



کاربرد فناوری‌های هوشمند در بهینه‌سازی فرآوری و افزایش ایمنی میگوهای پرورشی

مهرداد سرخیل^{۱*}، امیرحسین دولخانی بوانلو^۲

۱. دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد، گروه محیط زیست و منابع طبیعی، مشهد، ایران

۲. دانشجوی مهندسی شیلات، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران

*مسئول مکاتبات: amir.dolkhani.ad@gmail.com

چکیده

ادغام فناوری در پرورش میگو نه تنها کیفیت و بهره‌وری این بخش را افزایش می‌دهد، بلکه نقش مهمی در حفظ منابع طبیعی و ترویج پایداری محیط زیست ایفا می‌کند. فناوری‌های مدرن، مانند سیستم‌های نظارت هوشمند، مدیریت بهینه دما، شوری و سطح اکسیژن آب را تسهیل می‌کنند و در نتیجه خطرات بیماری و مرگ و میر را کاهش می‌دهند. علاوه بر این، با استفاده از نرم‌افزارهای پیشرفته و هوش مصنوعی، تولیدکنندگان می‌توانند الگوهای تغذیه و رشد میگو را تجزیه و تحلیل کنند تا مؤثرترین استراتژی‌های مدیریتی را اتخاذ کنند. این ابتکارات نه تنها سودآوری را افزایش می‌دهند، بلکه استفاده کارآمد از آب و انرژی را نیز تضمین می‌کنند و در عین حال اثرات منفی زیست محیطی را به حداقل می‌رسانند. به طور خلاصه، فناوری کلید آینده‌ای پایدار و پررونق برای پرورش میگو است. این مقاله به بررسی اهمیت هوش مصنوعی (AI) و اینترنت اشیا (IoT) در افزایش بهره‌وری صنعت می‌پردازد. این مقاله تأکید می‌کند که چگونه اینترنت اشیا به کارایی بیشتر کمک می‌کند، در حالی که هوش مصنوعی به عنوان یک محرک اساسی در این زمینه عمل می‌کند. نتیجه‌گیری بر پتانسیل هوش مصنوعی برای افزایش بهره‌وری در صنایع مختلف تأکید می‌کند.

واژگان کلیدی: میگو پرورشی، فناوری، بهینه‌سازی، افزایش ایمنی.

مقدمه

فناوری‌های هوشمند مانند حسگرها و هوش مصنوعی می‌توانند با نظارت بر کیفیت آب، توزیع خوراک و سلامت کلی به صورت بلادرنگ، فرآوری را بهینه کرده و ایمنی میگوی پرورشی را تضمین کنند. این رویکرد مبتنی بر داده، عملکرد را بهبود بخشیده و خطر شیوع بیماری را کاهش می‌دهد و در نتیجه منجر به عملیات پرورش میگو پایدارتر و سودآورتر می‌شود. علاوه بر این، فناوری‌های هوشمند استفاده از مواد شیمیایی و آنتی‌بیوتیک‌ها را به حداقل می‌رسانند و به پرورش میگوی سالم‌تر و محیط زیست سالم‌تر کمک می‌کنند. این رویکرد پیشگیرانه در زمان و هزینه‌ها صرفه‌جویی می‌کند و در عین حال به عنوان یک نمونه مثبت برای سایر صنایعی که به دنبال بهبود شیوه‌های پایداری و کاهش اثرات زیست محیطی خود هستند، عمل می‌کند (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).

فناوری‌های هوشمند در صنعت آبرزی پروری شامل مجموعه‌ای از ابزارها و سیستم‌هایی هستند که از داده‌ها و اتوماسیون برای بهینه‌سازی فرآیندهای مختلف در پرورش ماهی استفاده می‌کنند. این فناوری‌ها می‌توانند شامل حسگرهایی برای نظارت بر کیفیت آب، سیستم‌های تغذیه خودکار و تحلیل داده‌های زمان واقعی برای تصمیم‌گیری باشند. با ادغام فناوری‌های هوشمند، عملیات آبرزی پروری می‌تواند کارایی، بهره‌وری و پایداری را بهبود بخشد و در عین حال هزینه‌ها و تأثیرات زیست محیطی بالقوه را کاهش دهد. در واقع، فناوری‌های هوشمند نقش حیاتی در تبدیل شیوه‌های سنتی آبرزی پروری به عملیات پیشرفته‌تر و نوآورانه‌تر ایفا می‌کنند (هوشمند و همکاران، ۱۴۰۰). با استفاده از فناوری‌های هوشمند، پرورش‌دهندگان ماهی می‌توانند به‌طور بهتری سلامت و رشد ماهی‌های خود را زیر نظر داشته باشند، برنامه‌های تغذیه را بر اساس داده‌های لحظه‌ای تنظیم کنند و اطمینان حاصل کنند که شرایط آب همیشه بهینه است. این نه تنها به افزایش تولید و کیفیت بهتر ماهی‌ها منجر می‌شود، بلکه به کاهش خطر شیوع بیماری‌ها و سایر مشکلات احتمالی نیز کمک می‌کند.



به طور کلی، ادغام فناوری‌های هوشمند در آبرزی پروری صنعت را متحول کرده و راه را برای آینده‌ای پایدارتر هموار می‌کند. با استفاده از حسگرها و تحلیل داده‌ها، پرورش‌دهندگان ماهی قادر به اتخاذ تصمیمات آگاهانه‌تر و بهینه‌سازی عملیات خود برای حداکثر کارایی هستند. این سطح بالاتر از دقت و کنترل در نهایت به صنعتی پرورش آبریان با محیط زیست دوستانه‌تر و اقتصادی‌تر منجر می‌شود.

