبات کوانتومی در مدیریت ریسک نیز چالش‌های جدیدی را به همراه دارد. به عنوان مثال، پیچیدگی فناوری نیاز به مهارت‌ها و درک تخصصی دارد که ممکن است نیازمند آموزش و تلاش‌های آموزشی قابل توجهی باشد. علاوه بر این، ماهیت در حال

۵-۲- مدیریت ضایعات غذایی. گزارش منتشر شده توسط وزارت کشاورزی ایالات متحده اعلام می‌کند که "در ایالات متحده، ضایعات غذایی بین ۳۰ تا ۴۰ درصد از تأمین غذا تخمین زده می‌شود. این تخمین، بر اساس برآوردهای خدمات تحقیقاتی اقتصادی USDA از ۳۱ درصد ضایعات غذایی در سطوح خرده‌فروشی و مصرف‌کننده، معادل تقریباً ۱۳۳ میلیارد پوند و ارزش ۱۶۱ میلیارد دلار غذا در سال ۲۰۱۰ بوده است. این مقدار ضایعات تأثیرات گسترده‌ای بر جامعه دارد."

طبق گزارش مک‌کینزی، هوش مصنوعی می‌تواند به حل این نوع مسائل کمک کند و با کاهش ضایعات غذایی تا سال ۲۰۳۰، فرصت‌های زیادی را ایجاد کند. این آمار شگفت‌انگیز می‌تواند با راه‌اندازی شیوه‌های کشاورزی صحیح و احیاکننده محقق شود [۵۱]. این موضوع نشان می‌دهد که انسان‌ها به‌طور کارآمد از منابع موجود استفاده نمی‌کنند. روش‌های سنتی کشاورزی می‌تواند با روش‌های کشاورزی هوشمندتر جایگزین شوند. در این روش، حسگرهای مختلفی مستقر می‌شوند و اطلاعات را جمع‌آوری می‌کنند. اطلاعات جمع‌آوری شده با الگوریتم‌های یادگیری ماشین پردازش می‌شود و سپس تصمیمات مناسب اتخاذ می‌گردد. با استفاده از این روش‌ها، کشاورزان می‌توانند سریع‌ترین و دقیق‌ترین تصمیمات را اتخاذ کنند. در ادامه، چند راه پیشنهادی برای کاهش ضایعات غذایی با استفاده از هوش مصنوعی آورده شده است:

(i) در حالی که چندین توضیح به بررسی رسیدن میوه‌ها می‌پردازد، دیگران به این نکته اشاره می‌کنند که چه میکروارگانیسم‌هایی می‌توانند به رشد میوه‌ها و سبزیجات بدون استفاده از کودهای شیمیایی کمک کنند.

(ii) تولیدکنندگان می‌توانند از تحلیل‌های میدانی بهره‌برداری کنند و از مزایای هوش مصنوعی استفاده کنند که به صرفه‌جویی قابل توجهی در هزینه‌ها منجر خواهد شد.

(iii) مدیریت زنجیره تأمین غذایی مبتنی بر کشاورزی از فناوری بینایی کامپیوتری برای مدیریت و بررسی هر فرآیند استفاده می‌کند؛ در نتیجه، ضایعات غذایی به سرعت کاهش خواهد یافت.

تحول فناوری کوانتومی نیازمند رویکردی انعطاف‌پذیر برای مدیریت ریسک است که آماده سازگاری با پیشرفت‌ها و احتمالات جدید است.

در ادامه چند مزیت هوش مصنوعی در صنایع غذایی ذکر شده است:

(i) در سال‌های اخیر، تقریباً تمام صنایع فرآوری غذا به طور بی‌چون و چرا از هوش مصنوعی برای بهبود مدیریت زنجیره تأمین، لجستیک دقیق و تحلیل پیش‌بینی و همچنین به منظور افزایش دقت در سیستم استفاده می‌کنند.

(ii) دیجیتالی شدن سیستم‌های مدیریت زنجیره تأمین و تقاضا در نهایت موجب بازگشت سرمایه می‌شود و درک بهتری از شرایط را فراهم می‌آورد. هوش مصنوعی می‌تواند حجم عظیمی از داده‌ها را تجزیه و تحلیل کند که فراتر از توانایی‌های انسانی است.

(iii) هوش مصنوعی به صنایع کمک می‌کند تا زمان ورود به بازار را کاهش دهند و توافقات را با ذینفعان بهبود بخشند.

