

# نقش هوش مصنوعی در افزایش تولیدات حوزه کشاورزی و امنیت غذایی



معاونت بررسی‌های اقتصادی  
اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران



---

---

تهیه شده در:

معاونت بررسی‌های اقتصادی

اتاق بازرگانی، صنایع، معادن و کشاورزی تهران

آبان ۱۴۰۳

---

---

از طریق پست الکترونیکی زیر می‌توانید پیشنهادهای و نظرات اصلاحی خود را به واحد

مربوطه منعکس نمایید:

[economic\\_research@tccim.ir](mailto:economic_research@tccim.ir)

استفاده از مطالب این گزارش با ذکر منبع بلامانع است.

## فهرست مطالب

مقدمه.....	۵
۱. نگاهی مختصر بر وضعیت بحرانی غذا در جهان.....	۶
۲. امنیت غذایی در آئینه تعاریف بین‌المللی.....	۷
۳. محرک‌های ناامنی غذایی و نحوه اثرگذاری هوش مصنوعی برای مقابله با آن.....	۹
۴. کاربرد هوش مصنوعی در بخش کشاورزی و امنیت غذایی.....	۱۰
۵. چالش‌ها در پذیرش هوش مصنوعی.....	۱۵
۶. موفقیت‌های جهانی در استفاده از هوش مصنوعی در امنیت غذایی.....	۱۹
۷. نتیجه‌گیری.....	۲۰
منابع.....	۲۱



## مقدمه

رشد روزافزون جمعیت جهانی و افزایش تقاضا برای مواد غذایی چالش عمده‌ای را برای تامین امنیت غذایی ایجاد کرده است. برآورد سازمان خواربار جهانی<sup>۱</sup> بر این است که جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ نزدیک به ۱۰ میلیارد نفر برسد که این میزان افزایش جمعیت نیازمند افزایش ۷۰ درصدی تولیدات کشاورزی است که فشار قابل توجهی را بر بخش کشاورزی برای افزایش تولید محصول و به حداکثر رساندن محصول وارد می‌کند. این در حالیست که روش‌های فعلی تولیدات کشاورزی ناپایدار است و بیش از ۸۰۰ میلیون نفر همچنان از گرسنگی رنج می‌برند.

برای مقابله با کمبود مواد غذایی، دو رویکرد بالقوه وجود دارد: گسترش استفاده از زمین و اتخاذ کشاورزی در مقیاس بزرگ، یا پذیرش شیوه‌های نوآورانه و استفاده از پیشرفت‌های فناوری برای افزایش بهره‌وری در زمین‌های کشاورزی موجود. در این راستا رویکردهای نوینی لازم است تا ضمن تامین امنیت غذایی، پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی را نیز تضمین نماید. انقلاب صنعتی چهارم هر صنعتی را با فناوری‌های جدید غرق کرده است و کشاورزی نیز از این قاعده مستثنی نیست. این روزها فناوری هوش مصنوعی بیش از هر حوزه دیگری توانسته است خود را به‌عنوان یکی از محرک‌های اصلی تحول اقتصادی، صنعتی و فناورانه معرفی کرده و به‌عنوان یک فناوری قابل قبول رسیدن به هدف گرسنگی صفر تا سال ۲۰۳۰ را تسریع نماید (هدف ۲ از اهداف توسعه پایدار سازمان ملل). از آنجایی که افزایش تولید غذای جمعیت رو به رشد جهان به دلیل کاهش زمین‌های کشاورزی، تغییرات آب‌وهوایی و افزایش آلودگی کافی نمی‌باشد، تمامی این عوامل بر تولید غذا، محیط‌زیست، کمبود مواد مغذی و سلامت انسان موثر است به‌طوری که میلیاردها نفر در جهان از کمبود مواد مغذی رنج برده و دچار سوء تغذیه شده‌اند. در نتیجه تکنیک‌های نوین فراگیر برای تسهیل پیشرفت و دستیابی به امنیت غذایی مورد نیاز است. با توجه به اهم مطالب بیان شده این نوشتار در تلاش است تا کاربرد و نقش فناوری پیشرفته هوش مصنوعی در تولید محصولات کشاورزی و در نهایت امنیت غذایی مورد واکاوری و بحث قرار گرفته شود.

---

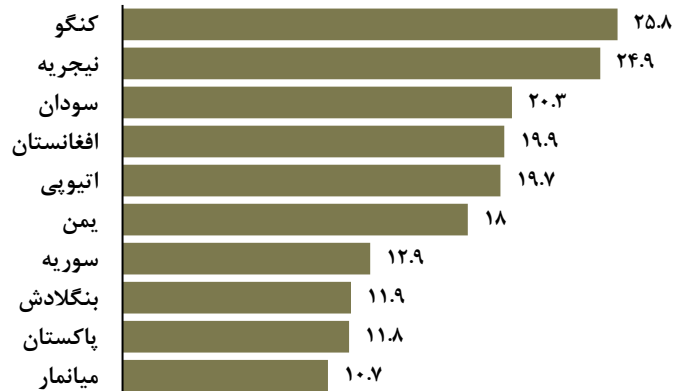
<sup>۱</sup> Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

## ۱. نگاهی مختصر بر وضعیت بحرانی غذا در جهان

بر اساس آخرین گزارش جهانی در مورد بحران های غذایی<sup>۲</sup> (GRFC, 2024) نزدیک به ۲۸۲ میلیون نفر معادل ۲۱.۵ درصد از جمعیت ۵۹ کشور/منطقه مورد بررسی با سطوح بالایی از گرسنگی مواجه بودند که نسبت به سال ۲۰۲۲ حدود ۲۴ میلیون نفر افزایش داشته است.



در نمودار ۱، کشورهایی با بیشترین تعداد افراد درگیر با سطوح بالای ناامنی غذایی در سال ۲۰۲۳ نشان داده شده است. کشور کنگو با ۲۵.۸ میلیون نفر با گرسنگی حاد در صدر نمودار قرار دارد. بعد از کنگو نیجریه با ۲۴.۹ میلیون نفر و سودان با ۲۰.۳ میلیون نفر بیشترین تعداد افراد با گرسنگی حاد را داشته‌اند.



نمودار ۱. کشورهایی با بیشترین تعداد افراد با سطوح بالای ناامنی غذایی حاد در سال ۲۰۲۳ - میلیون نفر

منبع: GRFC، ۲۰۲۴

<sup>2</sup> Global Report on Food Crises (GRFC)

نکته قابل توجه در نمودار ۱، تعداد بالای جمعیت دارای گرسنگی حاد در پاکستان و افغانستان است. تعداد بالای افراد گرسنه در کشورهای همسایه چالش مهاجرت افراد به ایران، تهدیدهای امنیتی، کمبود فرصت‌های درآمدی افزایش کمبود غذا در کشور را در پی دارد. بلیدیاد آور بود که هرگونه اختلال و عدم تعادل در سیستم‌های غذایی می‌تواند منجر به عدم هماهنگی بین نهادهای مختلف دولتی و خصوصی در راستای اتخاذ راهکارهای تضمین امنیت غذایی شود و توام با افزایش تعداد افراد گرسنه، رفتار اجتماعی-سیاسی که در رابطه مستقیم با عادات غذایی قرار می‌گیرد را تحت تاثیر قرار دهد.

