



نقش هوشمندسازی مزارع پرورش میگو در کاهش مخاطرات و افزایش پایداری

میلاد جعفری^۱، شهلا چوبچیان^{۲*}

دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس^۱

دانشیار گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس^{۲*}

*ایمیل نویسنده مسئول: shchoobchian@modares.ac.ir

چکیده

با توجه به رشد روزافزون جمعیت و نیاز به منابع غذایی پایدار و روند رو به رشد تقاضا برای محصولات آبرزی، پرورش میگو به عنوان یکی از مهم ترین بخش های آبرزی پروری در مناطق ساحلی، نقش بسزایی در تامین امنیت غذایی و توسعه اقتصادی و اشتغال روستایی دارد. اما در سال های اخیر، این صنعت با چالش هایی نظیر تغییرات اقلیمی، شیوع بیماری ها، ایجاد مخاطرات زیست محیطی، مواجه است که پایداری این صنعت را تهدید و پیامدهای توسعه ای آن را کم رنگ می کند. در این میان، هوشمندسازی مزارع پرورش میگو می تواند به عنوان راهکاری نوین، با به کارگیری فناوری های به روز همچون اینترنت اشیا، سنسورهای محیطی، کلان داده و هوش مصنوعی، به کاهش مخاطرات و ارتقاء بهره وری و پایداری این صنعت کمک کند. هدف این پژوهش، بررسی نقش هوشمندسازی مزارع پرورش میگو در کاهش آسیب ها و افزایش پایداری زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی مزارع پرورش میگو در راستای توسعه پایدار است. روش تحقیق به صورت مروری بر تحقیقات و مقالات معتبر علمی بوده و با بررسی منابع علمی، کتابخانه ای انجام شده است. یافته ها نشان می دهد که هوشمندسازی منجر به بهینه سازی مصرف منابع، پیشگیری از بیماری ها، کنترل دقیق تر شرایط محیطی و افزایش سازگاری با تغییرات محیطی و کاهش مخاطرات آسیب زا می گردد. در نهایت، پژوهش با توجه به نتایج، پیشنهاداتی برای پیشبرد اثرات مطلوب هوشمندسازی ارائه داده است. این اقدامات می توانند نقشی کلیدی در پایداری اکولوژیک، توانمندسازی جوامع محلی و افزایش تاب آوری صنعت پرورش میگو ایفا کنند.

واژه های کلیدی: هوشمندسازی، پرورش میگو، توسعه پایدار، کاهش مخاطرات

۱- مقدمه

صنعت پرورش میگو به عنوان یکی از شاخه های مهم و راهبردی آبرزی پروری، نقش کلیدی در توسعه اقتصادی مناطق ساحلی، ایجاد اشتغال و ارزآوری دارد. در ایران نیز، به ویژه در استان های جنوبی مانند بوشهر، هرمزگان و خوزستان، این صنعت یکی از ارکان اصلی معیشت جوامع روستایی محسوب می شود. اما مطالعات نشان داده، این صنعت همواره با چالش های فزاینده ای مواجه است. از جمله این چالش ها می توان به تغییرات اقلیمی، شیوع بیماری های واگیردار در استخرها، مدیریت سنتی و ناکارآمد و پیامدهای منفی زیست محیطی اشاره نمود. این عوامل، می توانند بهره وری را کاهش داده و پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی این فعالیت ها را در معرض تهدید قرار دهند. در این میان، هوشمندسازی مزارع پرورش میگو به عنوان راهکاری نوین و فناورانه، می تواند نقش مؤثری در کاهش مخاطرات و ارتقاء تاب آوری ایفا کند. هوشمندسازی شامل به کارگیری ابزارهایی نظیر اینترنت اشیا^۱ (IoT)، حسگرهای مدیریتی با دقت بالا، سیستم های مانیتورینگ و هشداردهی، تحلیل داده های بزرگ و

¹ IoT: Internet of Things



هوش مصنوعی است که امکان پایش لحظه‌ای شرایط استخر، کنترل بهینه فرایند تولید، پیش‌بینی بیماری‌ها و بهینه‌سازی مصرف منابع را فراهم می‌سازد. هوشمندسازی نه تنها بهره‌وری را افزایش می‌دهد، بلکه اثرات منفی زیست‌محیطی را نیز کاهش داده و امکان تصمیم‌گیری دقیق و علمی را برای بهره‌برداران فراهم می‌سازد. هدف این مقاله، بررسی ظرفیت‌ها و نقش هوشمندسازی در ارتقاء پایداری مزارع پرورش میگو با تأکید بر کاهش مخاطرات، و تبیین راهکارهایی برای پیاده‌سازی آن در راستای توسعه پایدار است.