با پیشرفت مداوم فناوری هوشمند، امکانات برای نوآوری و بهبود بیشتر در صنعت آبرزی پروری بی‌پایان است. آینده پرورش ماهی روشن است، به لطف ادغام این فناوری‌های پیشرفته. پرورش آبریان دیگر به عنوان تهدیدی برای محیط زیست دیده نمی‌شود، بلکه به عنوان راه‌حلی برای تقاضای روزافزون برای غذاهای دریایی در سطح جهانی محسوب می‌شود. با کمک فناوری هوشمند، پرورش‌دهندگان ماهی می‌توانند کیفیت آب، میزان مصرف خوراک و سلامت ماهی‌ها را به صورت لحظه‌ای زیر نظر داشته باشند، که این امر به بهبود وضعیت ماهی‌ها و کاهش ضایعات کمک می‌کند. این نه تنها به محیط زیست سود می‌رساند بلکه تأمین مداوم غذاهای دریایی با کیفیت بالا برای مصرف‌کنندگان را نیز تضمین می‌کند. ادغام فناوری هوشمند در آبرزی پروری واقعاً صنعت را متحول کرده و استاندارد جدیدی برای تولید غذای پایدار تعیین می‌کند. به عنوان مثال، حسگرهای نصب شده در مخازن ماهی می‌توانند هر گونه تغییر در کیفیت آب را تشخیص دهند و به صورت خودکار هشدارهایی در صورت وجود آلودگی‌های میکروبی، شیمیایی یا فیزیکی ارسال کنند. علاوه بر این، سیستم‌های تغذیه خودکار می‌توانند مقادیر دقیقی از خوراک را در زمان‌های بهینه توزیع کنند که باعث کاهش ضایعات و افزایش نرخ رشد می‌شود و به طور کلی کارایی عملیات را بهبود می‌بخشد.

ربات‌ها و سیستم‌های اتوماسیون می‌توانند در فرآیندهایی مانند برداشت، بسته‌بندی و نگهداری آبریان در کارخانه‌های فرآوری میگو و ماهی‌ها استفاده شوند تا کارایی افزایش یابد و خطای انسانی کاهش یابد.

بلاک چین می‌تواند برای ردیابی کامل فرآیندهای تولید، انتقال، و فرآوری میگو استفاده شود که این امر به افزایش شفافیت و اعتماد در زنجیره تأمین کمک می‌کند. فناوری‌های هوشمند به کاهش مصرف انرژی، آب و سایر منابع کمک می‌کنند و به بهینه‌سازی استفاده از آن‌ها می‌پردازند. در نهایت، فناوری‌های هوشمند می‌توانند با کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری، بهبود ایمنی و ارتقای کیفیت، تحولی عظیم در صنعت آبرزی پروری ایجاد کنند. این فناوری‌ها کمک می‌کنند تا صنعت آبرزی پروری به شیوه‌ای پایدارتر، مؤثرتر و ایمن‌تر توسعه یابد (نعمتی و همکاران، ۱۴۰۲).

اهمیت بهینه‌سازی فرآوری و ایمنی میگوهای پرورشی

بهینه‌سازی فرآوری و ایمنی میگوهای پرورشی از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا این فرآیندها به طور مستقیم بر کیفیت محصول نهایی، سلامت مصرف‌کنندگان، و اقتصاد صنعت آبرزی پروری تأثیر می‌گذارند. در ادامه دلایل اهمیت این موضوع آورده شده است:

۱. سلامت مصرف‌کنندگان

میگوهای فرآوری‌شده ممکن است در معرض آلودگی‌های میکروبی (مانند باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها)، آلودگی‌های شیمیایی (مانند باقی‌مانده‌های داروها یا آفت‌کش‌ها) و فلزات سنگین (مانند جیوه) قرار گیرند. بهینه‌سازی فرآوری می‌تواند این آلودگی‌ها را به حداقل برساند و ایمنی محصول را برای مصرف‌کنندگان تضمین کند. فرآیندهای ایمن و دقیق، مانند ضدعفونی مناسب و کنترل کیفیت، برای جلوگیری از بیماری‌ها و آلودگی‌ها ضروری است.

۲. افزایش کیفیت محصول نهایی

فرآوری میگو شامل مراحل مختلفی است که در صورت انجام بهینه، می‌تواند به حفظ طعم، بافت، ظاهر و ارزش تغذیه‌ای میگو کمک کند. بهینه‌سازی این فرآیندها موجب ارتقای کیفیت نهایی می‌شود و می‌تواند میگوهای با ارزش تجاری بالاتر تولید کند که در بازار رقابتی موفق‌تر خواهند بود.

۳. پایداری و بهره‌وری اقتصادی

صنعت آبرزی پروری باید برای مقابله با مشکلات زیست‌محیطی و اقتصادی مانند افزایش هزینه‌ها و منابع محدود، کارآمدتر عمل کند. بهینه‌سازی فرآیندهای تولید می‌تواند باعث کاهش ضایعات، بهبود بهره‌وری، و استفاده بهینه از منابع (آب، غذا و انرژی) شود، که به نوبه خود به کاهش هزینه‌های تولید و افزایش سودآوری می‌انجامد.



۴. مطابقت با استانداردهای جهانی و قوانین ایمنی

در بسیاری از کشورهای جهان، استانداردهای سختگیرانه‌ای برای ایمنی غذایی و کنترل کیفیت محصولات دریایی وجود دارد. بهینه‌سازی فرآوری میگو برای رعایت این استانداردها و قوانین ایمنی به صنایع کمک می‌کند تا بتوانند محصولات خود را در بازارهای بین‌المللی عرضه کنند. این امر به افزایش تقاضا و فروش در بازارهای جهانی کمک خواهد کرد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).

۵. حفظ محیط زیست

در فرآیندهای نادرست و ناکارآمد، ممکن است ضایعات و آلاینده‌ها به محیط زیست منتقل شوند. بهینه‌سازی فرآوری می‌تواند منجر به کاهش ضایعات، کاهش مصرف انرژی و آب، و کاهش آلودگی محیط زیست شود. این امر نه تنها به حفظ منابع طبیعی کمک می‌کند، بلکه صنعت را به سمت توسعه پایدار سوق می‌دهد.