فقر و گرسنگی در تمام دوران زندگی بشر به‌عنوان معضلی اساسی وجود داشته است. غذا و تغذیه مناسب شامل رژیم غذایی متعادل و کافی از جمله نیازهای بنیادی بشر بوده و تامین آن در مقوله امنیت غذایی نهفته است. هردولتی موظف است اطمینان حاصل کند که همه افراد جامعه به حداقل مواد غذایی ضروری و سالم دسترسی دارند. بررسی آمار و اطلاعات نشان از این دارد که راهی طولانی برای موفقیت در رفع کامل ناامنی غذایی در پیش است. به‌طوریکه آمارها حاکی از این است که در سال ۲۰۲۳ سو تغذیه حاد در میان کودکان و زنان در کشورهای گرفتار با بحران غذایی به‌ویژه در میان جمعیت‌های آواره ناشی از درگیری‌های نظامی بدتر شده است.



شکل ۲. میزان سو تغذیه در میان کودکان - میلیون نفر

منبع: GRFC، ۲۰۲۴

## ۲. امنیت غذایی در آیینہ تعاریف بین‌المللی

به‌منظور درک عمیق اثر هوش مصنوعی بر تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی بهتر است ابتدا تعریف دقیق از امنیت غذایی ارائه شود. تعریف فائو از امنیت غذایی:

"امنیت غذایی زمانی وجود دارد که همه مردم در هر زمان به مواد غذایی کافی، ایمن و مغذی دسترسی فیزیکی و اقتصادی داشته باشند که نیازهای غذایی و ترجیحات غذایی آنها را برای یک زندگی فعال و سالم برآورده کند." (اجلاس جهانی غذا، ۱۹۹۶).

تعریف بانک جهانی از امنیت غذایی:

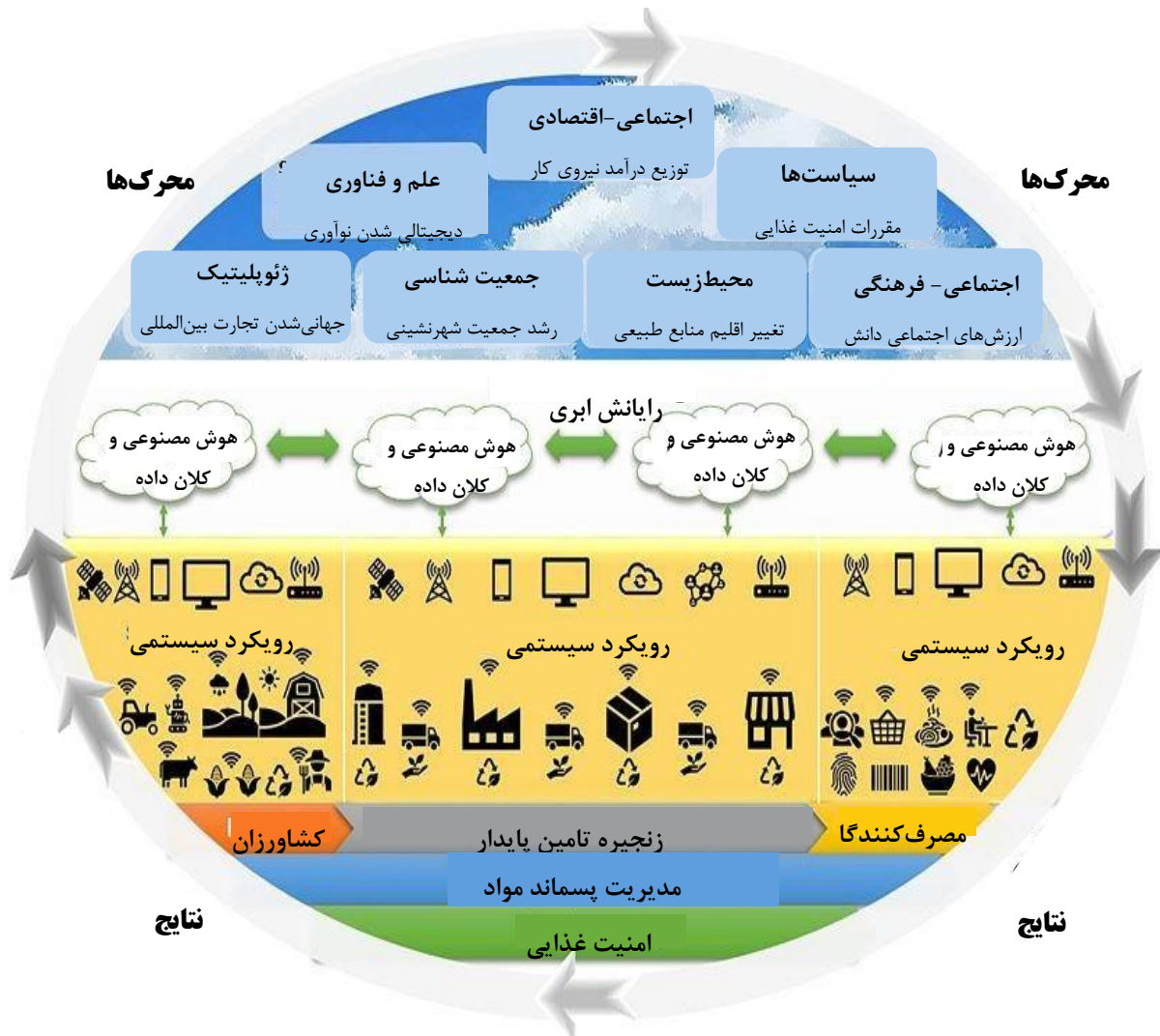
بر اساس اجلاس جهانی غذا در سال ۱۹۹۶، امنیت غذایی زمانی تعریف می‌شود که همه مردم در همه زمان‌ها به مواد غذایی سالم و مغذی کافی دسترسی فیزیکی و اقتصادی داشته باشند که نیازهای غذایی و ترجیحات غذایی آنها را برای یک زندگی فعال و سالم برآورده کند.