(iv) سفارش‌گیری خودکار به طور مثبت هزینه‌های نیروی کار را کاهش می‌دهد، سرعت تولید را افزایش می‌دهد و کیفیت محصولات را بهبود می‌بخشد.

۷- آینده هوش مصنوعی در ایمنی صنعت غذایی

پس از بررسی پژوهش‌های موجود در صنعت غذا، می‌توان مشاهده کرد که نیاز به سرمایه‌گذاری قابل توجهی در صنعت فرآوری و تولید غذا وجود دارد. با به‌کارگیری هوش مصنوعی، سیستم‌ها می‌توانند به راحتی مسائل مختلف در تولید غذا را شناسایی کنند، که این امر نسبت به سیستم‌های مبتنی بر انسان کارآمدتر است. همچنین مشخص شده است که محققان به طور قابل توجهی بر روی این بخش کار می‌کنند. شرکت Gayama، یک شرکت فناوری کشاورزی مستقر در سوئیس، نمونه‌ای عالی از چنین شرکتی است که مبلغ ۳,۲ میلیون دلار برای یک پروژه

مبتنی بر هوش مصنوعی جمع‌آوری کرده است. این پروژه بر اساس دوربین‌های هایپراسپکتال است که قادر به تشخیص نوسانات جزئی در شدت آب، مواد مغذی، آفات و بازده محصولات هستند. سپس، فرآیند هوش مصنوعی تهدیدات ممکن را شناسایی کرده و سیگنال‌های هشدار را به کشاورزان ارسال می‌کند تا آن‌ها بتوانند برنامه‌ریزی لازم را انجام دهند. همچنین، فرآیند هوش مصنوعی اقداماتی قانع‌کننده را توصیه می‌کند که کشاورزان باید برای استفاده بهینه از منابع موجود انجام دهند. با استفاده از روش‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق، سطح زمین نیز می‌تواند با داده‌های ماهواره‌ای تحلیل شود. هدف اصلی این است که فضاهایی را شناسایی کنیم که بتوانند از تسهیلات دولتی یا سهامداران خود برای بهبود محصولات بهره‌مند شوند و این امر می‌تواند به بهبود نتایج کمک کند.

همچنین مشاهده شده است که کشاورزی در بسیاری از کشورها ثابت و قدیمی است. در آینده نزدیک، این نوع کشاورزی می‌تواند با کشاورزی هوشمند جایگزین شود. هوش مصنوعی این امکان را دارد که کشاورزی هوشمند را پیاده‌سازی کند و به نوعی بحران‌های موجود را در آینده حل کند. پیاده‌سازی موفق کشاورزی هوشمند می‌تواند حداقل ۶۰٪ به افزایش محصول کمک کند. یادگیری ماشین و هوش مصنوعی تکنیک‌های امیدوارکننده‌ای هستند، اما راه‌حل‌های متعددی برای از بین بردن ضایعات در صنایع تولید غذا وجود خواهد داشت.

به عنوان مثال، Lab ۷۷ قبلاً ربات‌های پیشرفته‌ای را معرفی کرده است که می‌توانند مواد غذایی را به طور مستقیم از گیاه برداشت کنند و از نیاز به نیروی کار دستی جلوگیری کنند. در تاریخ، ربات‌های برداشت خودکار زیادی وجود داشته‌اند، اما این ربات‌های پیشرفته از یادگیری ماشین یا یادگیری عمیق استفاده می‌کنند و می‌توانند سطح بلوغ هر میوه را تعیین کرده، میوه‌ها را از گیاهان مختلف به شیوه‌ای سالم‌تر شناسایی کرده و میوه‌ها را با دقت بیشتری جابجا کنند. بنابراین، این ربات‌ها آینده کشاورزی و صنایع فرآوری غذا را شکل خواهند داد.