۶. مراقبت از سلامت و رفاه آبزیان

فرآوری مناسب میگو می‌تواند تضمین کند که میگوها در مرحله پیش از برداشت و پس از برداشت در شرایط بهداشتی و ایمن نگهداری شوند. بهینه‌سازی فرآیندهای پیش از فرآوری مانند پایش سلامت آبزیان، تغذیه بهینه، و شرایط بهداشتی، موجب کاهش استرس و بیماری در میگوها می‌شود که در نتیجه به کیفیت نهایی و ایمنی محصول کمک می‌کند.

۷. افزایش پذیرش و اعتماد مصرف‌کننده

مهم‌ترین عامل برای موفقیت در بازارهای جهانی، اعتماد مصرف‌کننده است. بهینه‌سازی فرآوری و تأمین ایمنی میگوهای پرورشی موجب جلب اعتماد مصرف‌کنندگان و افزایش تقاضا می‌شود. محصولات با کیفیت بالا و ایمن باعث ارتقاء تصویر برند و افزایش وفاداری مشتریان می‌گردند.

بهینه‌سازی فرآوری و ایمنی میگوهای پرورشی نه تنها برای حفظ سلامت مصرف‌کنندگان و حفظ محیط زیست ضروری است، بلکه در افزایش کیفیت محصول، کاهش هزینه‌ها، و رعایت استانداردهای جهانی نیز نقش کلیدی دارد. به همین دلیل، این فرآیندها باید به طور مداوم بهبود یابند تا صنعت آبرزی پروری در سطح جهانی رقابتی باقی بماند و از نظر اقتصادی و اجتماعی پایدار بماند (دشتیان‌نسب، ۱۳۹۵).

فناوری‌های هوشمند در فرآوری میگو

فناوری‌های هوشمند در فرآوری میگو به مجموعه‌ای از سیستم‌ها و ابزارهای پیشرفته اطلاق می‌شود که می‌توانند از طریق جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل داده‌ها، اتوماسیون فرآیندها و تصمیم‌گیری خودکار، کیفیت، ایمنی و کارایی فرآیندهای تولید و فرآوری میگو را بهبود بخشند. این فناوری‌ها شامل اینترنت اشیا (IoT)، هوش مصنوعی (AI)، رباتیک، سیستم‌های اتوماسیون، حسگرهای پیشرفته و بلاک‌چین می‌شوند، در ادامه به برخی از فناوری‌های هوشمند که در فرآوری میگو به کار می‌روند، اشاره می‌کنیم.

۱. اینترنت اشیا (IoT)

اینترنت اشیا در فرآوری میگو می‌تواند به مجموعه‌ای از حسگرهای هوشمند اشاره کند که در مراحل مختلف فرآیند مانند نگهداری، حمل و نقل و ذخیره‌سازی میگو نصب می‌شوند. این حسگرها به طور مداوم داده‌هایی مانند دمای آب، pH، میزان اکسیژن، رطوبت و سایر پارامترهای محیطی را ثبت کرده و آن‌ها را به سیستم مرکزی ارسال می‌کنند. این سیستم‌ها می‌توانند به صورت آنی وضعیت محیط را بررسی کرده و در صورت بروز مشکل هشدار دهند (زنده‌دل و حمیدزاده، ۱۴۰۱).

۲. هوش مصنوعی (AI) و یادگیری ماشین

هوش مصنوعی و یادگیری ماشین می‌توانند برای بهینه‌سازی فرآیندهای مختلف مانند تشخیص کیفیت میگو، پیش‌بینی نیازهای تغذیه‌ای میگوها و شناسایی آلودگی‌ها به کار روند. برای مثال، الگوریتم‌های AI می‌توانند با تحلیل داده‌های مربوط به رشد میگوها، دما و شرایط محیطی، به طور دقیق‌تر نیازهای تغذیه‌ای را پیش‌بینی کنند و از این طریق بهره‌وری تولید را افزایش دهند.



۳. سیستم‌های اتوماسیون

اتوماسیون به مجموعه سیستم‌های خودکار اطلاق می‌شود که در فرآیندهای تولید و فرآوری میگو نقش دارند. این سیستم‌ها می‌توانند در عملیات بسته‌بندی، شستشو، جداسازی و کنترل کیفیت میگو مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از ربات‌ها و دستگاه‌های اتوماتیک باعث کاهش زمان و هزینه‌های فرآوری، افزایش دقت و کاهش خطای انسانی می‌شود.

۴. رباتیک

استفاده از ربات‌های صنعتی برای انجام کارهای تکراری مانند جداسازی، تمیزکاری و بسته‌بندی میگو می‌تواند فرآیندهای تولید را تسریع کرده و هزینه‌ها را کاهش دهد. ربات‌ها همچنین می‌توانند در کارهای ظریف مانند فیلتر کردن و جداسازی میگوهای آسیب‌دیده یا آلوده کمک کنند و بدین ترتیب کیفیت محصول نهایی را تضمین کنند.

۵. حسگرهای پیشرفته

حسگرهای پیشرفته در فرآوری میگو می‌توانند برای شناسایی آلودگی‌ها و کنترل کیفیت استفاده شوند. برای مثال، حسگرهای شیمیایی و زیستی می‌توانند ترکیبات شیمیایی موجود در میگو یا آلودگی‌های باکتریایی را شناسایی کنند. این حسگرها به صورت آنی وضعیت میگوها را بررسی کرده و در صورت وجود مشکلات بهداشتی، هشدارهایی به تولیدکنندگان ارسال می‌کنند.

۶. بلاک‌چین

فناوری بلاک‌چین می‌تواند به ردیابی و شفافیت فرآیندهای تولید و فرآوری میگو کمک کند. استفاده از بلاک‌چین می‌تواند تمام مراحل تولید میگو، از پرورش تا فرآوری و توزیع، را ثبت کرده و برای مصرف‌کنندگان امکان دسترسی به اطلاعات شفاف را فراهم کند. این امر نه تنها باعث افزایش اعتماد مصرف‌کننده می‌شود، بلکه در رعایت استانداردهای ایمنی نیز کمک می‌کند.