بنابراین بانک جهانی نیز با اتکا به تعریف فائو، چهار بعد اصلی برای امنیت غذایی تعریف نموده است:

- ❖ **در دسترس بودن فیزیکی مواد غذایی:** در دسترس بودن غذا به "طرف عرضه" امنیت غذایی می‌پردازد و بر اساس سطح تولید غذا، سطح موجودی و خالص تجارت تعیین می‌شود.
- ❖ **دسترسی اقتصادی و فیزیکی به غذا:** عرضه کافی غذا در سطح ملی یا بین‌المللی به خودی خود امنیت غذایی در سطح خانوار را تضمین نمی‌کند. بلکه نگرانی در مورد دسترسی ناکافی به غذا منجر به تمرکز بیشتر سیاست بر درآمد، هزینه، بازار و قیمت در دستیابی به اهداف امنیت غذایی می‌شود.
- ❖ **مصرف غذا:** مصرف معمولاً بر روشی که بدن از مواد مغذی مختلف موجود در غذا بیشترین استفاده را می‌کند، دلالت دارد. دریافت انرژی و مواد مغذی کافی توسط افراد نتیجه مراقبت و شیوه‌های تغذیه خوب، نحوه طبخ غذا، تنوع رژیم غذایی و توزیع درون خانواری غذا است.
- ❖ **پایداری و ثبات:** حتی اگر امروزه مصرف غذای شما کافی باشد، اگر به طور دوره‌ای به غذا دسترسی کافی نداشته باشید، همچنان به لحاظ غذایی ناامن تلقی می‌شوید و خطر بدتر شدن وضعیت تغذیه‌ای شما وجود دارد. شرایط آب و هوایی نامطلوب، بی‌ثباتی سیاسی یا عوامل اقتصادی (بیکاری، افزایش قیمت مواد غذایی) ممکن است بر وضعیت امنیت غذایی شما تأثیر بگذارد.



### ۳. محرک‌های ناامنی غذایی و نحوه اثرگذاری هوش مصنوعی برای مقابله با آن



مطابق با شکل فوق، همواره محرک‌های بسیاری در حوزه‌های مختلف اعم از عوامل اقتصادی اجتماعی همچون توزیع درآمد نیروی کار، عوامل زیست محیطی همچون تغییرات اقلیمی، در حوزه جمعیت‌شناسی مسائلی همچون رشد جمعیت شهرنشینی، در زمینه‌های ژئوپلیتیکی مسائلی همچون جهانی شدن تجارت بین‌الملل و بسیاری از این عوامل، موجب تحریک وضعیت امنیت غذایی شده و نهایتاً در یک رویکرد سیستمی، تلفیق کلان داده و هوش مصنوعی از طریق هموار نمودن مسیر مرزعه تا مصرف‌کننده، ضمن تامین یک زنجیره پایدار، در کنار مدیریت پسماندها، موجب بهبود امنیت غذایی خواهد شد.

## ۴. کاربرد هوش مصنوعی در بخش کشاورزی و امنیت غذایی

به دلیل موانع بسیاری برای دستیابی به بهره‌وری مطلوب کشاورزی از جمله محدودیت زمین، کمبود نیروی کار، تغییرات آب و هوایی، مسائل زیست محیطی و کاهش حاصلخیزی خاک، چشم‌انداز کشاورزی مدرن در حال تکامل است و در جهت‌های مختلف نوآورانه منشعب می‌شود. کشاورزی مطمئناً از گاوآهن‌های دستی یا ماشین‌آلات اسب‌کشی راه زیادی را پیموده است. هر فصل فناوری‌های جدیدی را به ارمغان می‌آورد که برای بهبود کارایی و سرمایه‌گذاری طراحی شده‌اند. با این حال لازم است هم کشاورزان منفرد و هم شرکت‌های کشاورزی جهانی از فرصت‌هایی که هوش مصنوعی در بهبود روش‌های کشاورزی به آنها ارائه می‌دهد، استفاده نمایند. در سال‌های اخیر، جهان شاهد پیشرفت‌های سریع در فناوری کشاورزی بوده است که انقلابی در شیوه‌های کشاورزی ایجاد کرده است. این نوآوری‌ها به‌طور فزاینده‌ای ضروری می‌شوند زیرا چالش‌های جهانی مانند تغییرات آب و هوایی، رشد جمعیت همراه با کمبود منابع، پایداری سیستم غذایی ما را تهدید می‌کند. معرفی هوش مصنوعی بسیاری از چالش‌ها را حل کرده و به کاهش بسیاری از چالش‌های کشاورزی سنتی کمک نموده است. بر اساس مطالعات بین‌المللی انجام شده ارزش هوش مصنوعی در بازار جهانی کشاورزی حدود ۱.۷ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۳ تخمین زده شده و پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۸ به حدود ۴.۷ میلیارد دلار افزایش یابد (Statista, ۲۰۲۴). پیاده‌سازی مدل‌های هوش مصنوعی می‌تواند مزایای زیادی در این زمینه داشته باشد و با تکمیل فناوری‌های از قبیل پذیرفته شده، یک سیستم کشاورزی هوشمند می‌تواند بسیاری از وظایف را تسهیل کند. در حال حاضر، کاربردهای عملی هوش مصنوعی در حوزه کشاورزی تا حدودی محدود به کشورهای توسعه یافته است (گورالسکی و تان<sup>۳</sup>، ۲۰۲۰) است. با این حال در ادامه چند مورد رایج استفاده از هوش مصنوعی در کشاورزی آورده شده است:

### ۴-۱. پیش‌بینی و مدیریت زنجیره تولید و تأمین

هوش مصنوعی می‌تواند از طریق تحلیل و پیش‌بینی تقاضای بازار به مدیریت زنجیره تأمین کمک کند، که این امر منجر به کاهش ضایعات و بهینه‌سازی مصرف منابع می‌شود.

### ۴-۲. کنترل کیفیت

موانع کلیدی برای نظارت بر کیفیت مواد غذایی و تاریخ انقضا، شامل زمان‌بر بودن بررسی و تخریب نمونه است و در عین حال تعیین کیفیت غذا مستلزم آنالیز سریع، دقیق و کارآمد است. در کارخانجات تولید مواد غذایی، هوش مصنوعی می‌تواند برای بررسی کیفیت محصولات در هر مرحله از فرآیند تولید مورد استفاده قرار گیرد.

<sup>3</sup> Goralski and Tan

یکی از کاربردهای اصلی AI در صنایع غذایی، کنترل کیفیت محصولات است. سیستم‌های هوش مصنوعی با استفاده از دوربین‌ها و سنسورهای مختلف قادر به شناسایی نقاط ضعف یا ناهماهنگی در محصولات می‌باشند. این امر به تضمین کیفیت و جلوگیری از عرضه محصولات ناسالم به بازار کمک می‌کند. به عنوان مثال، یک کارخانه تولید مواد غذایی ممکن است از ربات‌های هوشمند برای بسته‌بندی محصولات استفاده کند. این ربات‌ها با استفاده از دوربین‌ها و سنسورهای هوشمند، محصولات را از منظر اندازه، وزن و کیفیت بررسی می‌کنند. سپس بر اساس الگوریتم‌های هوش مصنوعی، محصولات را به دسته‌های مختلف تقسیم می‌کنند و به طور خودکار بسته‌بندی می‌کنند. این کار به دقت و سرعت بالا انجام می‌شود و از خطاهای انسانی جلوگیری می‌کند. هوش مصنوعی در کشاورزی، کارایی تولید محصول را از طریق شناسایی زمین‌ها و زمین‌های کشاورزی ایده‌آل، مدیریت کارآمد آب، تشخیص زودهنگام بیماری‌ها و استفاده بهینه از منابع ورودی افزایش می‌دهد و در نتیجه زمان تاخیری را که در غیر این صورت با آزمایش و آزمایش مواجه می‌شد حذف می‌کند (شارما و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۲۳).

