



May 9th , 2018
Ferdowsi University
of Mashhad

The 2nd National Conference on Climatology of Iran

دومین کنفرانس آب و هواشناسی ایران



۱۳۹۷ اردیبهشت ۱۹
دانشگاه فردوسی مشهد



مرکز منابع اطلاع رسانی علم و فناوری



تاریخ: ۱۳۹۷/۰۲/۱۹

شماره: SNCCI--۲۰۰۱۱۷

کد مقاله: ۵۰

«کواہی ارائه مقاله»

بدین وسیله کواہی می شود سرکار خانم فیروزہ حسینی گلزار
و، بھکاران: محمد رضا بیاتی، امید صفری و عباس روحاںی

دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران که در ۱۹ اردیبهشت ماه ۱۳۹۷ توسط کروه جغرافیای دانشگاه فردوسی مشهد برگزار گردید،
شرکت نموده و مقاله خود را با عنوان «بررسی کیفیت آب از طریق مل-های پیش-بینی اکسپشن محلول در سیتم-های آبزی-پروری» ارائه نمودند.
 توفیق روزافزون ایشان را از خداوند تبارک و تعالیٰ مسلکت داریم.

خدیجہ بوذرجمهری

رئیس دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران



Abbas Mafidی
دیری علمی دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران
 Abbas Mafidی

Abbas Mafidی
دیری علمی دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران

بررسی کیفیت آب از طریق مدل‌های پیش‌بینی اکسیژن محلول در سیستم‌های آبزی‌پروری

فیروزه حسینی گله زن^۱، محمد رضا بیاتی^۲، امید صفری^۳، عباس روحانی^۴

^۱دانشجو کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، firouzeh.hosseini@mail.um.ac.ir

^۲استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، bayati@um.ac.ir

^۳استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، Omidsafari@um.ac.ir

^۴استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، arohani@um.ac.ir

چکیده

امروزه با توجه به اهمیت کیفیت آب در صنعت آبزی‌پروری، مدیریت سیستم‌های آبزی‌پروری را متراffد با مدیریت آب در سیستم می‌دانند. از آن جا که اکسیژن محلول به عنوان تاثیرگذارترین پارامتر کیفیت آب مطرح می‌شود و همچنین تاثیر اساسی میزان اکسیژن محلول در فرایندهای زیستی آبیان لازم است که روش مناسبی برای آگاهی از تغییرات آن در طول دوره پرورش به کار گرفته شود. از طرفی با توجه به زمان بر بودن و دقت کمتر روش‌های تجربی و آزمایش مزرعه‌ای استفاده از روش‌های هوشمند مانند مدل‌سازی در این باره ضروری می‌باشد. تاکنون مدل‌های مختلفی از جمله مدل‌های ریاضی، مدل‌های هیبریدی از روش‌های هوش مصنوعی به منظور پیش‌بینی اکسیژن محلول در سیستم‌های آبزی‌پروری ارائه شده است. اما برای آگاهی از میزان کارآیی هر مدل و معرفی مدل مناسب‌تر نیاز است که ویژگی‌های یک مدل بهینه مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین هدف از این مقاله بررسی مدل‌های مختلف پیش‌بینی میزان اکسیژن محلول در سیستم‌های پرورش ماهی و شناسایی روش مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آبزی‌پروری، اکسیژن محلول، کیفیت آب، مدیریت، مدل.

Water quality assessment through prediction models of dissolved oxygen in Aquaculture systems

Firoozeh Hosseini galezan¹, Mohammad Reza Bayati², Omid Safari³, Abbas Rouhani⁴

¹MSc Student, Ferdowsi University of Mashhad, firouzeh.

²Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad

³Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad

⁴Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

Today, considering the importance of water quality in aquaculture industry, management of aquaculture systems is synonymous with water management in the system. Since dissolved oxygen is considered as the most effective water quality parameter and as well as the fundamental effect of the amount of oxygen dissolved in aquatic biological processes, it is necessary to apply a suitable method for knowledge of its changes during the rearing period. On the other hand, due to the time-consuming and less accuracy of experimental and field experiments, the use of intelligent methods such as modeling in this regard is necessary. So far, various models, including mathematical models, hybrid artificial intelligence methods have been proposed to predict dissolved oxygen in aquaculture systems. But in order to be aware of the efficiency of each model and introducing a more appropriate model, it is necessary to consider the characteristics of an optimal model. So the purpose of this paper is to examine different models of predicting the amount of dissolved oxygen in fish breeding systems and identify the appropriate method.



Keywords: Aquaculture, Dissolved oxygen, Water quality, Management, Model.

۱ - مقدمه

موفقیت تولید آبزی پروری بستگی به پارامترهای بسیاری از کیفیت آب دارد، حفظ کیفیت آب سیستم‌های آبزی پروری از طریق نظارت کافی برای افزایش تولید آبزی پروری بسیار مهم است. با این حال هزینه تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی، پرورش دهنده‌گان را از انجام صحیح نظارت بر کیفیت آب منصرف می‌کند، از این رو زوال محیط زیست ماهی و در نتیجه کاهش تولید اتفاق می‌افتد (آبیادیک و نودلو، ۲۰۱۱). اندازه‌گیری متغیرهای بیشتر همراه با افزایش هزینه است. اگر متغیرهای کمی برای ارزیابی کیفیت آب آبزی پروری استفاده شود، بسیار سودمند خواهد بود. خوشبختانه، کیفیت‌های مختلف آب در یک استخر ماهی با یکدیگر همبستگی و تعامل دارند و پیدا کردن متغیرهای خاص برای نمایش دیگر پارامترها امکان پذیر است (ژو و بوبید، ۲۰۱۶). اکسیژن محلول یکی از مهمترین پارامترهای کیفیت آب در پرورش ماهی محسوب می‌شود. کمبود اکسیژن محلول در پرورش ماهی زیان آور است زیرا باعث ایجاد استرس برای ماهی‌های پرورشی می‌شود، در نتیجه کاهش در تغذیه، ضریب تبدیل غذا و رشد اتفاق می‌افتد. سطح کم اکسیژن محلول در استخراهی کشت شده اغلب با سطوح زیاد دی‌اکسید کربن و آمونیاک یونیزه نشده همبستگی دارد که هر دو وضعیت برای ماهی مسموم کننده است، ترکیبی که به طور چشم‌گیری عدم اینمی ماهی را در برابر بیماری‌ها افزایش می‌دهد. غلظت اکسیژن محلول کمتر از پنج میلی‌گرم بر لیتر می‌تواند تغییرات معنی داری در رشد و حتی بقا ماهی در آب‌های شور به وجود آورد، هنگامی که آستانه غلظت کمتر از دو میلی‌گرم بر لیتر باشد موجودات آبزی دوام زیادی نخواهند آورد (بوبید، ۱۹۸۲). بنابراین می‌توان اکسیژن محلول را به عنوان پارامتر بسیار مهم و نماینده دیگر پارامترها برای پی بردن به کیفیت آب در سیستم‌های آبزی پروری اندازه‌گیری کرد. پیش‌بینی اکسیژن محلول در سیستم مدرن آبزی پروری متراکم می‌تواند اساسی برای کنترل و مدیریت تصمیم‌هایی فراهم کند که قادر به کاهش خطرات و بهینه‌سازی عملیات آبزی پروری است (هان و همکاران، ۲۰۱۱). مدیریت و کنترل مقدار اکسیژن محلول در آبزی پروری متراکم برای موجودات در حال رشد حیاتی است و اثرات معنی داری بر مقدار و کیفیت محصول نهایی دارد (کارباچال هرناندز و همکاران، ۲۰۱۲). غلظت اکسیژن محلول در محتوای هر نوع آب در طول زمان تغییر می‌کند و توسط عوامل زیستی، فیزیکی و شیمیایی مانند pH، دما، فشار اتمسفر و شوری تحت تاثیر قرار می‌گیرد (کیمبو و همکاران، ۲۰۰۰). به طور معمول، کنترل اکسیژن محلول برای آبزی پروری بستگی به تجربه پرورش دهنده‌گان دارد که این روش نه تنها وقت‌گیر می‌باشد بلکه دقیق هم نیست. بنابراین ایجاد یک مدل دقیق و کاربردی پیش‌بینی اکسیژن محلول برای آبزی پروری ضروری و مهم است (لی و همکاران، ۲۰۱۷). تا کنون مدل‌های مختلفی به منظور پیش‌بینی مقدار اکسیژن محلول در سیستم‌های گوناگون آبزی-پروری توسعه یافته‌اند که در این مطالعه برخی از آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد و ویژگی‌های مدل مناسب پیش‌بینی اکسیژن محلول در سیستم‌های آبزی پروری بیان می‌شود.