۷. سیستم‌های پیش‌بینی و تحلیل داده

با استفاده از داده‌های جمع‌آوری شده از حسگرها و سیستم‌های IoT، سیستم‌های پیش‌بینی می‌توانند به طور دقیق وضعیت میگوها و فرآیندهای تولید را پیش‌بینی کنند. برای مثال، تحلیل داده‌ها می‌تواند به پیش‌بینی زمان مناسب برای برداشت یا شستشو میگو کمک کند و از ضایعات و آلودگی‌های احتمالی جلوگیری نماید.

استفاده از فناوری‌های هوشمند در فرآوری میگو باعث بهبود کیفیت، ایمنی، کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری می‌شود. این فناوری‌ها کمک می‌کنند تا فرآیندهای تولید به طور دقیق‌تر و سریع‌تر انجام شوند و از مشکلاتی مانند آلودگی‌ها و ضایعات جلوگیری شود. در نهایت، فناوری‌های هوشمند نه تنها به بهبود کیفیت میگوهای فرآوری شده کمک می‌کنند، بلکه صنعت آبرزی پروری را به سمت پایداری و توسعه بیشتر هدایت می‌کنند. (زنده دل، منا، حمیدزاده، ۲۰۲۳).

چگونگی استفاده از اتوماسیون و رباتیک در فرآیند فرآوری میگو

اتوماسیون و رباتیک می‌توانند به طور قابل توجهی در بهبود کارایی، کاهش خطای انسانی، افزایش سرعت فرآیند و بهبود کیفیت در فرآوری میگو نقش ایفا کنند. این فناوری‌ها در مراحل مختلف فرآیندهای تولید و فرآوری میگو می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند و موجب کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و بهبود ایمنی شوند. در ادامه به چگونگی استفاده از اتوماسیون و رباتیک در فرآوری میگو پرداخته می‌شود:

۱. شستشو و ضدعفونی میگوها

یکی از مراحل ابتدایی در فرآوری میگو، شستشو و ضدعفونی آن است. در این مرحله، میگوها باید به دقت از هرگونه آلودگی، بقایای مواد شیمیایی و میکروب‌ها پاک شوند. استفاده از سیستم‌های خودکار شستشو و ربات‌های ضدعفونی‌کننده می‌تواند این فرآیند را به طور مؤثری انجام دهد. این سیستم‌ها می‌توانند:

آب را به صورت خودکار روی میگوها پاشیده و آن‌ها را شستشو دهند.

از مواد ضدعفونی‌کننده به صورت دقیق و کنترل‌شده استفاده کنند تا هیچ گونه آلودگی باقی نماند.

به کاهش مصرف منابع (آب و مواد ضدعفونی) و افزایش دقت در انجام فرایند کمک کنند.



2. سیستم‌های اتوماسیون در پخت و فرآوری حرارتی

در فرآیندهای پخت و فرآوری حرارتی میگوها، استفاده از سیستم‌های اتوماسیون می‌تواند دمای دقیق و زمان پخت را تنظیم کرده و روند کنترل شده را برای جلوگیری از سوختگی یا فساد میگوها فراهم کند. این سیستم‌ها قادرند دما و زمان را برای هر دسته از میگوها به صورت دقیق و بهینه تنظیم کنند تا از کیفیت محصول نهایی اطمینان حاصل شود.

3. مدیریت مواد اولیه و ذخیره‌سازی

در مراحل قبل و بعد از فرآیند، اتوماسیون می‌تواند به مدیریت موجودی مواد اولیه (مثل غذای میگو، یخ، بسته‌بندی) و همچنین ذخیره‌سازی محصولات کمک کند. با استفاده از ربات‌های انباردار و سیستم‌های مدیریت موجودی، می‌توان به طور بهینه موجودی را کنترل کرده و از اتلاف منابع جلوگیری کرد.

4. اتصال به سیستم‌های مرکزی و مدیریت تولید

استفاده از فناوری‌های اتوماسیون و رباتیک به طور مؤثر می‌تواند با سیستم‌های مدیریت تولید (MES) یا سیستم‌های مدیریت اطلاعات (ERP) یکپارچه شود. این سیستم‌ها می‌توانند داده‌های آنی از تمامی مراحل تولید و فرآوری میگو را جمع‌آوری کرده و به طور مرکزی بررسی کنند. این امر باعث می‌شود که تولیدکنندگان بتوانند به طور دقیق‌تر روند تولید را پیگیری کنند و تصمیمات بهتری بگیرند. استفاده از اتوماسیون و رباتیک در فرآیندهای مختلف فرآوری میگو نه تنها به کاهش هزینه‌ها و افزایش سرعت تولید کمک می‌کند، بلکه باعث بهبود کیفیت و ایمنی محصول نهایی می‌شود. از شستشو و ضدعفونی تا بسته‌بندی و کنترل کیفیت، این فناوری‌ها می‌توانند تمامی مراحل فرآوری میگو را بهینه کرده و موجب تحول در صنعت آبرزی پروری شوند.

نقش اینترنت اشیا (IoT) در پایش کیفیت و ایمنی میگوهای پرورشی

اینترنت اشیا (IoT) نقش بسیار مهمی در پایش کیفیت و ایمنی میگوهای پرورشی دارد. این فناوری با استفاده از حسگرها و دستگاه‌های متصل به اینترنت، قادر است اطلاعات حیاتی را در زمان واقعی جمع‌آوری کرده، تجزیه و تحلیل کند و وضعیت محیطی و فیزیکی میگوها را در مراحل مختلف تولید و فرآوری تحت نظر داشته باشد. در ادامه، به نقش‌های مختلف (IoT) در این زمینه پرداخته می‌شود:

1. پایش شرایط محیطی در مزارع پرورش میگو

برای پرورش میگوها در محیط‌های آبی، حفظ شرایط محیطی بهینه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. حسگرهای (IoT) می‌توانند به طور پیوسته و آنی دما، pH، اکسیژن محلول، آمونیاک، شوری آب و دیگر عوامل محیطی را اندازه‌گیری کرده و اطلاعات را به سیستم مرکزی ارسال کنند. این اطلاعات به پرورش‌دهندگان این امکان را می‌دهند که در صورت بروز مشکلاتی مانند تغییرات ناگهانی در شرایط آب یا افت اکسیژن، اقدامات لازم را انجام دهند و از آسیب دیدن میگوها جلوگیری کنند.