علاوه بر این، سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند در پیش‌بینی نیازمندی‌های مواد اولیه نیز کمک کنند. با تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به تاریخچه سفارشات و فروش، این سیستم‌ها می‌توانند به طور دقیق ترجیحات مشتریان را درک کرده و حجم مناسب مواد اولیه را برای تولید پیش‌بینی کنند. این کار باعث می‌شود که فرآیند تولید بهینه‌تر و بدون ضایعات انجام شود. در نتیجه، از طریق بهینه‌سازی فرآیند تولید با استفاده از AI، صنعت غذا می‌تواند همچنان محصولات با کیفیت بالا تولید کرده و همچنین به کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری اقتصادی دست یابد.

متداول ترین فناوری هوش مصنوعی برای ارزیابی کیفیت غذا، شبکه عصبی مصنوعی<sup>۵</sup> (ANN) است. شبکه عصبی مصنوعی (ANN) یک مدل ریاضی مبتنی بر ویژگی‌های پردازش خطی یا غیرخطی است. یک شبکه عصبی مصنوعی (ANN) مشابه مغز انسان عمل می‌کند و سیستم را به انجام یک کار داخلی به جای یک فعالیت محاسباتی معمولی ترغیب می‌کند. لایه‌های ورودی، مخفی و خروجی سه لایه اساسی معماری پایه شبکه عصبی مصنوعی هستند. لایه ورودی، داده‌ها را از معماری استخراج می‌کند و آن‌ها را به لایه پنهان هدایت می‌کند تا داده‌های پردازش نشده را مدیریت کند. داده‌های جمع‌آوری شده به لایه‌های خروجی برای ایجاد خروجی نهایی منتقل می‌شود. مزایای کلیدی لایه‌های ANN توانایی آنها در پیش‌بینی پایه استدلال موازی و آموزش مؤثر شبکه‌های عصبی است.

---

<sup>4</sup> Sharma and et al

<sup>5</sup> Artificial Neural Networks - ANN

#### ۳-۴. ردیابی و شناسایی منشاء

هوش مصنوعی می‌تواند در ردیابی محصولات از مزرعه تا فروشگاه کمک کند و در صورت بروز مشکلات ایمنی، منشاء آن را به سرعت شناسایی کند.

#### ۴-۴. پیشگیری از تقلب غذایی

هوش مصنوعی می‌تواند با استفاده از الگوریتم‌های پیچیده، تقلبات غذایی مانند جابجایی یا مخلوط کردن محصولات تقلبی با محصولات اصلی را شناسایی کند.

#### ۵-۴. کاهش ضایعات مواد غذایی

یکی از چالش‌های بزرگ صنعت غذایی، ضایعات محصولات است. هوش مصنوعی می‌تواند با پیش‌بینی مصرف و تقاضا، به کاهش ضایعات و مدیریت بهینه مواد اولیه کمک کند. همچنین با استفاده از الگوریتم‌ها و سنسورهای هوشمند، می‌توان به دقت نیاز به مواد و تاریخ انقضای آن‌ها را پیش‌بینی کرده و مدیریت موجودی را بهینه‌سازی کرد که این کار به کاهش هدررفت‌ها و افزایش بهره‌وری اقتصادی منجر می‌شود (تسولاکیس و همکاران، ۲۰۲۳)

#### ۶-۴. تشخیص آلودگی‌های غذایی و جلوگیری از گسترش بیماری‌ها

می‌توان از هوش مصنوعی برای تشخیص و جلوگیری از گسترش بیماری‌های ناشی از غذا استفاده کرد. با ردیابی حرکت غذا و تجزیه و تحلیل الگوهای مصرف غذا، هوش مصنوعی می‌تواند تشخیص دهد که یک ماده غذایی خاص چه زمانی باعث شیوع بیماری می‌شود و به مقامات هشدار دهد تا اقدامات لازم را انجام دهند. این کار با استفاده از هوش مصنوعی در پروژه‌های کشاورزی برای اسکن تصاویر به منظور یافتن کپک، پوسیدگی، حشرات یا سایر تهدیدات برای سلامت محصول عمل می‌کند. در ارتباط با سیستم‌های هشدار، این فناوری به کشاورزان کمک می‌کند تا به سرعت آفات را از بین ببرند یا محصولات را جدا کنند تا از گسترش بیماری جلوگیری نمایند. یکی از مخرب‌ترین عوامل در کشاورزی آفات هستند که به محصولات زراعی آسیب‌های جبران‌ناپذیری وارد می‌سازند. با به‌کارگیری فناوری هوش مصنوعی کشاورزان با مقایسه تصاویر ماهواره‌ای و داده‌ها به آسانی تشخیص می‌دهند که اگر آفتی تهدیدی بر محصول است از چه نوع حشره‌ای است و برای نابودی آن چه راهکاری مناسب‌تر است. یکی دیگر از خدمات قابل توجه در این زمینه هشدارهایی است که صورت خودکار به تلفن همراه کشاورزان ارسال می‌شود تا بتوانند اقدامات احتیاطی لازم را به عمل آورند.

<sup>6</sup> Tsolakis and et al

#### ۴-۷. مدیریت کشاورزی هوشمند

سیستم‌های هوش مصنوعی در کشاورزی می‌توانند با استفاده از داده‌های سنسورهای متصل به اینترنت مانند دما، رطوبت و کیفیت خاک، به کشاورزان کمک کنند تا بهینه‌ترین زمان برای کاشت، آبیاری و برداشت محصولات را تعیین کنند.

مدیریت داده‌های کشاورزی با هوش مصنوعی می‌تواند از بسیاری جهات مفید باشد:

- **مدیریت ریسک؛ تجزیه و تحلیل پیش‌بینی** خطاها در فرآیندهای کشاورزی را کاهش می‌دهد.
- **اصلاح نباتات؛** هوش مصنوعی از داده‌های رشد گیاهان برای توصیه در مورد محصولاتی که در برابر آب و هوای شدید، بیماری یا آفات مضر انعطاف پذیرتر هستند، استفاده می‌کند.
- **تجزیه و تحلیل سلامت خاک و محصول؛** الگوریتم‌های هوش مصنوعی می‌توانند ترکیب شیمیایی نمونه‌های خاک را تجزیه و تحلیل کنند تا تعیین کنند کدام مواد مغذی ممکن است کمبود داشته باشند. همچنین هوش مصنوعی می‌تواند بیماری‌ها را شناسایی و پیش‌بینی کند.
- **تغذیه محصول؛** هوش مصنوعی در آبیاری از طریق پیش‌بینی ترکیب بهینه محصولات زراعی، قادر به شناسایی الگوهای بهینه و زمان مصرف مواد مغذی است.
- **برداشت؛** هوش مصنوعی برای افزایش عملکرد محصول مفید است و حتی می‌تواند بهترین زمان برداشت محصول را پیش‌بینی کند.
- **توسعه نرم افزار کشاورزی؛** از فناوری هوش مصنوعی می‌توان برای نظارت بر شرایط مزرعه، بهینه‌سازی آبیاری و بهبود مدیریت کلی محصول استفاده کرد.

