



گواهی پذیرش و ارائه مقاله

یازدهمین کنگره ملی
مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران
۱۲ الی ۱۴ شهریور ماه ۱۳۹۷
11th National Congress on Biosystem
Engineering and Mechanization



پژوهشگران گرامی:

فیروزه حسینی گله زن، محمدرضا بیاتی، امید صفری و عباس روحانی

ضمن تشکر از حضور ارزشمند شما در "یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران" که در تاریخ ۱۲ الی ۱۴ شهریور ۱۳۹۷ توسط گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینا همدان برگزار گردید، بدینوسیله گواهی می‌شود مقاله با عنوان "پیش‌بینی پارامترهای کلیدی کیفیت آب درسیستم متراکم پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (Oncorhynchus mykiss) به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی" توسط داوران منتخب کمیته علمی کنگره پذیرفته شده و در روز برگزاری به صورت **پوستر** ارائه گردیده است.

همچنین این مقاله در پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC) و مرجع دانش (CIVILICA) نمایه می‌گردد. توفیق روز افزون شما را در عرصه‌های علمی و اجرایی کشور عزیزمان ایران آرزو مندیم.

دبیر اجرایی کنگره
دکتر حسین حاجی آقا علیزاده

دبیر علمی کنگره
دکتر ابراهیم احمدی





پیش بینی پارامترهای کلیدی کیفیت آب در سیستم متراکم پرورش ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به کمک شبکه های عصبی مصنوعی

فیروزه حسینی گله زن^۱، محمدرضا 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

وابستگی همه جانبه فعالیت های آبی پروری به وضعیت کیفیت آب باعث شده است که پیش بینی و کنترل کیفیت آب به یک امر ضروری و اجتناب ناپذیر تبدیل شود. از این رو در این مطالعه از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه به منظور پیش بینی پارامترهای کلیدی کیفیت آب در پرورش ماهی قزل آلائی رنگین کمان استفاده گردید. اکسیژن محلول، دی اکسید کربن و آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد به دلیل نقش حیاتی که در تولید ماهی قزل آلائی رنگین کمان دارند به عنوان پارامترهای کلیدی در این تحقیق مطرح شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که شبکه عصبی پرسپترون چند لایه به خوبی با قادر به تخمین غلظت پارامترهای کیفیت آب می باشد. هم چنین نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که میزان غذای مصرفی موثرترین عامل در تغییر پارامترهای کلیدی کیفیت آب است و پس از آن به ترتیب دما، درصد پروتئین خام جیره غذایی، بیومس، دبی آب و وزن اولیه بیشترین تا کمترین تاثیر را بر تغییر کیفیت آب دارند. از نتایج این تحقیق می توان در کنترل مقدار غذای مصرفی، تراکم ذخیره سازی، میزان هوادهی در یک سیستم متراکم پرورش ماهی قزل آلائی رنگین کمان استفاده نمود.

کلمات کلیدی: شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، قزل آلائی رنگین کمان، کیفیت آب.

Predicting Key Parameters of Water Quality in Intensive Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Culture System By Use of Artificial Neural Networks

Firoozeh Hosseini Galezan¹, Mohammad Reza Bayati², Omid Safari^{3*}, Abbas Rouhani⁴

¹MSc Student, Ferdowsi University of Mashhad, firouzeh.hosseini@mail.um.ac.ir

²Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad, bayati@um.ac.ir

³Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad, OmidSafari@um.ac.ir

ABSTRACT

The full dependence of aquaculture activities on the status of water quality has caused which prediction and control of water quality become an essential and inevitable issue. therefore, in this study, artificial neural network MLP was used to predict the key parameters of water quality in rainbow trout rearing. dissolved oxygen, carbon dioxide and unionized ammonia, total suspended solids due to the vital role played in rainbow trout production as key parameters in this research. the results of this experiment showed that the MLP neural network is well suited for estimating the concentration of water quality parameters. also, the results of sensitivity analysis showed that the amount of consumed food was the most effective factor in changing the key parameters of water quality and then temperature, percentage of crude protein diet, biomass, water flow rate and initial weight had the most to least effect on water quality change. the results of this study can be used to control the amount of food consumed, stocking density, and the amount of aeration in a intensive rainbow

¹Multilayer perceptron(MLP)



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



trout culture system.