۲. پایش سلامت میگوها

با استفاده از حسگرهای زیستی و تشخیص‌های هوشمند که از فناوری (IoT) استفاده می‌کنند، می‌توان وضعیت سلامت میگوها را بررسی کرد. به عنوان مثال:

حسگرهای دما و حرکت: می‌توانند به تشخیص تغییرات در رفتار میگوها یا افزایش دمای بدن آن‌ها کمک کنند که ممکن است نشانه‌ای از بیماری یا استرس باشد.

حسگرهای شیمیایی: قادرند به شناسایی مواد سمی یا داروهای باقیمانده در بدن میگوها کمک کنند، که می‌تواند به سلامت مصرف‌کنندگان مرتبط باشد. این اطلاعات به موقع به مدیران مزارع میگو ارسال می‌شود تا در صورت لزوم اقدامات درمانی یا پیشگیریانه انجام شود.

۳. پایش تغذیه و رشد میگوها

(IoT) به کمک حسگرهای هوشمند و دستگاه‌های اندازه‌گیری می‌تواند تغذیه و رشد میگوها را پایش کند. این حسگرها می‌توانند به طور خودکار میزان غذا مصرفی توسط میگوها، میزان ذخایر غذایی و سطح مواد مغذی در آب را اندازه‌گیری کرده و در صورت لزوم تنظیمات



بهینه را در سیستم تغذیه ایجاد کنند. این کنترل دقیق به پیشگیری از پرخوری یا کمبود تغذیه میگوها و در نتیجه افزایش رشد و سلامت آن‌ها کمک می‌کند.

۴. کنترل کیفیت در فرآوری میگو

در فرآیند فرآوری میگو، حسگرهای (IoT) می‌توانند در مراحل مختلف مانند شستشو، پخت، بسته‌بندی و نگهداری، کیفیت میگو را پایش کنند. به طور خاص:

حسگرهای دما و رطوبت، در طی فرآیندهای پخت و نگهداری به کنترل شرایط ذخیره‌سازی میگوها کمک می‌کنند. شرایط نامناسب دما یا رطوبت می‌تواند به فساد و کاهش کیفیت میگوها منجر شود.

حسگرهای دستگاه‌های بینایی ماشین و حسگرهای شیمیایی قادرند کیفیت محصول را در مراحل بسته‌بندی و توزیع مورد ارزیابی قرار دهند، مانند شناسایی باکتری‌ها، چارچ‌ها یا هر نوع آلودگی میکروبی.

۵. ردیابی و شفافیت در زنجیره تأمین

یکی از کاربردهای مهم IoT در صنعت میگو، ردیابی و ایجاد شفافیت در زنجیره تأمین است. با استفاده از فناوری‌های برچسب‌گذاری هوشمند و سیستم‌های ردیابی مبتنی بر IoT، می‌توان از مرحله پرورش تا مرحله فرآوری و توزیع، وضعیت میگوها را به‌طور دقیق ردیابی کرد. این ردیابی دقیق به تولیدکنندگان کمک می‌کند که اطلاعات دقیقی در مورد شرایط ذخیره‌سازی، حمل‌ونقل و کیفیت محصول داشته باشند و مصرف‌کنندگان نیز می‌توانند از اطلاعات شفاف در مورد کیفیت و ایمنی میگوها بهره‌مند شوند.

۶. کنترل آلودگی و آفات

IoT می‌تواند به شناسایی آلودگی‌ها و آفات که می‌تواند به میگوها آسیب برساند، کمک کند. با استفاده از حسگرهای شیمیایی و پایش محیطی، می‌توان آلاینده‌ها و مواد سمی مانند آمونیاک، فسفر، فلزات سنگین و حتی آفات زیستی را شناسایی کرده و اقدامات لازم را برای جلوگیری از آسیب به میگوها انجام داد.

۷. مدیریت پایدار منابع

با استفاده از دستگاه‌های متصل به IoT، می‌توان منابع آبی و دیگر منابع مورد استفاده در فرآیند پرورش میگوها را به‌طور بهینه مدیریت کرد. برای مثال، می‌توان میزان مصرف آب، مواد شیمیایی و منابع غذایی را به صورت هوشمند کنترل کرده و از هدررفت منابع جلوگیری کرد. این امر به پایداری و اقتصادی‌تر بودن فرآیندها کمک می‌کند.

۸. جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها برای تصمیم‌گیری بهتر

یکی از مهم‌ترین مزایای IoT، جمع‌آوری داده‌های آنی و استفاده از این داده‌ها برای تحلیل و تصمیم‌گیری بهینه است. اطلاعات جمع‌آوری شده از حسگرها می‌توانند به سیستم‌های تحلیل پیشرفته ارسال شوند که به کمک الگوریتم‌های یادگیری ماشین، روندها و مشکلات احتمالی را شناسایی کنند. این تجزیه و تحلیل‌ها به پرورش‌دهندگان کمک می‌کنند که با استفاده از داده‌های دقیق و به موقع، تصمیمات بهتری برای بهبود کیفیت و ایمنی میگوها بگیرند. (آخوندزاده بستی و همکاران، ۱۳۸۵).

استفاده از اینترنت اشیا (IoT) در صنعت پرورش میگو باعث پایش دقیق و کنترل بهینه؛ شرایط محیطی، سلامت میگوها و فرآیندهای تولید می‌شود. این فناوری به تولیدکنندگان کمک می‌کند تا کیفیت و ایمنی میگوهای پرورشی را بهبود بخشند و از مشکلاتی مانند آلودگی، بیماری و فساد محصول جلوگیری کنند. در نتیجه، IoT نقش بسیار مهمی در افزایش بهره‌وری، کاهش ضایعات و تضمین ایمنی محصولات ایفا می‌کند.