۲- داده‌ها و روش تحقیق

۲-۱ مدل‌های ریاضی

آبیادیک و نودلو (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای یک برنامه کامپیوتری برای پیش‌بینی و اتخاذ تصمیم‌گیری‌های مدیریتی درمورد پارامترهایی که تجزیه و تحلیل آزمایشگاهی آن‌ها زمان‌گیر و گران است مانند آمونیاک یونیزه نشده^۱، اکسیژن محلول^۲ و دی‌اکسید کربن^۳ ایجاد نمودند. روابط بین پارامترهای کیفیت آب به صورت ریاضی به زبان برنامه‌نویسی سی نوشته شد. این متغیرها که در مدیریت کیفیت آب بسیار مهم هستند، می‌توانند با استفاده از مدل توسعه یافته به راحتی قابل کنترل باشند. این کار باعث نظارت بهتر بر کیفیت آب خواهد شد. مگویا و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی دیگر یک مدل

¹ Un-ionized Ammonia (UIA)

² Dissolved Oxygen (DO)

³ Carbon-Dioxide (CO)



ریاضی برای پیش‌بینی اثرات سرعت باد، نور، H_m ، دما، دی‌اکسیدکربن محلول و تقاضای اکسیژن خواهی شیمیایی^۱ بر اکسیژن محلول در استخرهای ماهی ارائه دادند. اثر تغذیه آلی، هوادهی و فعالیت ماهی به منظور نشان دادن وضعیت ضایعات در استخرهای پرورش ماهی به مدل توسعه یافته توسط کیمبو و همکاران (۲۰۰۰) برای استخرهای تشبیت ضایعات اضافه شد. نتایج مدل نشان داد که رابطه خطی بین اکسیژن محلول شبیه‌سازی شده و اکسیژن محلول اندازه-گیری شده در استخر ماهی وجود دارد. این مدل می‌تواند برای پیش‌بینی دینامیک اکسیژن محلول در استخرهای ماهی مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۲ مدل‌های هیبریدی از روش‌های هوش مصنوعی

لیو و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی به منظور افزایش دقت پیش‌بینی، کاهش خطرات آبزی‌پروری و بهینه‌سازی مدیریت کیفیت آب در استخرهای متراکم آبزی‌پروری، یک مدل هیبریدی پیش‌بینی مقدار اکسیژن محلول بر اساس آنالیز موجک^۲ و حداقل مربعات رگرسیون بردار پشتیبانی^۳ با الگوریتم مطلوب بهبود یافته بهینه‌سازی از دحام ذرات کوشی^۴ ارائه نمودند. در فرایند مدل‌سازی، دنباله‌های اکسیژن محلول اصلی نویزگیری^۵ شد و به چند زیر مجموعه رزلوشن فرکانس سیگنال^۶ با استفاده از روش آنالیز موجک تجزیه شد. در مقایسه با مدل‌های سنتی، نتایج آزمایش این مدل ترکیبی نشان داد که نویزگیری و گرفتن خصوصیات غیر ثابت سیگنال‌های اکسیژن محلول بعد از آنالیز موجک یک روش بسیار قدرتمند و قابل اطمینان برای پیش‌بینی اکسیژن محلول در آبزی‌پروری متراکم سریع و دقیق است.