Keywords: MLP Neural Network, Rainbow Trout, Water Quality.

۱- مقدمه

موفقیت و سودآوری تولید آبزیان به شدت وابسته به مدیریت مناسب در طول دوره پرورش است. این مدیریت مترادف با مدیریت آب است، زیرا کیفیت و کمیت مناسب آب پیش نیاز هر گونه آبی پروری موفق است. آگاهی از محیط (آب) امکان مدیریت بهتر را افزایش می‌دهد (Anyadike, Mbajiorgu, & Ajah, 2016). چگونگی حفظ تعادل کیفیت آب، یک مهارت فنی در پرورش آبزیان است و نظارت بر پارامترهای کیفیت آب ممکن است اولین گام باشد (Boyd et al., 2000). اندازه‌گیری تمام پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی آب مشکل است (Ma, Song, Wan, Gao, & Jiang, 2014) هر پارامتر محیطی به تنهایی مهم است، اما مجموع و رابطه بین این پارامترها بر سلامت و نرخ رشد ماهی تاثیر می‌گذارد (Anyadike & Ndulue, 2011). بنابراین می‌توان به وسیله شناسایی و آنالیز موثرترین و مهم‌ترین پارامترهای تغییر دهنده کیفیت آب و پس از آن پیش‌بینی و کنترل آن‌ها علاوه بر صرفه‌جویی در زمان، هزینه و کار با سرعت و دقت بیشتری نسبت به ایجاد هشدار و تنظیم شرایط کیفی سیستم‌های آبی پروری اقدام نمود. در این مطالعه این پارامترها، پارامترهای کلیدی نامیده شده است تا به اهمیت و نقش آن‌ها پی برده شود. هنگامی که مبادله آب محدود است، در درجه اول سه پارامتر کیفیت آب وجود دارند که رشد ماهی را محدود می‌کنند، این پارامترها شامل اکسیژن محلول، دی‌اکسیدکربن و آمونیاک یونیزه نشده می‌باشند. هنگامی که نرخ تبادل آب کاهش می‌یابد، اکسیژن اشباع اولین عامل محدودکننده است از طرفی سطح زیاد ذرات معلق جامد به طور گسترده‌ای برای سلامتی و رفاه ماهی مضر شناخته می‌شود (Becke, Steinhagen, Schumann, & Brinker, 2017). از این رو منظور از پارامترهای کلیدی کیفیت آب در این تحقیق چهار پارامتر آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد، اکسیژن محلول و دی‌اکسیدکربن است.

اخیرا شبکه‌های عصبی مصنوعی در پیش‌بینی متغیرهای کیفیت آب به طور فزاینده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند (French, Krajewski, & Cuykendall, 1992; Kuo, Liu, & Lin, 2004; Nash & Sutcliffe, 1970; Zhu, 1994) مصنوعی توانایی آن‌ها برای مدیریت سیستم‌های بزرگ و پیچیده از طریق پارامترهای بسیار مرتبط است (Nourani, Kisi, & Komasi, 2011). از جمله مدل‌های شبکه عصبی توسعه یافته به منظور پیش‌بینی کیفیت آب می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. در یک مطالعه از مدل شبکه عصبی پس‌انتشار برای پیش‌بینی کیفیت آب در استخرهای متراکم میگو (*Litopenaeus vannamei*) استفاده شد. مدل با استفاده از نه پارامتر دمای آب، pH، آمونیاک، نیتريت، نیترات، فسفر محلول، کلروفیل a، تقاضای اکسیژن خواهی شیمیایی و تقاضای اکسیژن خواهی زیستی ساخته شد و شبکه‌ی عصبی پس‌انتشار با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹۵ موفق به پیش‌بینی کیفیت آب گردید. (Ma, Song, Wan, Gao, & Jiang, 2014). در پژوهشی دیگر از شبکه عصبی خودسازمانده برای ایجاد یک چارچوب داده کاوی به منظور بررسی ارتباط چندگانه بین گونه‌های ماهی و کیفیت آب استفاده شد. بر اساس نتایج الگوهای پارامترهای کیفیت آب و گونه‌های ماهی به طور واضح به سه گروه کیفیت آب اکولوژیکی طبقه‌بندی گردید. (۱) ماهی‌های آب شیرین بالادست که بیشترین وابستگی را به اکسیژن محلول دارند؛ (۲) ماهی‌های آب شیرین وسط تا پایین رودخانه که بیشترین وابستگی را به کل فسفر و آمونیاک نیتروژن دارند؛ و (۳) ماهی‌های آب شیرین زمین‌های پست یا استخر که بیشتر به دمای آب، مواد معلق جامد و تقاضای اکسیژن شیمیایی بستگی دارند. هم‌چنین بر اساس نتایج شاخص ساختاری، شاخص‌های نماینده پارامترهای کیفیت آب و گونه‌های ماهی شامل اکسیژن محلول، کل فسفر و *Onychostoma barbatulum* بودند (Tsai, Huang, Cheng, Shao, & Chang, 2017). هم‌چنین در پژوهش دیگری پنج پارامتر اصلی کیفیت آب اکسیژن محلول، مجموع مواد جامد محلول، مجموع سختی و قلیايت به وسیله پارامترهای هدایت الکتریکی، دما و pH و از طریق روش‌های ریاضی و شبکه‌های عصبی مصنوعی تخمین زده شدند. شبکه‌های عصبی مصنوعی با ضریب همبستگی ۰/۹۹ به خوبی میزان این پارامترها را تخمین زدند (Salari et al., 2018).