پیش‌بینی آینده فناوری‌های هوشمند در بهینه‌سازی فرآوری و افزایش ایمنی میگوهای پرورشی

کارشناسان پیش‌بینی می‌کنند که آینده فناوری‌های هوشمند در پرورش میگو صنعت را با ارائه داده‌های لحظه‌ای درباره کیفیت آب، الگوهای تغذیه و سلامت کلی میگو متحول خواهد کرد. این پیشرفت‌ها نه تنها کارایی در فرآوری را افزایش می‌دهند بلکه ایمنی و رفاه را افزایش می‌دهند.



به طور کلی، آینده فناوری‌های هوشمند در پرورش میگو بسیار امیدوارکننده به نظر می‌رسد. با استفاده از این پیشرفت‌ها، کشاورزان خواهند توانست شرایط را به صورت لحظه‌ای نظارت و تنظیم کنند که منجر به میگوهای سالم‌تر و پربارتر خواهد شد.

علاوه بر این، استفاده از فناوری‌های هوشمند می‌تواند به کاهش تأثیرات زیست‌محیطی پرورش میگو کمک کند و با بهینه‌سازی مصرف منابع و کاهش ضایعات، به این امر دست یابد. این نه تنها به اکوسیستم محلی سود خواهد رساند بلکه به پایداری کلی صنعت نیز کمک خواهد کرد. با پتانسیل انقلابی در شیوه‌های پرورش میگو، فناوری‌های هوشمند آینده‌ای امیدوارکننده قابل ملاحظه‌ای در کیفیت و بهره‌وری پرورش میگو ایجاد می‌کنند، انتظار می‌رود که با افزایش تقاضا و ارزش افزوده محصولات، تمام اقشار در زنجیره تأمین بهره‌مند شوند. این امر نه تنها به صنعت میگو کمک خواهد کرد بلکه با تأمین محصولات با کیفیت برای مصرف‌کنندگان، نقش مهمی در تأمین غذای سالم و پایداری ایفا خواهد کرد.

چالش‌های پیاده‌سازی فناوری‌های هوشمند در صنعت میگو و راهکارهای رفع آن‌ها

یکی از چالش‌ها در پیاده‌سازی فناوری‌های جدید در صنعت میگو، هزینه بالای سرمایه‌گذاری اولیه است. بسیاری از پرورش‌دهندگان میگو ممکن است منابع مالی لازم برای خرید و نگهداری تجهیزات پیشرفته را نداشته باشند. این مشکل می‌تواند با ارائه کمک‌های مالی یا مشوق‌ها به کشاورزانی که به دنبال ارتقاء عملیات خود هستند، حل شود. علاوه بر این، می‌توان برنامه‌های آموزشی را توسعه داد تا به پرورش‌دهندگان میگو کمک کند تا نحوه استفاده مؤثر از فناوری‌های جدید را یاد بگیرند و از این طریق اجرای موفقیت‌آمیز و حداکثر بهره‌وری را تضمین کنند. با ارائه کمک‌های مالی و برنامه‌های آموزشی، پرورش‌دهندگان میگو می‌توانند موانع پذیرش فناوری‌های جدید را برطرف کرده و بهره‌وری و پایداری کلی خود را بهبود بخشند. این ابتکارات می‌توانند به اطمینان از رقابتی ماندن صنعت میگو و ادامه تأمین تقاضای رو به رشد برای محصولات دریایی با کیفیت بالا کمک کنند. در درازمدت، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید می‌تواند به افزایش کارایی، کاهش تأثیرات زیست‌محیطی و افزایش سود برای پرورش‌دهندگان میگو منجر شود. به عنوان مثال، با سرمایه‌گذاری در سیستم‌های تغذیه خودکار و فناوری نظارت بر کیفیت آب، پرورش‌دهندگان میگو می‌توانند ظرفیت تولید را افزایش دهند و هدررفت منابع را کاهش دهند. علاوه بر این، ادغام فناوری بلاک‌چین می‌تواند ردیابی و شفافیت در زنجیره تأمین را بهبود بخشد و اعتماد مصرف‌کنندگان و رقابت‌پذیری بازار را افزایش دهد (ربیع پور و رستم زاده، 1403).

با پذیرش این فناوری‌های نوآورانه، پرورش‌دهندگان میگو می‌توانند شیوه‌های پایداری خود را بهبود بخشند و اثرات زیست‌محیطی خود را کاهش دهند. این نه تنها به محیط زیست کمک می‌کند، بلکه به تأمین تقاضای روزافزون مصرف‌کنندگان برای محصولات دریایی با منبع اخلاقی و پایدار نیز کمک می‌کند. علاوه بر این، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید می‌تواند به پرورش‌دهندگان میگو کمک کند تا از رقبا جلوتر بمانند و به روندهای متغیر بازار سازگار شوند. به طور کلی، پذیرش پیشرفت‌های فناوری در صنعت پرورش میگو برای موفقیت و رشد بلندمدت ضروری است.

علاوه بر افزایش بهره‌وری و کارایی، پیاده‌سازی این فناوری‌ها می‌تواند در درازمدت به صرفه‌جویی در هزینه‌ها برای پرورش‌دهندگان میگو منجر شود. این می‌تواند در نهایت به سود بیشتر و یک مدل کسب‌وکار مقاوم‌تر منجر شود. با توجه به اینکه تقاضای جهانی برای غذاهای دریایی در سال‌های آینده همچنان افزایش خواهد یافت، پیشی گرفتن از روندهای فناوری برای پرورش‌دهندگان میگو در حفظ رقابت‌پذیری در صنعت بسیار حیاتی خواهد بود. پذیرفتن نوآوری نه تنها به کشاورزان فردی سود می‌رساند بلکه به پایداری کلی بخش پرورش میگو نیز کمک می‌کند.