لی و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی دیگر به منظور افزایش دقت پیش‌بینی اکسیژن محلول در آبزی‌پروری، یک مدل هیبریدی بر اساس ویژگی‌های چند متغیره با استفاده از گروه تجزیه حالت تحریبی^۷ پیشنهاد دادند. مدل هیبریدی با ترکیب سه روش حداقل مربعات رگرسیون بردار پشتیبانی، شبکه عصبی پس انتشار بهینه‌سازی شده به وسیله محاسبات تکاملی ذهن^۸ و مدل خاکستری^۹ توسعه داده شد. نتایج تجربی نشان داد که مدل هیبریدی ماشین حداکثر یادگیری مبتنی بر گروه تجزیه حالت تحریبی^{۱۰} بر اساس معیارهای میانگین قدرمطلق خطأ^{۱۱}، میانگین قدر مطلق درصد خطأ^{۱۲}، میانگین مربع خطأ^{۱۳} و ریشه میانگین مربع خطأ^{۱۴} نسبت به مدل‌های شبکه عصبی پس انتشار- تجزیه حالت تحریبی و شبکه عصبی پس انتشار با یک محاسبات تکاملی ذهن بهینه بهتر عمل کرده است و ثابت شد که مدل هیبریدی یک رویکرد موثر برای پیش‌بینی اکسیژن محلول آبزی‌پروری است. تا و اوی (۲۰۱۸) در یک مطالعه مدلی برای پیش‌بینی اکسیژن محلول در سیستم‌های آبزی‌پروری مداربسته بر اساس یک شبکه عصبی پیچیده توسعه دادند. نتایج نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی پیچیده در ک معکوس^{۱۵} برای پیش‌بینی اکسیژن محلول مناسب است.علاوه بر این، میزان همگرایی آن در دوره پیش آموزش سریع تراز شبکه عصبی پس انتشار تحت شرایط مشابه است و ثبات پیش‌بینی آن بهتر است. همچنین دقت و پایداری نتایج مدل جدید، برای رفع نیازهای تولید واقعی مناسب می‌باشد.

۳- نتیجه گیری و جمع بندی

در سال‌های اخیر کیفیت آب رو به وخامت گذاشته است و باعث وارد آمدن زیان مالی زیادی به کشاورزان شده است و به یکی از تنگناهای تولید خروجی و کاهش اختلال در فرایندهای تولید تبدیل شده است(فرریا و همکاران، ۲۰۱۱)، پارامترهای مختلفی برای ارزیابی کیفیت آب مطابق با معیارها و استانداردهای ملی و بین‌المللی مورد استفاده قرار

¹ Chemical Oxygen Demand (COD)

² Wavelet Analysis (WA)

³ Least Squares Support Vector Regression (LSSVR)

⁴ Cauchy Particle Swarm Optimization (CPSO)

⁵ De-Noising

⁶ Resolution frequency signal

⁷ Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD)

⁸ BP neural network with an optimal mind evolutionary computation (MEC-BP)

⁹ Grey model (GM)

¹⁰ Extreme Learning Machine based on EEMD

¹¹ Mean Absolute Error (MAE)

¹² Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

¹³ Mean Square Error (MSE)

¹⁴ Root Mean Square Error (RMSE)

¹⁵ Reverse Understanding Convolutional Neural Network (CNN)