۸- نتیجه گیری

این پژوهش، حقایق مختلفی را برای نشان دادن مزایا و پیاده‌سازی هوش مصنوعی در کسب‌وکارهای غذایی به طور دقیق ارائه کرده است. در وضعیت کنونی، صنعت غذا از سطح پایه‌ای هوش مصنوعی استفاده می‌کند. هر روز نقش هوش مصنوعی به دلیل قابلیت آن در افزایش بهداشت، حفاظت از غذا و سیستم مدیریت ضایعات، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. در آینده، هوش مصنوعی قرار است صنعت فرآوری غذا را متحول کند زیرا پتانسیل زیادی برای تولید بهره‌وری معقول و سالم‌تر برای مشتریان و کارمندان دارد. استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در تولید غذا و کسب‌وکارهای رستورانی در حال حاضر کسب‌وکار را به سطح جدیدی می‌برد و خطاهای انسانی در تولید را به حداقل می‌رساند و به میزان کمتری از محصولات اضافی جلوگیری می‌کند. این امر هزینه‌های بسته‌بندی و حمل و نقل را کاهش می‌دهد، رضایت مشتری را افزایش می‌دهد، خدمات سریع‌تر را فراهم می‌کند، جستجوی صوتی را امکان‌پذیر می‌سازد و سفارشات شخصی‌سازی‌شده بیشتری را ارائه می‌دهد. این مزایای تجاری همچنین می‌تواند برای کارخانه‌های بزرگ غذایی مفید باشد که در درازمدت منافع آشکاری را به همراه خواهد داشت. از ویژگی‌های کلیدی نوآوری روش پیشنهادی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) بسته‌بندی تطبیقی: استفاده از هوش مصنوعی برای طراحی بسته‌بندی‌های بهینه بر اساس ویژگی‌های محصول (مانند ماندگاری، حجم و شرایط حمل و نقل).

۲) پیش‌بینی تقاضا با دقت بالا: ادغام داده‌کاوی و یادگیری ماشین برای تحلیل الگوهای مصرف و کاهش اضافه‌تولید.

۳) کنترل کیفیت بلادرنگ: به‌کارگیری بینایی ماشین و حسگرهای زیستی برای شناسایی آلودگی‌ها یا نقص‌های محصول در حین تولید.

۴) کشاورزی هوشمند: اتصال زنجیره تأمین به سیستم‌های کشاورزی رباتیک و پهپادها برای تأمین مواد اولیه با کمترین ضایعات.

تفاوت روش پیشنهادی با راهکارهای موجود بدین صورت است که این سیستم به جای تمرکز صرف بر یک بخش (مانند تولید یا بسته‌بندی)، چرخه کامل از مزرعه تا مصرف‌کننده را با کمترین نیاز به نیروی انسانی مدیریت می‌کند و از الگوریتم‌های خودتطبیق‌پذیر برای یادگیری مستمر از داده‌های جدید استفاده می‌نماید.

۹- مراجع

- [1] V. Kakani, V. H. Nguyen, B. P. Kumar, H. Kim, and V. R. Pasupuleti, "A critical review on computer vision and arti/cial intelligence in food industry," *Journal of Agriculture and Food Research*, vol. 2, Article ID 100033, 2020.
- [2] N. N. Misra, Y. Dixit, A. Al-Mallahi, M. S. Bhullar, R. Upadhyay, and A. Martynenko, "IoT, big data and arti/cial intelligence in agriculture and food industry," *IEEE Internet of jings Journal*, vol. 1, p. 1, 2020.
- [3] G. Soltani-Fesaghandis and A. Pooya, "Design of an arti/cial intelligence system for predicting success of new product development and selecting proper market-product strategy in the food industry," *International Food and Agribusiness Management Review*, vol. 21, no. 7, pp. 847-864, 2018.
- [4] P. K. Donepudi, "Technology growth in shipping industry: an overview," *American Journal of Trade and Policy*, vol. 1, no. 3, pp. 137-142, 2014.
- [5] S. Vadlamudi, "Agri-food system and arti/cial intelligence: reconsidering imperishability," *Asian Journal of Applied Science and Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 33-42, 2018, <https://journals.abc.us.org/index.php/ajase/article/view/1192>.
- [6] O. Castillo and P. &Meliif, "Automated quality control in the food industry combining arti/cial intelligence techniques with fractal theory," *WIT Transactions on Information and Communication Technologies*, vol. 10, 1970.
- [7] S. Bera, "An application of operational analytics: for predicting sales revenue of restaurant," in *Machine Learning Algorithms for Industrial Applications*, pp. 209-235, Springer, Cham, Switzerland, 2021.