۲- کاربردهای هوشمندسازی در مزارع پرورش میگو در جهت کاهش مخاطرات و افزایش پایداری

هوشمندسازی با ادغام فناوری‌های پیشرفته‌ای که استفاده از منابع را آسان و بهینه می‌کند و کارایی عملیاتی را بهبود می‌بخشد، نقش مهمی در افزایش پایداری و کاهش خطرات در پرورش میگو ایفا می‌کند. این رویکرد نه تنها به نگرانی‌های زیست‌محیطی می‌پردازد، بلکه دوام اقتصادی و مزایای اجتماعی را در جوامع روستایی ساحلی ارتقا می‌دهد. هوشمندسازی در کشاورزی و آبرزی پروری، زیرمجموعه‌ای از کشاورزی دقیق^۲ است که با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، تصمیم‌گیری را طی یک فرایند تحلیل در لحظه، به حالت داده‌محور انجام می‌دهد و تصمیم‌گیری تجربی و سنتی را کاهش می‌دهد. در حوزه پرورش میگو، آبرزی پروری هوشمند^۳ به‌عنوان مدلی نوین شناخته می‌شود که با استفاده از فناوری‌های دیجیتال، سنجش‌گرهای محیطی، کلان‌داده^۴، الگوریتم‌های یادگیری ماشین و اینترنت اشیاء^۵ مدیریت مزارع را متحول می‌کند. مطالعات بین‌المللی نشان داده‌اند که استفاده از سیستم‌های هوشمند در مزارع پرورش میگو، کاهش مصرف خوراک، کاهش بیماری‌ها، و افزایش بهره‌وری را به همراه داشته است. همچنین، این فناوری‌ها به کشاورزان و آبرزی‌پروران کمک کرده‌اند تا ریسک‌های ناشی از تغییرات ناگهانی شرایط محیطی یا اپیدمی‌های بیماری را به حداقل برسانند. هوشمندسازی در پرورش میگو دارای کاربردهای متنوع و بسیار حیاتی است. برخی از مهم‌ترین حوزه‌های کاربرد به شرح زیر هستند:

۱-۲ کاهش آلودگی و ضایعات با استفاده از سیستم‌های آبرزی پروری مدرن

سیستم‌های خوراک‌دهی اتوماتیک که مبتنی بر زمان‌بندی، نیاز زیستی میگو و رفتار تغذیه‌ای طراحی می‌شوند، موجب کاهش اتلاف خوراک و بهبود ضریب تبدیل غذایی می‌شوند. این موضوع هم در کاهش هزینه و هم در کاهش آلودگی و ضایعات نقش دارد. همچنین ادغام سیستم‌های آبرزی پروری چرخشی^۶ کیفیت مطلوب آب را تضمین می‌کند و ضایعات را به حداقل می‌رساند، سیستم‌های آبرزی پروری هیبریدی با کنترل کیفیت مطلوب آب و کاهش ضایعات کارایی عملیاتی را افزایش می‌دهند [۱]. همچنین در مطالعات مشابه نشان داده شده است که سیستم‌های تغذیه خودکار می‌توانند بر اساس داده‌های به‌هنگام و لحظه‌ای دریافت شده توزیع خوراک را بهینه کنند، ضایعات را به حداقل برسانند و اطمینان حاصل کنند که میگو تغذیه مناسب برای رشد را دریافت می‌کند [۲ و ۳].