ایران یکی از کشورهای پیشرو در تولید ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب شیرین است که بیشترین تولید را در پنج استان در مناطق شمال و غرب کشور دارد (Ahmadivand et al., 2016).

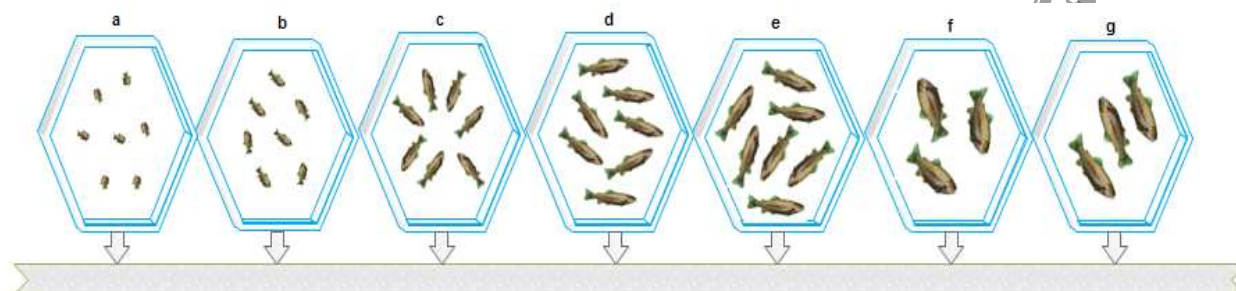
بنابراین هدف از انجام این مطالعه پیش‌بینی آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد، اکسیژن محلول، دی‌اکسیدکربن با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه در یک سیستم متراکم پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان است.

۲- بخش مواد و روش‌ها

۲-۱- مجموعه داده‌ها

۲-۱-۱- منابع داده و منطقه مورد مطالعه

جمع‌آوری اطلاعات از طریق نمونه‌برداری پیوسته طی سه ماه (از آذر ماه تا اسفند ماه) به صورت سه روز یک بار از هفت ایستگاه منتخب از یک سیستم متراکم پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مزرعه‌ای واقع در منطقه ارتکند شهرستان کلات استان خراسان رضوی در ایران صورت گرفت. هر استخر دارای مساحت کف موثر ۵۰ متر مربع و عمق آب ۲ متر است. همه استخرها از جنس مواد بتونی ساخته شده‌اند و مجهز به سیستم هوادهی یکپس می‌باشند. ایستگاه اول دارای ۳۰۰۰ قطعه ماهی ۵ گرمی، ایستگاه دوم دارای ۳۰۰۰ قطعه ماهی ۲۵ گرمی، ایستگاه سوم دارای ۳۰۰۰ قطعه ماهی ۵۰ گرمی، ایستگاه چهارم دارای ۳۰۰۰ قطعه ماهی ۱۰۰ گرمی، ایستگاه پنجم دارای ۳۰۰۰ قطعه ماهی ۲۲۰ گرمی، ایستگاه ششم دارای ۲۰۰۰ قطعه ماهی ۳۵۰ گرمی، ایستگاه هفتم دارای ۲۰۰۰ قطعه ماهی ۸۳۰ گرمی می‌باشند (شکل ۱). تغذیه این ماهی‌ها به صورت دستی سه بار در روز