- [18] B. Melander, B. Lattanzi, and E. Pannacci, "Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage," *Crop Protection*, vol. 72, pp. 1–8, 2015.
- [19] J. Machleb, G. G. Peteinatos, B. L. Kollenda, D. And'ujar, and R. Gerhards, "Sensor-based mechanical weed control: present state and prospects," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 176, Article ID 105638, 2020.
- [20] S. Imran, S. Ahmad, and D. H. Kim, "Quantum GIS based descriptive and predictive data analysis for effective planning of waste management," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 46193–46205, 2020.
- [21] A. Giri, D. R. R. Saxena, P. Saini, and D. S. Rawte, "Role of artificial intelligence in advancement of agriculture," *International Journal of Chemical Studies*, vol. 8, no. 2, pp. 375–380, 2020.
- [22] S. Gupta, G. Singal, and D. Garg, "Deep reinforcement learning techniques in diversified domains: a survey," *Archives of Computational Methods in Engineering*, vol. 10, pp. 1–40, 2021.
- [23] D. Sepulveda, R. Fernandez, E. Navas, M. Armada, and P. Gonzalez-De-Santos, "Robotic aubergine harvesting using dual-arm manipulation," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 121889–121904, 2020.
- [24] J. Gai, L. Tang, and B. L. Steward, "Automated crop plant detection based on the fusion of color and depth images for robotic weed control," *Journal of Field Robotics*, vol. 37, no. 1, pp. 35–52, 2020.
- [25] S. Bucher, K. Ikeda, B. Broszus, A. Gutierrez, and A. Low, "Adaptive robotic chassis (ARC)," *RoboCup A Smart Agricultural Robot Toolset*, vol. 69, 2021.
- [26] S. Tripathi, S. Shukla, S. Attrey, A. Agrawal, and V. S. Bhadoria, "Smart industrial packaging and sorting system," in *Strategic System Assurance and Business Analytics*, pp. 245–254, Springer, Singapore, 2020.
- [27] T. Dewi, P. Risma, and Y. Oktarina, "Fruit sorting robot based on color and size for an agricultural product packaging system," *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 9, no. 4, pp. 1438–1445, 2020.
- [8] N. Tyagi, R. Khan, N. Chauhan, A. Singhal, and J. Ojha, "Erickshaws management for small scale farmers using big data Apache spark," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1022, no. 1, Article ID 12023, Bandung, Indonesia, April 2021.
- [9] P. Jayaraman, A. Yavari, D. Georgakopoulos, A. Morshed, and A. Zaslavsky, "Internet of things platform for smart farming: experiences and lessons learnt," *Sensors*, vol. 16, no. 11, p. 1884, 2016.
- [10] X. Morvan, N. P. A. Saby, D. Arrouays et al., "Soil monitoring in Europe: a review of existing systems and requirements for harmonisation," *Science of the Total Environment*, vol. 391, no. 1, pp. 1–12, 2008.
- [11] S. Wolfert, L. Ge, C. Verdouw, and M.-J. Bogaardt, "Big data in smart farming-a review," *Agricultural Systems*, vol. 153, pp. 69–80, 2017.
- [12] S. E. Lozano-Baez, Y. Dom'inguez-Haydar, P. Meli, I. Meerveld, K. Vasquez V ´ asquez, and M. Castellini, "Key gaps ´ in soil monitoring during forest restoration in Colombia," *Restoration Ecology*, vol. 29, no. 4, 2021.
- [13] A. L. Yagci and M. T. Yilmaz, "Mapping and monitoring of soil moisture, evapotranspiration, and agricultural drought," *Springer Remote Sensing/Photogrammetry*, vol. 299, pp. 299–320, 2021.
- [14] A. Qin, D. Ning, Z. Liu, and A. Duan, "Analysis of the accuracy of an FDR sensor in soil moisture measurement under laboratory and field conditions," *Journal of Sensors*, vol. 2021, pp. 1–10, 2021.
- [15] J. Palti and Y. Cohen, "Downy mildew of cucurbits (*Pseudoperonospora Cubensis*): the fungus and its hosts, distribution, epidemiology and control," *Phytoparasitica*, vol. 8, no. 2, pp. 109–147, 1980.
- [16] R. Raut, H. Varma, C. Mulla, and V. R. Pawar, "Soil monitoring, fertigation, and irrigation system using IoT for agricultural application," in *Intelligent Communication and Computational Technologies*, pp. 67–73, Springer, Singapore, 2018.
- [17] S. Bhattacharyya, P. Sarkar, S. Sarkar, A. Sinha, and S. Chanda, "Prototype model for controlling of soil moisture and ph in smart farming system," in *Computational Advancement in Communication Circuits and Systems*, pp. 405–411, Springer, Singapore, 2020.