#### ۴-۸. صرفه جویی در هزینه

بهبود عملکرد مزارع یک هدف ثابت برای کشاورزان است. کشاورزی دقیق در ترکیب با هوش مصنوعی، می‌تواند به کشاورزان کمک کند تا محصولات بیشتری را با منابع کمتر رشد دهند. هوش مصنوعی در کشاورزی ترکیبی از بهترین شیوه‌های مدیریت خاک، فناوری نرخ متغیر و مؤثرترین شیوه‌های مدیریت داده‌ها برای به حداکثر رساندن محصول و در عین حال به حداقل رساندن هزینه‌ها است.

استفاده از هوش مصنوعی در کشاورزی به کشاورزان بینش محصول را در زمان واقعی ارائه می‌دهد و به آن‌ها کمک می‌کند تا تشخیص دهند که کدام مناطق به آبیاری، کوددهی یا آفت کش نیاز دارند. شیوه‌های کشاورزی نوآورانه مانند کشاورزی عمودی نیز می‌تواند تولید غذا را افزایش داده و در عین حال مصرف منابع را به حداقل برساند.

#### ۴-۹. تصمیم‌گیری داده‌محور

در عصر حاضر کشاورزان در مواجهه با پدیده تغییرات اقلیمی و آب‌وهوایی به روش‌های بهتری برای تصمیم‌گیری درباره زمان کاشت نیاز دارند. در دنیای مدرن همه چیز حول داده می‌چرخد. سازمان‌ها در بخش کشاورزی از داده‌ها برای به دست آوردن بینش‌های دقیق در مورد جزئیات فرآیند کشاورزی، از درک هر هکتار از یک مزرعه گرفته تا نظارت بر کل زنجیره تامین محصول تا به دست آوردن ورودی‌های عمیق در فرآیند تولید محصول، استفاده می‌کنند. تجزیه و تحلیل‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی در حال حاضر راه را برای کسب و کارهای کشاورزی هموار می‌کند. علاوه بر این، هوش مصنوعی می‌تواند تقاضای بازار را تجزیه و تحلیل کند، قیمت‌ها را پیش‌بینی کند و همچنین زمان‌های بهینه برای کاشت و برداشت را تعیین کند.

سیستم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند داده‌ها را در مورد فرآیندهای تولید، ترجیحات مصرف‌کننده و عملکرد تجهیزات جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل کنند. این رویکرد مبتنی بر داده به کسب‌وکارها کمک می‌کند تا تصمیمات آگاهانه بگیرند، عملیات را بهینه کنند و منجر به توسعه نوآوری در تولید محصولات شوند. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل‌ها می‌توانند با پیش‌بینی روند بازار و رفتار مصرف‌کننده مزیت رقابتی ایجاد کرده و استراتژی‌های دقیق را تسهیل کنند. این استفاده جامع از داده‌ها، اطلاعات خام را به بینش‌های عملی تبدیل کرده و رشد پایدار را تضمین می‌کند.

#### ۴-۱۰. امنیت غذایی

هنگامی که یک شوک طبیعی یا اقتصادی - یا یک درگیری - رخ می‌دهد، یک واکنش بشردوستانه در زمان واقعی برای تضمین امنیت غذایی مورد نیاز است. هوش مصنوعی سازمان‌ها را قادر می‌سازد تا به سرعت مقادیر زیادی از داده‌ها را برای پیش‌بینی گرسنگی و اطمینان از توزیع کارآمد تفسیر کنند.

گروهی از شرکت‌ها از قدرت هوش مصنوعی برای مقابله با ناامنی غذایی با بهینه‌سازی توزیع استفاده می‌کنند. به عنوان مثال، Replate مستقر در سانفرانسیسکو، غذای مازاد را با در نظر گرفتن انواع غذا - مانند ارزش غذایی و مناسب بودن آن برای نیازهای غذایی خاص - و همچنین جمعیت‌شناسی دریافت‌کنندگان، به سازمان‌های غیرانتفاعی هدایت کند.

#### ۴-۱۱. مقاومت آنتی بیوتیکی

مقاومت آنتی بیوتیکی که با استفاده بیش از حد از مواد ضد میکروبی در دامپروری مرتبط است می تواند تا سال ۲۰۵۰ باعث مرگ ۱۰ میلیون نفر در سال شود. از بینایی کامپیوتری<sup>۷</sup> برای تشخیص بیماری در دامها استفاده می کنند تا کشاورزان بتوانند به سرعت بیماری را درمان کنند.

#### ۵. چالش‌ها در پذیرش هوش مصنوعی

پیچیدگی هایی که کشورهای در حال توسعه در پذیرش هوش مصنوعی برای مقاصد کشاورزی با آن مواجه هستند، چندوجهی است و از ملاحظات اجتماعی-فرهنگی، مذهبی، اخلاقی، اقتصادی و فرهنگی ناشی می شود. در ادامه به برخی از مهم ترین چالش های بر سر راه صنعت کشاورزی در پذیرش هوش مصنوعی اشاره می شود.

**۵-۱. چالش های مالی و اقتصادی؛** چالش های مالی مانع بزرگی در پذیرش نه تنها فناوری هوش مصنوعی و سایر فناوری های کشاورزی در کشورهای در حال توسعه است. پیاده سازی فناوری هوش مصنوعی، نیازمند سرمایه گذاری اولیه بالایی در منابع نرم افزاری و سخت افزاری است. نمی توان از این واقعیت فرار کرد که سرمایه گذاری اولیه می تواند بسیار گران باشد. با توجه به مشکلات مالی بسیاری از مزارع و مشاغل کشاورزی، استفاده از هوش مصنوعی ممکن است در حال حاضر به خصوص در مورد کشاورزان در مقیاس کوچک و در کشورهای در حال توسعه غیرممکن باشد. کشاورزان در مقیاس کوچک بدون هیچ برنامه یارانه ای از سوی مقامات دولتی یا بین المللی نمی توانند این هزینه های سنگین را متحمل شوند؛ علاوه بر این کشاورزان ممکن است به دلیل عدم اطمینان در مورد بازگشت سرمایه و خطرات احتمالی، در سرمایه گذاری در این زمینه مردد باشند. شاید آسان ترین و ساده ترین راه حل ممکن برای رفع این چالش ها آموزش سرمایه گذاران و کشاورزان در مورد بازده سرمایه گذاری بالقوه از هوش مصنوعی باشد. از طرفی هزینه پیاده سازی مزارع هوش مصنوعی با توسعه فناوری ها کاهش خواهد بود و کسب و کارها این فرصت را دارند که منابع مالی مانند کمک های مالی دولتی یا سرمایه گذاری خصوصی را جذب کنند و سازمان های دولتی و خصوصی نیز می توانند یارانه ها و وام های خرد را متناسب با پذیرش فناوری ارائه دهند. به طور مشابه، ایجاد مراکز اجتماعی که در آن کشاورزان می توانند به ابزارها و منابع هوش مصنوعی دسترسی داشته باشند، می تواند آن ها را از هزینه های فردی هنگفت نجات دهد.