آیا سرمایه‌گذاری در فناوری‌های هوشمند برای صنایع فرآوری میگو از نظر اقتصادی مقرون به صرفه است؟

تحقیقات نشان داده است که سرمایه‌گذاری در فناوری‌های هوشمند برای صنایع فرآوری میگو می‌تواند به بهبود کارایی و کاهش هزینه‌ها منجر شود. با استفاده از سیستم‌های هوشمند می‌توان بهبود فرآیندهای تولید، کنترل کیفیت و مدیریت موجودی را بهبود بخشید و در نتیجه سودآوری و رقابت‌پذیری بیشتری را برای شرکت‌های میگوایی فراهم کرد. به طور کلی، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های هوشمند به عنوان یک راهکار اقتصادی مؤثر برای صنایع فرآوری میگو محسوب می‌شود. بنابراین، این نوع سرمایه‌گذاری می‌تواند به افزایش بهره‌وری و



کیفیت محصولات منجر شود و در نهایت تأثیر مثبتی بر رشد و توسعه صنعت میگوئی داشته باشد. همچنین، استفاده از فناوری‌های هوشمند در این صنایع می‌تواند باعث کاهش احتمال خطاها و اتلاف منابع شود، که در نتیجه به کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری کمک می‌کند. از این رو، سرمایه‌گذاری در این فناوری‌ها به عنوان یک فرصت اقتصادی برای صنایع فرآوری میگو قابل توجه است. برای مثال، یک شرکت فرآوری میگو ممکن است بهبود فرآیندهای خود را با استفاده از سیستم هوشمند برای کنترل دما و زمان پخت میگو افزایش دهد. این بهبودات باعث افزایش بهره‌وری و کیفیت محصولات شرکت می‌شود. اما، اگر این سیستم هوشمند با مشکلات فنی مواجه شود و دچار اختلال در عملکرد شود، ممکن است منجر به کاهش کیفیت محصولات و افزایش هزینه‌ها شود، که این برعکس تأثیر منفی بر رشد و توسعه صنعت میگو دارد.

بنابراین، توجه به انتخاب و استفاده از فناوری‌های مناسب و اطمینان از عملکرد صحیح آنها برای صنایع فرآوری میگو بسیار حیاتی است. برای این منظور، شرکت‌ها باید به توسعه و بهبود فناوری‌های خود اهمیت بدهند و از تخصص‌های مرتبط با فناوری هوشمند در این زمینه استفاده کنند. به این ترتیب، می‌توانند از مزایای اقتصادی و عملکرد بهتری برخوردار شوند و رشد پایداری را در صنعت فرآوری میگو تضمین کنند.

کشورهای پیشرو در استفاده از فناوری‌های هوشمند، در صنعت فرآوری میگو

ژاپن، تایلند و دانمارک از کشورهای پیشرو در استفاده از فناوری‌های هوشمند در صنعت فرآوری میگو هستند. این کشورها از روش‌های پیشرفته مانند اتوماسیون، هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء برای بهبود کیفیت و بهره‌وری در تولید محصولات میگو استفاده می‌کنند. تجربیات این کشورها نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌های هوشمند در این صنعت می‌تواند بهبود قابل توجهی در فرآیندهای تولید و بازاریابی محصولات میگو داشته باشد. استفاده از این فناوری‌ها به کاهش هزینه‌ها، افزایش سرعت تولید، بهبود کیفیت محصولات و افزایش امنیت غذایی کمک کرده است. به عنوان مثال، تایلند با استفاده از راهکارهای هوشمند مانند سامانه‌های اتوماسیون تولید، توانسته است تولید میگو خود را بهبود بخشیده و به بازارهای جهانی صادرات کند. این تجربیات نشان می‌دهد که کشورهای پیشرو در این صنعت با استفاده از فناوری‌های هوشمند می‌توانند رقابتی قوی در بازار جهانی داشته باشند. با این حال، کشورهایی مانند بنگلادش که همچنان از روش‌های سنتی تولید میگو استفاده می‌کنند، نشان داده‌اند که می‌توانند با قدرت در بازار جهانی حضور پیدا کنند. به عنوان مثال، برخی از تولیدکنندگان محصولات میگو در بنگلادش با حفظ کیفیت و ارزش غذایی محصولات خود، توانسته‌اند با قیمت مناسب و استراتژی بازاریابی مناسب به بازار جهانی وارد شوند.

این نشان می‌دهد که عوامل مختلفی می‌توانند در موفقیت کشورها در صنعت تولید میگو تأثیرگذار باشند، از جمله فناوری‌های پیشرفته، استراتژی بازاریابی مناسب، حفظ کیفیت محصولات و قیمت مناسب. این مسائل نشان می‌دهد که تنها استفاده از فناوری‌های پیشرفته برای تولید میگو کافی نیست و باید به همه جوانب تولید و بازاریابی توجه داشت تا بتوان به رقابتی قوی در بازار جهانی دست یافت.

نتیجه‌گیری

هوش مصنوعی با افزایش دقت، کاهش خطای انسانی و بهبود کارایی فرآیندهای ارزیابی کیفیت و ایمنی، می‌تواند به بهبود استانداردهای صنعتی و حفظ سلامت مصرف‌کنندگان کمک کند. فناوری‌های هوشمند با ارائه داده‌های لحظه‌ای در مورد کیفیت آب، تغذیه و سلامت میگو، صنعت پرورش میگو را متحول می‌کنند. این فناوری‌ها کارایی فرآوری، ایمنی و رفاه میگو را افزایش می‌دهند.

مزایای کلی:

نظارت و تنظیم شرایط به صورت لحظه‌ای، منجر به میگوهای سالم‌تر و پربارتر می‌شود.

کاهش تأثیرات زیست‌محیطی با بهینه‌سازی مصرف منابع و کاهش ضایعات.

افزایش کیفیت و بهره‌وری، و سودآوری برای تمام اقشار زنجیره تأمین.

کمک به تامین غذای سالم و پایدار.

چالش‌های پیاده‌سازی و راه حل‌ها:



هزینه بالا:

ارائه کمک‌های مالی و مشوق‌ها به پرورش‌دهندگان.

نیاز به آموزش:

توسعه برنامه‌های آموزشی برای استفاده مؤثر از فناوری‌های جدید.

مزایای بلندمدت:

افزایش کارایی، کاهش تأثیرات زیست‌محیطی و افزایش سود.

بهبود ردیابی و شفافیت با فناوری بلاک‌چین.