- [37] D. Tao, P. Yang, and H. Feng, "Utilization of text mining as a big data analysis tool for food science and nutrition," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 19, no. 2, pp. 875–894, 2020.
- [38] E. Fainshtein, E. Serova, and P. Vorobyev, "Contemporary research and analysis of food industry: case of Russian restaurant business network branch," in *Eurasian Business Perspectives: Proceedings of the 29th Eurasia Business and Economics Society Conference*, pp. 183–199, Springer International Publishing, Lisbon, Portugal, April 2021.
- [39] S. A. Topleva and T. V. Prokopov, "Integrated business model for sustainability of small and medium-sized enterprises in the food industry," *British Food Journal*, vol. 122, no. 5, pp. 1463–1483, 2020.
- [40] I. I. Ageikina, E. G. Lazareva, I. Y. Mikhailova, and V. K. Semipyatny, "Results designing and analysis when introducing new beverage identification criteria," *Food Systems*, vol. 3, no. 3, pp. 4–7, 2020.
- [41] J. J. Kim, I. Kim, and J. Hwang, "A change of perceived innovativeness for contactless food delivery services using drones after the outbreak of COVID-19," *International Journal of Hospitality Management*, vol. 93, Article ID 102758, 2021.
- [42] S. Bera, "An application of operational analytics: for predicting sales revenue of restaurant," in *Machine Learning Algorithms for Industrial Applications. Studies in Computational Intelligence*, S. Das, S. Das, N. Dey, and A. E. Hassanien, Eds., vol. 907, pp. 209–235, Springer, Cham, Switzerland, 2021.
- [43] P. Ponnusamy, A. Roshan Ghias, C. Guo, and R. Sarikaya, "Feedback-based self-learning in large-scale conversational ai agents," in *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 34, no. 08, pp. 13180–13187, New York, NY, USA, February 2020.
- [44] M. Stone, E. Aravopoulou, Y. Ekinici et al., "Artificial intelligence (AI) in strategic marketing decision-making: a research agenda," *The Bottom Line*, vol. 33, no. 2, pp. 183–200, 2020.
- [45] K. Blöcher and R. Alt, "AI and robotics in the European restaurant sector: assessing potentials for process innovation in a high-contact service industry," *Electronic Markets*, vol. 2, 2020.
- [28] M. O. Pnishchuk, "Opto-mechanical sorting of municipal solid waste," vol. 46, pp. 514–588, COTU, Vinnytsia, Ukraine, 2020, Doctoral dissertation.
- [29] L. B"unger, "Robotic waste sorting," Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA, USA, 2021, <http://www.wpi.edu/Academics/Projects> Doctoral dissertation.
- [30] E. Rary, S. M. Anderson, B. D. Philbrick, T. Suresh, and J. Burton, "Smart sanitation-biosensors as a public health tool in sanitation infrastructure," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 14, p. 5146, 2020.
- [31] S. Dehghan-Dehnavi, M. Fotuhi-Firuzabad, M. MoeiniAghtaie, P. Dehghanian, and F. Wang, "Estimating participation abilities of industrial customers in demand response programs: a two-level decision-making tree analysis," in *2020 IEEE/IAS 56th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS)*, pp. 1–8, IEEE, Las Vegas, NV, USA, June 2020.
- [32] E. Yost and Y. Cheng, "Customers' risk perception and dineout motivation during a pandemic: insight for the restaurant industry," *International Journal of Hospitality Management*, vol. 95, Article ID 102889, 2021.
- [33] X. Wang, V. M. Puri, and A. Demirci, "Equipment cleaning, sanitation, and maintenance," in *Food Safety Engineering*, pp. 333–353, Springer, Cham, Switzerland, 2020.
- [34] R. H. Schmidt and H. M. Piötter, "Hygienic/sanitary design of food and beverage processing equipment," *Food Safety Engineering*, Springer, Cham, Switzerland, pp. 267–332, 2020.
- [35] S. Wadiah, T. Djatna, M. Marimin, and M. Yani, "New product development in coconut-based agro-industry: current research progress and challenges," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 472, no. 1, Article ID 12053, Changchun, China, August 2020.
- [36] S. S. Bhattacharyya, D. Maitra, and S. Deb, "Study of adoption and absorption of emerging technologies for smart supply chain management," *International Journal of Applied Logistics*, vol. 11, no. 2, pp. 14–54, 2021.