---

<sup>7</sup> Computer Vision

**۵-۲. چالش‌های زیرساخت؛** زیرساخت چالش بزرگی در پذیرش هوش مصنوعی است. دسترسی محدود به برق مانع از اجرای دستگاه‌های مبتنی بر هوش مصنوعی شده و عدم اتصال به اینترنت پرسرعت و پایدار مانع از انتقال داده و دسترسی به محاسبات ابری می‌شود. به‌طور مشابه، دسترسی محدود به منابع سخت افزاری، از جمله رایانه‌ها، پهنابندها، سرورها و حسگرها نیز مانع اجرای فناوری‌های هوش مصنوعی خواهد شد. علاوه بر این، محدودیت‌های بودجه برای هزینه‌های تعمیر و نگهداری عامل محدود کننده دیگری است. با این وجود، برخی ابتکارات مربوط به آژانس‌های بین‌المللی، دولت‌های محلی، سازمان‌های غیردولتی و نهادهای بخش خصوصی برای بهبود دسترسی به برق و اینترنت، آموزش و آگاهی می‌تواند به مقابله با این چالش کمک کند.

**۵-۳. کمبود متخصصان حوزه هوش مصنوعی؛** فقدان متخصصان مربوط به این حوزه مانع بزرگی برای پذیرش هوش مصنوعی در بخش کشاورزی است. جوامع مبتنی بر کشاورزی سنتی اغلب فاقد افراد متخصص در زمینه هوش مصنوعی کشاورزی هستند، که خود مانعی بزرگ برای توسعه، پیاده‌سازی و استقرار سیستم‌های هوش مصنوعی است. با این حال، این چالش‌ها را می‌توان به روش‌های مختلفی از جمله توسعه مهارت‌ها و انتشار دانش مورد توجه قرار داد. به‌طور مشابه، همکاری با موسسات و شرکت‌های معتبر که در حوزه هوش مصنوعی کار می‌کنند می‌تواند به کسب آموزش و پشتیبانی کمک کند. به همین ترتیب، ادبیات‌سازی در مورد منابع هوش مصنوعی نیز مردم را تشویق می‌کند تا بیشتر در مورد این فناوری کاوش کرده و در مورد آن بیاموزند.

**۵-۴. کمبود داده و در دسترس بودن داده‌ها؛** کمبود داده و در دسترس نبودن داده‌های کافی، چالش مهمی در پذیرش فناوری هوش مصنوعی برای کشاورزی ایجاد می‌کند. بیشتر سیستم‌های هوش مصنوعی به داده‌های تاریخی و در لحظه در مورد وضعیت خاک، رشد محصول، آب و هوا و سایر پارامترهای مرتبط برای فرآیندهای مبتنی بر هوش مصنوعی نیاز دارند. داده‌های موجود در بیشتر کشورهای در حال توسعه ممکن است به شکل یکپارچه یا متمرکز به دلیل عدم همکاری بین بخش دولتی و خصوصی در دسترس نباشد. علاوه بر این، داده‌های بدون ساختار، نادرست، بدون تاریخ و ناقص می‌تواند منجر به بینش‌های ناقص شود. یک راه حل ممکن برای مواجهه با چنین چالش‌هایی می‌تواند تشویق همکاری بین کشاورزان، وزارت کشاورزی و موسسات تحقیقاتی برای اشتراک‌گذاری و ثبت داده‌ها بر اساس استانداردها باشد.

**۵-۵. سفارشی‌سازی؛** سفارشی‌سازی چالش دیگری در پذیرش فناوری هوش مصنوعی است که حول شخصی‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی بر اساس زبان‌ها و شیوه‌های کشاورزی مناطق خاص می‌چرخد. با توجه به اینکه محصولات زراعی، شیوه‌های زراعی، بیماری‌ها و آفات در مناطق مختلف بسیار متفاوت است، لذا یک مدل هوش مصنوعی جهانی برای همه اهداف نمی‌تواند مناسب تلقی شود. علاوه بر این، شیوه‌های کشاورزی سنتی برای موفقیت یک محصول خاص می‌تواند از طریق ادغام دانش بومی در راه‌حل‌های هوش مصنوعی



برآورده شود. برای پرداختن به چالش‌های سفارشی‌سازی به یک رویکرد جامع نیاز است. ابداع راه‌حل‌های هوش مصنوعی با مشارکت کشاورزان داخلی، کارگران، محققان کشاورزی، اقتصاددانان، سیاست‌گذاران و کارشناسان هوش مصنوعی می‌تواند راه‌حل‌های مؤثری را تضمین کند که به طور مؤثر نیازهای کشاورزان را برطرف می‌کند و به بهبود بهره‌وری و پایداری در شیوه‌های کشاورزی کمک می‌کند. علاوه بر این، طراحی رابط‌های هوش مصنوعی کاربر محور با اطلاعات خاص منطقه می‌تولند نرخ پذیرش و ارتباط با مدل‌های هوش مصنوعی را افزایش دهد.

**۵-۶. فقدان چارچوب قانونی مناسب؛** نبود یک چارچوب قانونی چالش مهمی برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه است. اما کشورهای توسعه یافته به سرعت در حال انجام اقداماتی در این زمینه هستند. کشورهای در حال توسعه با چالش‌های جدی در زمینه سیاست‌ها، استانداردها و قوانینی مواجه هستند که ممکن است بر استقرار و استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی حاکم باشد. فقدان مقررات خاص باعث ایجاد ابهاماتی برای ذینفعان در مورد تعهدات و ملاحظات اخلاقی می‌شود. به طور مشابه، ماهیت مداوم و پیچیده فناوری‌های هوش مصنوعی باعث ایجاد شکاف‌ها و چالش‌های نظارتی در تضمین انطباق برای نهادهای نظارتی می‌شود. علاوه بر این، ذخیره‌سازی و پردازش داده‌های حساس کشاورزی می‌تواند منجر به نگرانی‌هایی در مورد اشتراک‌گذاری داده‌ها، حریم خصوصی و نقض حقوق مالکیت کشاورزان شود. کاربردهای هوش مصنوعی چندین سؤال اخلاقی در رابطه با شفافیت الگوریتم‌ها، تصمیم‌گیری و تأثیرات بالقوه بر بازار کار ایجاد می‌کند. جدا از این چالش‌ها، هزینه‌های انطباق می‌تواند برای استارت‌آپ‌ها و کشاورزان کوچک مقیاس، سنگین باشد. فقدان تخصص نهادهای حاکم نیز مشکل بزرگی برای ابداع چارچوب نظارتی برای پذیرش فناوری هوش مصنوعی است. راه‌حل‌های بالقوه برای رسیدگی به این چالش‌ها می‌تواند شامل یک نهاد حاکمیتی توانا، ایجاد مقررات جامع مرتبط با صنعت، دانشگاه و جامعه مدنی، تشویق همکاری و هماهنگی بین‌المللی و تدوین دستورالعمل‌های اخلاقی برای استفاده مسئولانه از هوش مصنوعی باشد.