۲-۲ مدیریت و کنترل بهتر با اتوماسیون و نظارت فعال

با استفاده از حسگرهای دیجیتال، پارامترهایی مانند دمای آب، میزان شوری، pH ، اکسیژن محلول، آمونیاک و نیترات به‌صورت لحظه‌ای پایش می‌شوند. این داده‌ها به سیستم‌های تحلیلی ارسال می‌شود تا در صورت نیاز، هشدارهای لازم برای اقدام سریع صادر شود. به عبارتی فن‌آوری‌های هوشمند نظارت در لحظه پارامترهای بیولوژیکی را دقیق‌تر اندازه‌گیری و کنترل می‌کنند و

² Precision Agriculture

³ Smart Aquaculture

⁴ Big Data

⁵ IoT: Internet of Things

⁶ RAS: Recirculating Aquaculture System



منجر به مدیریت بهتر شرایط سلامت و رشد میگو می‌شوند [۳ و ۱]. همچنین در مطالعات مشابه آمده است که سیستم‌های هوشمند از حسگرها برای نظارت مداوم بر شاخص‌های کیفیت آب حیاتی مانند pH ، دما و کدورت استفاده می‌کنند و امکان تنظیمات لحظه‌ای را برای حفظ شرایط بهینه فراهم می‌کنند [۵ و ۴]. راه‌حل‌های مبتنی بر اینترنت اشیا، نظارت از راه دور را امکان‌پذیر می‌کنند، نیاز به بررسی‌های دستی را کاهش می‌دهند و کارایی عملیاتی را افزایش می‌دهند [۴].

۲-۳ افزایش بهره‌وری و صرفه‌جویی منابع

فناوری هوشمند امکان کنترل دقیق مصرف آب، انرژی و حتی استفاده از زمین را فراهم می‌سازد. مثل استفاده از انرژی خورشیدی برای تامین انرژی سیستم‌های تهویه و تغذیه خودکار. اینکار مصرف منابع انرژی و استفاده از مواد شیمیایی برای بهبود کیفیت آب را کاهش می‌دهد و به تولید پایدارتر کمک می‌کند [۶]. همچنین در تحقیقی آمده است که سیستم‌های هوشمند آبرزی پروری استفاده کارآمد از آب و بازیافت زباله را ترویج می‌کنند و با به حداقل رساندن اثرات زیست‌محیطی و حفظ منابع، به پایداری کمک می‌کنند [۵ و ۱].

۲-۴ پایش و پیشگیری از بیماری‌ها

ترکیب داده‌های زیستی با الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌تواند الگوهای بیماری را پیش‌بینی کرده و هشدارهای زودهنگام ارائه دهد. همچنین، تصویربرداری زیرآبی و پردازش تصویر می‌تواند نشانه‌های اولیه بیماری را تشخیص دهد. به عنوان نمونه در مطالعه یافت شده است که فن‌آوری‌های سنجش هوشمند تشخیص زودهنگام بیماری‌ها را تسهیل می‌کنند و امکان مداخلات به موقع را فراهم می‌کنند که می‌تواند از شیوع بیماری‌ها جلوگیری کرده و میزان مرگ و میر را کاهش دهد [۳].

۲-۵ اتوماسیون و کاهش وابستگی به نیروی انسانی

کارهایی نظیر خوراک‌دهی، نمونه‌گیری، تهویه و حتی برداشت را می‌توان به‌صورت اتوماتیک و رباتیک انجام داد. این موضوع در مناطق با کمبود نیروی متخصص، اهمیت ویژه دارد و می‌تواند خطاهای ناشی از بی‌دقتی نیروی انسانی در فرایند تولید را به حداقل برساند. برای نمونه آمده است که فن‌آوری‌های اتوماسیون اتکا به انجام کارها به شکل دستی را کاهش می‌دهد، بهره‌وری را افزایش می‌دهد و امکان مدیریت سازگارتر عملیات کشاورزی را فراهم می‌کند [۲ و ۳].