- [53] T. K. Sharma and A. Abraham, "Artificial bee colony with enhanced food locations for solving mechanical engineering design problems," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 11, no. 1, pp. 267-290, 2020.
- [54] Kakani, Vijay, et al. "A critical review on computer vision and artificial intelligence in food industry." *Journal of Agriculture and Food Research* 2 (2020): 100033.
- [55] Misra, N. N., et al. "IoT, big data, and artificial intelligence in agriculture and food industry." *IEEE Internet of things Journal* 9.9 (2020): 6305-6324.
- [56] de Oliveira, Gustavo Magalhães, and Decio Zylbersztajn. "Make or buy: the case of harvesting mechanization in coffee crop in Brazil." *International Food and Agribusiness Management Review* 21.7 (2018): 895-914.
- [57] Wolfert, Sjaak, et al. "Big data in smart farming-a review." *Agricultural systems* 153 (2017): 69-80.
- [58] Zhang, Ji, et al. "Falco: Fast likelihood-based collision avoidance with extension to human-guided navigation." *Journal of Field Robotics* 37.8 (2020): 1300-1313.
- [59] Fedorova, Ekaterina, Vasily Darbasov, and Mikhail Okhlopkov. "The role of agricultural economists in study on problems related to regional food safety." *E3S Web of Conferences*. Vol. 176. EDP Sciences, 2020.
- [60] Leung, Carson K., Fan Jiang, and Yibin Zhang. "Efficient and flexible compression of very sparse networks of big data." *Big Data and Social Media Analytics: Trending Applications* (2021): 167-195.
- [46] X. Y. Leung and H. Wen, "Chatbot usage in restaurant takeout orders: a comparison study of three ordering methods," *Journal of Hospitality and Tourism Management*, vol. 45, pp. 377-386, 2020.
- [47] G. P. Sanjana Rao, K. Aditya Shastri, S. R. Sathyashree, and S. Sahu, "Machine learning based restaurant revenue prediction," in *Evolutionary Computing and Mobile Sustainable Networks*, pp. 363-371, Springer, Singapore, 2021.
- [48] M. Keeble, J. Adams, G. Sacks et al., "Use of online food delivery services to order food prepared away-from-home and associated sociodemographic characteristics: a cross-sectional, multi-country analysis," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 14, p. 5190, 2020.
- [49] E. Fedorova, V. Darbasov, and M. Okhlopkov, "The role of agricultural economists in study on problems related to regional food safety," in *E3S Web of Conferences*, vol. 176, p. 5011, October 2020.
- [50] X. Yu, Y. Lin, and H. Wu, "Targeted next-generation sequencing identifies separate causes of hearing loss in one deaf family and variable clinical manifestations for the p.R161C Mutation in SOX10," *Neural Plasticity*, vol. 2020, pp. 1-8, 2020.
- [51] V. Filimonau, E. Todorova, A. Mzembe, L. Sauer, and A. Yankholmes, "A comparative study of food waste management in full service restaurants of the United Kingdom and the Netherlands," *Journal of Cleaner Production*, vol. 258, Article ID 120775, 2020.
- [52] C. Bhatt, I. Kumar, V. Vijayakumar, K. U. Singh, and A. Kumar, "The state of the art of deep learning models in medical science and their challenges," *Multimedia Systems*, vol. 12, 2020.

Opportunities of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Food Industry

Ali nakhaei Amroudy¹, Hamed Pourheadary²

1 Faculty Member, Faculty and Research Institute of Computer, Network and Communications, Imam Hossein University, Tehran, Iran

2 Researcher, Faculty and Research Institute of Passive Defense, Imam Hossein University, Tehran, Iran 3

ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: Research paper

Received: 29 October 2021

Received in revised form: 7 December 2021

Accepted: 8 December 2021

Available online: 13 December 2021

*Correspondence:

emailaddress@emailprovider.com

Keywords: Deep Learning, Machine Learning, Artificial Intelligence, Food Industry Safety, Farming

ABSTRACT

food processing and handling industry is the most significant business among the various manufacturing industries in the entire world that subsidize the highest employability. The human workforce plays an essential role in the smooth execution of the production and packaging of food products. Due to the involvement of humans, the food industries are failing to maintain the demand-supply chain and also lacking in food safety. To overcome these issues of food industries, industrial automation is the best possible solution. Automation is completely based on artificial intelligence (AI) or machine learning (ML) or deep learning (DL) algorithms. By using the AI-based system, food production and delivery processes can be efficiently handled and also enhance the operational competence. This article is going to explain the AI applications in the food industry which recommends a huge amount of capital saving with maximizing resource utilization by reducing human error. Artificial intelligence with data science

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University

© Authors