بهبود شیوه‌های پایدار و کاهش اثرات زیست‌محیطی.

پیش افتادن از رقبا و سازگاری با روند‌های متغیر بازار.

صرفه جویی در هزینه‌ها و افزایش سود.

حفظ رقابت پذیری در صنعت.

به طور خلاصه، فناوری‌های هوشمند آینده‌ای روشن برای پرورش میگو رقم می‌زنند، اما برای پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز، باید چالش‌های مالی

و آموزشی را برطرف کرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از زحمات و راهنمایی‌های بی‌دریغ اساتید محترم رشته شیلات دانشگاه فردوسی مشهد که در مسیر تحقیق و نگارش مقاله راهنمایی

نمودند، صمیمانه سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

هوشمند، ح.، آهنگرزاده، م.، صدر، ا.س.، ناظم‌رعایا، س.، قربانپور، م. و اژدری، ا.، ۱۴۰۰. مقاله علمی پژوهشی: جداسازی

و شناسایی مولکولی *Vibrio alginolyticus* از ماهیان دریایی پرورشی در مزارع استان‌های جنوبی کشور. مجله علمی شیلات ایران،

۹-۲۱: (۱) ۳۱

حسینی، س.، صفربور دهکردی، ف.، رحیمی، ا. و شاکریان، ا.، ۱۳۹۲. مطالعه میزان شیوع گونه‌های ویبریو و فراوانی ژن‌های

حدت در ویبریو پاراهمولیتیکوس‌های جداسازی شده از میگوهای تازه و نمک سود شده در بندر گناوه. بهداشت مواد غذایی، ۴ (۲) ۱۴:

۱۷-۲۶

دشتیان‌نسب، ع.، ۱۳۹۵. ایمنی زیستی (Biosecurity) در مزارع پرورش میگو. مجله ترویجی میگو و سخت پوستان، ۱(۴): ۲۷-۳۰.

رادخواه، ع.ر.، ایگدری، س. و پورباقر، ه.، ۱۳۹۹. بررسی اثرات ناشی از شیوع ویروس کووید-۱۹ بر صنعت شیلات و آبی‌پروری

جهان و ارائه سیاست‌های حمایتی از سوی دولت‌ها و نهادهای بین‌المللی. مجله زیست‌شناسی ایران، ۵: ۴۵-۵۳.

ربیع‌پور، ع.ر. و رستم‌زاده، ه.، ۱۴۰۳. نانو فناوری، رویکردی نوین و کاربردی در آبی‌پروری و فراوری محصولات شیلاتی. نشریه

علوم آبی‌پروری، دوره ۱۲، شماره ۲۲.

زنده‌دل، م. و حمیدزاده، ج.، ۱۴۰۱. بهبود تشخیص نفوذ به شبکه اینترنت اشیاء با استفاده از یادگیری عمیق و الگوریتم بهینه‌سازی

میگوی آشوبی. مجله مهندسی برق دانشگاه تبریز، ۵۳(۲): ۱۲۷-۱۳۸.

نعمتی، ن.، عشقی، ف.، مجاوریان، س.م. و رنجبر ملک‌شاه، ط.، ۱۴۰۲. بررسی اهمیت ویژگی‌های بلاکچین برای توسعه بیمه

محصولات کشاورزی.



سیف‌زاده، م.، ۱۳۹۹. مروری بر کاربرد عصاره‌های گیاهی برای کنترل ملانوزیس در میگوی پرورشی. بهداشت مواد غذایی، ۱۱(3): 49-65.

آخوندزاده‌بستی، ا.، میثاقی، ع.، ابراهیم‌زاده موسوی، ح.ع.، سلطانی، م. و اسماعیلی، ح.، ۱۳۸۵. بررسی گونه‌های ویبریو در میگوهای پرورشی (*Paeneus indicus*) و دریایی (*Paeneus semisulcatus*) صید شده در استان بوشهر.

Abdel-Latif H.M., Dawood M.A., Mahmoud S.F., Shukry M., Noreldin A.E., Ghetas H.A. and Khallaf, M.A., 2021. Copper oxide nanoparticles alter serum biochemical indices, induce histopathological alterations, and modulate transcription of cytokines, HSP70, and oxidative stress genes in *Oreochromis niloticus*. *Animals*, 11(3): 652.

Adeyemi J.O., Elemike E.E. and Onwudiwe D.C., 2019. ZnO nanoparticles mediated by aqueous extracts of *dovyalis caffra* fruits and the photocatalytic evaluations. *Materials Research Express*, 6, e 125091.

Aghaei, Z., Ghorani, B., Emadzadeh, B., Kadkhodae, R. and Tucker, N., 2020. Protein-based halochromic electrospun nanosensor for monitoring trout fish freshness. *Food Control*, 111: 107065.

Optimization of Processing and Enhancement of Safety in Farmed Shrimp Using Smart Technologies

Mehrdad Sarkheil^{1*}, Amir Hossein Dolkhani Bovanloo²

1. Associate Professor, Ferdowsi University of Mashhad – Department of Environment and Natural Resources, Mashhad, Iran
2. Student of Fisheries Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

*Corresponding author: amir.dolkhani.ad@gmail.com

Abstract

The integration of technology into shrimp farming not only enhances the quality and productivity of this sector but also plays a crucial role in conserving natural resources and promoting environmental sustainability. Modern technologies, such as intelligent monitoring systems, facilitate the optimal management of water temperature, salinity, and oxygen levels, thereby reducing the risks of disease and mortality. Furthermore, by utilizing advanced software and artificial intelligence, producers can analyze shrimp feeding and growth patterns to adopt the most effective management strategies. These initiatives not only increase profitability but also ensure the efficient use of water and energy, while minimizing negative environmental impacts. In summary, technology is the key to a sustainable and prosperous future for shrimp farming. This article examines the importance of Artificial Intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) in boosting industry productivity. It emphasizes how the IoT contributes to greater efficiency, while AI acts as a fundamental driver in this area. The conclusion highlights the potential of AI to enhance productivity across various industries.

Keywords: Farmed Shrimp, Technology, Optimization, Safety Enhancement.