۳- فرصت‌ها و چالش‌ها در مسیر پیاده‌سازی

هوشمندسازی نقشی اساسی در افزایش پایداری و کاهش خطرات در پرورش میگو از طریق کاربردهای مختلف نوآورانه دارد. با ادغام فناوری‌های پیشرفته، مزارع پرورش میگو می‌توانند فرایند تولید محصول را بهینه کنند، شرایط محیطی را بهبود بخشند و مدیریت منابع بهتر را تضمین کنند. در حالی که مزایای هوشمندسازی در پرورش میگو قابل توجه است، چالش‌هایی مانند هزینه‌های اولیه بالا و نیاز به تخصص فنی ممکن است مانع پذیرش گسترده شود. با این وجود، پتانسیل بهبود پایداری و بهره‌وری همچنان یک استدلال قانع کننده برای ادغام فناوری‌های هوشمند در آبرزی پروری است. با مرور منابع علمی موجود تلاش شد برخی از این چالش‌ها و فرصت‌ها یافت شود. کشاورزی هوشمند می‌تواند هزینه‌های عملیاتی را همچون هزینه‌های خوراک، انرژی و درمان بیماری‌ها را کاهش داده و با بهینه‌سازی فرایند تولید و کاهش اتلاف منابع بهره‌وری را افزایش دهد و فرصت‌های شغلی در مناطق روستایی ایجاد کند [۷]. هوشمندسازی منجر به کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی و ارتقای مدیریت منابع پایدار می‌شود [۷]. هوشمندسازی با ایجاد مشاغل مناسب و بهبود معیشت به توسعه روستایی و تاب‌آوری جامعه کمک می‌کند و در کنار اثرات زیست محیطی می‌تواند اثرات اجتماعی مطلوبی بگذارد [۷]. در حالی که هوشمندسازی مزایای قابل توجهی را برای پایداری در پرورش میگو ارائه می‌کند، پرداختن به چالش‌های پیاده‌سازی برای تحقق کامل مزایای بالقوه آن نیز ضروری است. از جمله این چالش‌ها می‌توان موانع تکنولوژیکی و عدم دسترسی به تجهیزات به‌روز به علت نداشتن دانش ساخت یا عدم توانایی



در خرید تجهیزات به دلیل مسائل اقتصادی و تحریمی اشاره کرد. همچنین سرمایه‌گذاری اولیه در فناوری‌های هوشمند می‌تواند زیاد باشد و تامین هزینه تجهیزات و زیرساخت‌های دیجیتال برای بسیاری از کشاورزان و آبرزی‌پروران در مقیاس کوچک می‌تواند چالشی بزرگ باشد که نیاز به حمایت و تسهیلات را الزام‌آور می‌کند. [۷]. نیاز به آموزش برای اطمینان از اجرای موثر شیوه‌های کشاورزی هوشمند وجود دارد و عدم صحیح انتقال علم می‌تواند فرایند هوشمند شدن را دچار مشکل کند [۶].

۴- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که هوشمندسازی مزارع پرورش میگو می‌تواند به‌عنوان راهکاری راهبردی، در کاهش مخاطرات و ارتقاء پایداری این صنعت نقش بسزایی ایفا کند. بررسی تجربه‌های موفق جهانی، نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌های نوین همچون حسگرهای محیطی، اینترنت اشیا، تحلیل داده و سیستم‌های هشدار هوشمند، توانسته است نرخ بقا و رشد میگو را افزایش داده، هزینه‌های خوراک و درمان را کاهش داده، و میزان بهره‌وری را به‌طور قابل توجهی بالا ببرد. در تحلیل وضعیت ایران، با وجود پتانسیل بالای مناطق ساحلی برای پرورش میگو، همچنان چالش‌هایی مانند مدیریت سنتی، نبود زیرساخت فناوری، و ضعف سیاست‌گذاری وجود دارد. بسیاری از روستاهای ساحلی با مشکلاتی مانند دسترسی محدود به اینترنت، کمبود آموزش، و محدودیت‌های مالی مواجه‌اند که روند ورود فناوری را کند کرده است. با این حال، ظرفیت مناسبی برای توسعه این فناوری در کشور وجود دارد. ورود دانشگاه‌ها و شرکت‌های دانش‌بنیان، حمایت نهادهای دولتی، و فراهم‌سازی زیرساخت‌های ارتباطی، می‌تواند زمینه‌ساز جهش در بهره‌گیری از هوشمندسازی باشد. در این میان، توسعه فناوری باید همسو با توانمندسازی اجتماعی و آموزش بهره‌برداران انجام گیرد تا اثرات پایداری آن تضمین شود. همچنین یافته‌ها حاکی از آن است که هوشمندسازی نه فقط یک ابزار فنی، بلکه یک رویکرد تحول‌آفرین در نظام مدیریت مزرعه، سیاست‌گذاری محلی و توسعه پایدار روستایی است و نیاز هست که همه بخش‌های درگیر در مساله با هم تعامل و مشارکت داشته باشند.