می‌گیرند) سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، ۱۹۹۴؛ مقاله رسمی، ۲۰۰۴ (در ترکیه)، دستورالعمل شورا، ۱۹۹۸؛ سازمان بهداشت جهانی، ۲۰۰۸. این پارامترها شامل اکسیژن محلول، H^+ ، هدایت الکتریکی^۱، دما^۲، تقاضای اکسیژن زیستی^۳، تقاضای اکسیژن شیمیایی، کلرید، کل فسفات، نیتریت، نیترات، آمونیاک، یون‌ها، فلزات سنگین، غلظت کل نمک و کلیفرم مدفوع است. اندازه‌گیری تمام پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی مشکل است (ما و همکاران، ۲۰۱۴) و بسیاری از این تحلیل‌ها وقت‌گیر و گران هستند (آنیادیک و نودلو، ۲۰۱۱). هر پارامتر محیطی به تنهایی مهم است، اما مجموع و رابطه بین این پارامترها بر سلامت و نرخ رشد ماهی تاثیر می‌گذارد (آنیادیک و نودلو، ۲۰۱۱). در جریان اندازه‌گیری پارامترهای کیفیت آب، برخی از آن‌ها بسیار مهم‌تر از بقیه هستند. غلظت اکسیژن محلول مهم‌ترین پارامتر کیفیت آب است و به طور عمدۀ به عنوان شاخص آلودگی در رودخانه مورد استفاده قرار می‌گیرد (موهان و کومار، ۲۰۱۶). سطح اکسیژن محلول به عنوان معیاری از سلامتی است (رانکویچ و همکاران، ۲۰۱۰) که برای کنترل کیفیت آب در سیستم‌های مختلف آبزی مانند مخازن و تالاب‌ها استفاده می‌شود (سینگ و همکاران، ۲۰۰۹). اگر سطح اکسیژن محلول بزرگ‌تر یا مساوی پنج میلی‌گرم بر لیتر باشد، آب در وضعیت ایمن قرار دارد اما در سطوح کم‌تر از پنج میلی‌گرم بر لیتر وضعیت آب ایمن نیست و نیاز به هواده‌ی وجود دارد (آنیادیک و نودلو، ۲۰۱۱). با این حال به دلیل تغییر مدام غلظت اکسیژن محلول تحت تاثیر دیگر پارامترهای کیفیت آب مانند دمای آب، نرخ جریان و pH امکان اندازه‌گیری دقیق و سریع آن از روش‌های معمول آزمایش مزرعه‌ای وجود ندارد. بنابراین نیاز است که از روش‌های مدل‌سازی استفاده شود. تاکنون مدل‌های بسیاری در زمینه پیش‌بینی غلظت اکسیژن محلول در رودخانه‌ها، آب‌های سطحی، زیر زمینی و استخراج‌های آبزی‌پروری ارائه شده است و از میان این مدل‌ها، مدل‌هایی که از روش‌های مربوط به هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، منطق فازی، آنالیز موجک و روش‌های هیبریدی از آن‌ها برای شبیه‌سازی دینامیک اکسیژن محلول و دیگر پارامترهای آب اقدام کرده‌اند، بسیار موفق بوده‌اند و توانسته‌اند با دقت زیادی بر اساس معیارهای آماری چون ضریب همبستگی و متوسط میانگین مربعات خطای میزان هر پارامتر مورد نظر و تغییرات آن‌ها را پیش‌بینی کنند. روش‌های هوش مصنوعی به دلیل انعطاف‌پذیری، شفافیت و کاربر دوستی، تعیین عدم قطعیت، بیان روابط غیرخطی، حذف نویز، شناسایی الگوهای همبستگی بین مقادیر ورودی و خروجی از نظر پیش‌بینی و شبیه‌سازی روابط پیچیده بین پارامترها در سیستم‌های اکولوژیکی مانند سیستم‌های آبزی‌پروری بسیار مفید و کارا می‌باشند. از طریق پیش‌بینی تغییرات غلظت اکسیژن محلول دریک بازه زمانی مشخص می‌توان به کیفیت آب در آن محدوده زمانی بی برد و همچنین بر اساس آن اطلاعات مفید دیگری از قبیل تعداد هواده‌های لازم، چگونگی عملکرد هواده‌ها و امکان طراحی یک سیستم هوشمند بی‌سیم به منظور نظارت بر کیفیت آب در سیستم‌های آبزی‌پروری به دست خواهد داد.