**۵-۷. هنجارها و نگرش‌های فرهنگی؛** ارزش‌های فرهنگی نیز می‌تواند باعث ایجاد شک و تردید نسبت به پذیرش هوش مصنوعی شود. معرفی فناوری هوش مصنوعی می‌تواند باورهای بلندمدت نسل‌ها و شیوه‌های کشاورزی در مناطق مختلف در حال توسعه را تهدید کند. ترس از تأثیرات منفی یا جابجایی شغلی نیز می‌تواند مانع پذیرش فناوری هوش مصنوعی شود، کشاورزان به دلیل عدم آگاهی و سطح سواد پایین اغلب در پذیرش فناوری‌های جدید - حتی زمانی که مزایای غیر قابل انکار آن می‌دهد - مردد هستند. مقاومت در برابر نوآوری در کنار برخی بی‌میلی‌ها از شانس دادن به فرآیندهای جدید، توسعه روش‌های کشاورزی و سودآوری این بخش را به طور کلی متوقف می‌کند. کشاورزان باید بدانند که هوش مصنوعی تنها نسخه پیشرفته‌تر فناوری‌های ساده‌تر برای پردازش داده‌های میدانی است. برای متقاعد کردن نیروی کار بخش کشاورزی به پذیرش هوش مصنوعی،

بخش‌های دولتی و خصوصی باید انگیزه، منابع و آموزش فراهم کنند. همچنین دولت‌ها باید مقررات مورد نیاز را تدوین کنند تا به کارگران اطمینان دهند که این فناوری یک تهدید نیست.

**۵-۸. دسترسی به بازار؛** یکی دیگر از چالش‌های اساسی دیگر در پذیرش فناوری هوش مصنوعی دسترسی به بازار است. مناطق مختلف در حال توسعه با مشکلات کمبود زیرساخت، حمل‌ونقل، ذخیره‌سازی و توزیع مواجه هستند. فقدان دانش بازار، کشاورزان را از تصمیم‌گیری آگاهانه در زمینه کشت محصولات خاص و استفاده از فناوری مناسب برای درآمد بیشتر باز می‌دارد. در مناطق روستایی اغلب به دلیل شکاف دیجیتال، دسترسی به پلت‌فرم‌های تجارت الکترونیک، بازاریابی آنلاین و خدمات مالی غیرممکن است. فقدان مهارت‌های بازاریابی و شبکه نیز می‌تواند برخی از کشاورزان را از پذیرش فناوری باز دارد. با این وجود، رویکردهای استراتژیکی می‌تواند برای مقابله با این چالش‌ها اتخاذ شود. پلتفرم‌های اطلاعاتی با ارائه قیمت‌ها و تقاضای بازار در زمان واقعی می‌توانند برای تسهیل تصمیم‌گیری ایجاد شوند. توسعه اپلیکیشن‌های موبایل به زبان محلی برای تسهیل دسترسی به خریداران محلی و فرامرزی نیز می‌تواند یک راه حل ممکن باشد. علاوه بر این، توسعه حمایت از سیاست توسط نهادهای نظارتی می‌تواند اعتماد، امنیت و دسترسی را برای خریداران و فروشندگان به‌طور یکسان افزایش دهد. علاوه بر این، یادگیری خرد یا جلسات آموزشی کوچک با مثال‌های عملی می‌تواند نرخ سواد و مهارت‌های مذاکره در بازار را در میان کشاورزان کوچک‌مقیاس افزایش دهد.

**۵-۹. فقدان همکاری میان رشته‌ای؛** چالش مهم دیگر در پذیرش هوش مصنوعی برای کشاورزی فقدان همکاری‌های میان رشته‌ای است. به طور کلی، اجرای هوش مصنوعی برای کشاورزی نیاز به همکاری متخصصان در علوم داده، اقتصاد، زراعت، مهندسی، سیاست‌گذاری، علوم اجتماعی و هوش مصنوعی دارد که اغلب در کشورهای در حال توسعه وجود ندارد. فقدان آموزش متقابل می‌تواند منجر به مشکلاتی در شناسایی هم‌افزایی‌های بالقوه شود. علاوه بر این، افراد با پیشینه‌های مختلف می‌توانند اولویت‌ها، اهداف، ارزش‌ها و هنجارهای فرهنگی متفاوتی داشته باشند که می‌تواند باعث ایجاد چالش‌هایی در همسویی دیدگاه‌های مربوطه شود. ساختارهای سازمانی بوروکراتیک، محدودیت‌های زمانی و منابع، مانع جدی در پذیرش هوش مصنوعی هستند. با در نظر گرفتن راه‌حل‌های بالقوه، برگزاری سمینارهای بین رشته‌ای با اشتراک دانش پایه در زمینه‌های مختلف می‌توان محیطی مشارکتی را تقویت نمود. در این راستا، ایجاد انگیزه برای همکاری‌های بین رشته‌ای نیز می‌تواند کارشناسان را برای همکاری با یکدیگر ترغیب کند.

## ۶. موفقیت‌های جهانی در استفاده از هوش مصنوعی در امنیت غذایی

با وجود چالش‌ها و محدودیت‌های ذکر شده، موفقیت‌های چشمگیری نیز در استفاده از هوش مصنوعی در امنیت غذایی در سطح جهانی مشاهده می‌شود. یکی از نمونه‌های موفق، استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در پیش‌بینی تقاضای محصولات غذایی است. شرکت‌های مختلف در ایالات متحده و اروپا از این فناوری برای تحلیل داده‌های بازار و پیش‌بینی تغییرات تقاضا استفاده کرده‌اند و این امر به بهینه‌سازی زنجیره تأمین و کاهش ضایعات غذایی کمک کرده است.

پروژه‌های هوش مصنوعی در کشاورزی در کشور چین، روند رو به رشدی پیدا کرده است. استفاده از ربات‌های هوشمند برای کاشت، آبیاری و برداشت محصولات، به کشاورزان کمک کرده است تا بهره‌وری را افزایش داده و در عین حال هزینه‌ها را کاهش دهند. همچنین این فناوری‌ها به کشاورزان این امکان را می‌دهد که با استفاده از داده‌های دقیق، تصمیمات بهتری در مورد زمان و روش‌های کشت اتخاذ کنند.