در شرایطی که صنعت پرورش میگو با چالش‌های فزاینده‌ای همچون تغییرات اقلیمی، بیماری‌های واگیردار، بهره‌برداری ناپایدار و فشار بر منابع طبیعی مواجه است، هوشمندسازی مزارع به‌عنوان یک راهبرد نوین، می‌تواند پاسخی کارآمد برای ارتقاء بهره‌وری، کاهش ریسک، و تضمین پایداری ارائه دهد. این پژوهش نشان داد که فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیا، سنسورهای محیطی، تحلیل داده و هوش مصنوعی، با فراهم‌سازی امکان تصمیم‌گیری دقیق، پایش مستمر، و واکنش سریع به تهدیدها، می‌توانند زیربنای یک نظام تولید پایدار و تاب‌آور را ایجاد کنند. اثرات مثبت هوشمندسازی نه تنها محدود به مزرعه است، بلکه در ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی توسعه روستاهای ساحلی نیز قابل مشاهده خواهد بود.

بر اساس نتایج پژوهش، پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

۱. تدوین برنامه ملی برای هوشمندسازی آبرزی‌پروری با تمرکز ویژه بر میگو و حمایت مالی-فنی از بهره‌برداران روستایی؛
 ۲. سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های ارتباطی و فناوری اطلاعات در مناطق ساحلی و روستایی؛
 ۳. طراحی برنامه‌های آموزشی و ترویجی برای آشنایی و توانمندسازی پرورش‌دهندگان با فناوری‌های نوین؛
 ۴. ایجاد اکوسیستم نوآوری محلی با مشارکت دانشگاه‌ها، شرکت‌های دانش‌بنیان و بهره‌برداران؛
 ۵. تسهیل دسترسی به تسهیلات مالی و یارانه‌ای برای پیاده‌سازی سیستم‌های هوشمند در مزارع کوچک و متوسط.
- در نهایت، هوشمندسازی نباید صرفاً به‌عنوان ابزار فناورانه نگریسته شود، بلکه باید آن را به‌مثابه پلی میان علم، معیشت، و پایداری در نظام تولید روستایی دید؛ پلی که آینده‌ای تاب‌آورتر، کارآمدتر و پایدارتر برای صنعت پرورش میگو رقم خواهد زد.

مراجع

- [1] Kassem, T., Shahrour, I., El Khattabi, J., & Raslan, A. (2021). Smart and sustainable aquaculture farms. *Sustainability*, 13(19), 10685.



- [2] Roy, D., Padhiary, M., Roy, P., & Barbhuiya, J. A. (2024). Artificial Intelligence-Driven Smart Aquaculture: Revolutionizing Sustainability through Automation and Machine Learning. *LatIA*, (2), 30.
- [3] Parra, L., Sendra, S., Garcia, L. and Lloret, J., 2024. Smart Low-Cost Control System for Fish Farm Facilities. *Applied Sciences*, 14(14), p.6244. https://doi.org/10.1007/978-3-662-09836-3_9
- [4] Thangam, S., Babu, V. A., Paul, K. A., Jaiswal, R., & Kumari, J. J. J. (2024, November). Smart IoT-Driven Monitoring and Control System for Enhancing Shrimp Aquaculture Health. In *2024 8th International Conference on Computational System and Information Technology for Sustainable Solutions (CSITSS)* (pp. 1-6). IEEE.
- [5] Jayandan, S. A., Prathibanandhi, K., Sahana, A., Agilesh, M. B., & Chethan, K. (2024, October). Smart Systems for Sustainable Aquaculture: A Focus on Water Quality. In *2024 International Conference on Power, Energy, Control and Transmission Systems (ICPECTS)* (pp. 1-4). IEEE.
- [6] Santiteerakul, S., Sopadang, A., Yaibuathet Tippayawong, K., & Tamvimol, K. (2020). The role of smart technology in sustainable agriculture: A case study of wangree plant factory. *Sustainability*, 12(11), 4640.
- [7] Musa, S. F. P. D., Basir, K. H., & Luah, E. (2022). The role of smart farming in sustainable development. *International Journal of Asian Business and Information Management (IJABIM)*, 13(2), 1-12.