۵- منابع

- Anyadike, C. and Ndulue, E., 2011. "Computer program for predicting and managing water quality parameters for aquacultural production." World Applied Sciences Journal 15: 717-721
- Boyd, C.E., 1982. Water quality management for pond fish culture, Elsevier Scientific Publishing Co. New York. p. 318
- Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human Consumption. OJ L 330, 05.12.1998.
- Carbajal-Hernández, J.J., Sánchez-Fernández, L.P., Carrasco-Ochoa, J.A., MartínezTrinidad J.F., 2012. Immediate water quality assessment in shrimp culture using fuzzy inference systems. Expert Systems with Applications. 39 (12), 10571–10582
- EPA United State Environmental Protection Agency 1994. Water Quality Standards Handbook, 2nd ed

¹ Electrical Conductivity (EC)

² Temperature (T)

³ Biological Oxygen Demand (BOD5)



- Ferreira, N., C. Bonetti and W. Seiffert.,2011. "Hydrological and water quality indices as management tools in marine shrimp culture." *Aquaculture* 318(3-4): 425-433.
- Han, H.G., Chen, Q.L., Qiao, J.F., 2011. An efficient self-organizing RBF neural Network for water quality prediction. *Neural Networks* 24: 717–725
- Kayombo, S., T. Mbvette, A. Mayo, J. Katima and S. Jorgensen., 2000. "Modelling diurnal variation of dissolved oxygen in waste stabilization ponds." *Ecological modelling* 127(1): 21-31
- Liu SY, Xu LQ, Jiang Y, Li DL, Chen YYand Li ZB.,2014. A hybrid WA- CPSO-LSSVR model for dissolved oxygen content prediction in crab culture. *Eng Appl Artif Intel*; 29(3):114–24.
- Li, C., Z. Li, J. Wu, L. Zhu and J. Yue .2017. "A hybrid model for dissolved oxygen prediction in aquaculture based on multi-scale features." *Information Processing in Agriculture*.
- Mwegoha, W., M. Kaseva and S. Sabai.,2010. "Mathematical modeling of dissolved oxygen in fish ponds." *African Journal of Environmental Science and Technology* 4(9): 625-638
- Ma, Z., X. Song, R. Wan, L. Gao and D. Jiang.,2014. "Artificial neural network modeling of the water quality in intensive Litopenaeus vannamei shrimp tanks." *Aquaculture* 433: 307-312.
- Mohan, S. and K. P. Kumar.,2016. "Waste load allocation using machine scheduling: model application." *Environmental Processes* 3(1): 139-151.
- Official paper, 2004. Water pollution control regulation. Date: 31.12.2004, no. 25687 (in Turkish)
- Ranković, V., J. Radulović, I. Radojević, A. Ostojić and L. Čomić .,2010. "Neural network modeling of dissolved oxygen in the Gruža reservoir, Serbia." *Ecological Modelling* 221(8): 1239-1244.
- Singh, K. P., A. Basant, A. Malik and G. Jain .,2009. "Artificial neural network modeling of the river water quality—a case study." *Ecological Modelling* 220(6): 888-895.
- Ta, X. and Y. Wei .,2018. "Research on a dissolved oxygen prediction method for recirculating aquaculture systems based on a convolution neural network." *Computers and Electronics in Agriculture* 145: 302-310.
- World Health Organization (WHO), 2008. Guidelines for drinking-water quality, World Health Organization, Geneva Switzerland
- Xu, Z. and C. E. Boyd .,2016. "Reducing the monitoring parameters of fish pond water quality." *Aquaculture* 465: 359-366