در سطح جهانی، سازمان‌های بین‌المللی مانند سازمان ملل نیز به استفاده از هوش مصنوعی در پروژه‌های امنیت غذایی توجه کرده‌اند. این سازمان‌ها با همکاری با استارت‌آپ‌ها و شرکت‌های فناوری، به دنبال توسعه راه‌حل‌های نوآورانه برای بهبود دسترسی به غذا و کاهش گرسنگی در مناطق آسیب‌پذیر هستند.

در نهایت، موفقیت‌های جهانی در استفاده از هوش مصنوعی برای اهداف امنیت غذایی به خوبی نشان می‌دهد که با وجود چالش‌ها، پتانسیل‌های این فناوری می‌تواند به بهبود کیفیت و ایمنی غذا کمک کند و به تأمین غذای کافی برای جمعیت رو به رشد جهان یاری رساند. این فناوری‌ها نه تنها می‌توانند به بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و توزیع غذا کمک کنند، بلکه می‌توانند به ایجاد یک زنجیره تأمین پایدار و مقاوم در برابر چالش‌های آینده نیز منجر شوند.

### ۶-۱. نمونه‌های واقعی از مشاغل صنایع غذایی در به‌کارگیری هوش مصنوعی

تعدادی از شرکت‌های مواد غذایی از هوش مصنوعی و یادگیری ماشینی برای اهدافی گوناگون در راستای بهبود تولید خود و افزایش ایمنی استفاده می‌کنند.



Coca-Cola



Starbucks



Beyond Meat



Nestlé

- **Cocacola**؛ این شرکت برای ساده‌سازی توزیع و زنجیره تامین خود از فناوری هوش مصنوعی استفاده می‌کند. بهره‌مندی از این فناوری به پیش‌بینی دقیق تقاضا کمک کرده و تضمین میکند که کالا در زمان و مکان مورد نیاز در دسترس باشد.
  - **Starbucs**؛ این شرکت از شخصی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی برای ارائه توصیه‌های مناسب به مشتریان در برنامه تلفن همراه خود استفاده می‌کند. این برنامه سفارشات گذشته، اولویت‌ها و اطلاعات مکانی را تجزیه و تحلیل می‌کند تا توصیه‌های شخصی مناسبی برای غذا و نوشیدنی برای هر کاربر را ارائه دهد.
  - **Beyond Meat**؛ این شرکت غذای گیاهی، برای بهبود مستمر طعم محصولات، با استفاده از هوش مصنوعی و فناوری داده‌های حسی، بازخورد کاربر و مشخصات مواد تشکیل‌دهنده را مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌دهد.
  - **Nestle**؛ این شرکت از هوش مصنوعی برای توسعه و بهبود محصولات خود استفاده می‌کند. پلتفرم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، داده‌های بازار، رسانه‌های اجتماعی و رفتار مشتری را برای شناسایی تمایلات غذایی جدید و ایجاد کالاهایی مطابق با نیازهای بازار بررسی می‌کنند.
- این نمونه‌های واقعی نشان می‌دهد که چگونه هوش مصنوعی خلاقیت، کارایی و رویکردهای مشتری‌محور در تولید مواد غذایی، مدیریت زنجیره تامین و تجربه مصرف‌کننده بخش غذا را متحول می‌کند.

## ۷. نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی نقش عمده‌ای در صنایع غذایی برای اهداف مختلف مانند پیش‌بینی مواد غذایی، پردازش، تولید، بهبود طعم، ابزارهای مدیریت کیفیت، ارزیابی حسی، قابلیت ردیابی، بهینه‌سازی زنجیره تامین و حل مشکلات پیچیده در امنیت غذایی جهانی ایفا کرده است. آینده صنعت غذا برای دگرگونی قابل توجهی که با پیشرفت روزافزون هوش مصنوعی و رباتیک هدایت می‌شود، تحت تاثیر قرار می‌گیرد. در این دگرگونی پایداری یک موضوع کلیدی است؛ هوش مصنوعی به ایجاد سیستم‌های غذایی چرخشی کمک می‌کند که در آن ضایعات به حداقل رسیده و منابع مجدد مورد استفاده قرار می‌گیرند. هوش مصنوعی و صنایع غذایی می‌توانند به رویکردهای نوآورانه‌تر، انعطاف‌پذیرتر و پایدارتر منجر شوند. پایداری هوش مصنوعی وابسته به یک چارچوب چندوجهی است که شامل پیشرفت‌های تکنولوژیکی، چارچوب‌های نظارتی و سازگاری اجتماعی است. در این زمینه مهم‌ترین مسئله، پرورش نیروی کار ماهر است که قادر به توسعه و استقرار راه‌حل‌های هوش مصنوعی است. این امر مستلزم سرمایه‌گذاری قابل توجهی در ابتکارات آموزشی برای تجهیز افراد متخصص است. با وجود

چالش‌های جاری، مطالعات بیشتری می‌بایست درخصوص پیشرفت‌های فناوری هوش مصنوعی بپردازد تا تأثیر انقلابی هوش مصنوعی بر تولید و فرآوری مواد غذایی در آینده را افزایش دهد. در هر صورت ضرورت گسترش و استفاده بیشتر از این فناوری‌ها غیرقابل اغماض است تا ایران بتواند به‌صورت جامع‌تری از مزایای هوش مصنوعی و رباتیک در بخش کشاورزی بهره‌مند شود و امنیت غذایی پایدار را تضمین کند.

## منابع

1. Goralski, M. A., and Tan, T. K. (2020). Artificial intelligence and sustainable development. *Int. J. Manag. Educ.* 18:100330. doi: 10.1016/j.ijme.2019.100330
2. Sharma, S., Verma, K., and Hardaha, P. (2023). Implementation of artificial intelligence in agriculture. *J. Comput. Cogn. Eng.* 2, 155–162.
3. WHIG, P. Leveraging AI for Sustainable Agriculture: Opportunities and Challenges. *Trans. Latest Trends Artif. Intell.* Vol 4, No 4 *Trans. Latest Trends Artif. Intell.* 2023
4. Dora, M., Kumar, A., Mangla, S. K., Pant, A., & Kamal, M. M. (2022). Critical success factors influencing artificial intelligence adoption in food supply chains. *International Journal of Production Research*, 60(14), 4621-4640.
5. Waltersmann, L., Kiemel, S., Stuhlsatz, J., Sauer, A., & Mieke, R. (2021). Artificial intelligence applications for increasing resource efficiency in manufacturing companies—A comprehensive review.
6. Tsolakis, N., Schumacher, R., Dora, M., & Kumar, M. (2023). Artificial intelligence and blockchain implementation in supply chains: a pathway to sustainability and data monetization? *Annals of Operations Research*, 327(1), 157-210.