شکل ۱- ایستگاه‌های منتخب نمونه برداری، (a) ایستگاه با ماهی‌های ۵ گرمی، (b) ایستگاه با ماهی‌های ۲۵ گرمی، (c) ایستگاه با ماهی‌های ۵۰ گرمی، (d) ایستگاه با ماهی‌های ۱۰۰ گرمی، (e) ایستگاه با ماهی‌های ۲۲۰ گرمی، (f) ایستگاه با ماهی‌های ۳۵۰ گرمی، (g) ایستگاه با ماهی‌های ۸۳۰ گرمی.

Figure 1 - Selected sampling stations, a) station with 5 grams fish, b) Station with 25 grams fish, c) Station with 50 grams fish, d) Station with 100 grams fish, e) station with fish 220 g, f) station with 350 g fish, g) station with 830 g fish.

(۸صبح، ۱۳ بعد از ظهر و ۱۷ عصر) انجام می‌شود. در مجموع ۱۷۵ نمونه در طول سه ماه از ایستگاه‌های منتخب جمع‌آوری گردید.

۲-۱-۲- پارامترهای اندازه‌گیری شده

وزن اولیه ماهی، بیومس، میزان غذا، میزان پروتئین خام جیره غذایی، میزان دبی آب، دمای آب، آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد، اکسیژن محلول و دی‌اکسیدکربن پارامترهای اندازه‌گیری شده در این تحقیق هستند که در ورودی و خروجی ایستگاه‌ها سه بار مقادیر مینیمم، ماکزیمم و میانگین هر پارامتر اندازه‌گیری شد و مقدار میانگین آن برای ورود به مدل استفاده شد. میزان غذا (گرم) در حد اشتهای ماهی‌ها بوده و میزان پروتئین خام جیره غذایی (درصد) به روش کجلدال ($N \times 6.25$) تعیین شده است (AOAC, 2005). وزن اولیه ماهی از روش توزین ماهی‌ها حاصل شد و بیومس از طریق ضرب تعداد ماهی‌ها در وزن اولیه آن‌ها در هر ایستگاه به دست آمد. دمای آب (درجه سانتی‌گراد)، میزان دبی آب (لیتر بر ثانیه) و اکسیژن محلول (میلی‌گرم بر لیتر) به وسیله دستگاه مولتی‌متر آزمایشگاهی چند منظوره پرتابل مدل AZ-8603 اندازه‌گیری شد. آمونیاک یونیزه نشده با استفاده از جدول تجربی مربوط به نسبت آمونیاک یونیزه نشده به pH و دمای آب استخر محاسبه شد (Boyd & Tucker, 1998). نمونه‌های آب ۱۰۰ میلی‌لیتر از طریق فیلترهای فیبر شیشه‌ای فیلتر شدند و فیلترها و جامدات نگهداری شده در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و تا دمای اتاق در دسیکاتور خنک شدند و برای تعیین غلظت مجموع مواد معلق جامد وزن شدند (Boyd & Tucker, 1992).

۲-۲- شبکه عصبی پرسپترون چند لایه

شبکه‌های عصبی مصنوعی قادر به بازسازی ویژگی‌های اساسی مغز انسان مانند خود سازمانی، خود سازگاری و تحمل خطا هستند و برای شناسایی، تحلیل، پیش‌بینی، تشخیص سیستم و بهینه‌سازی طراحی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Kurunç, Yürekli, & Cevik, 2016; Salami Shahid & Ehteshami, 2005). لذا استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی یک روش مطلوب برای برآورد و پیش‌بینی پارامترهای کیفیت آب است. شبکه عصبی پرسپترون چند لایه یک شبکه عصبی پیش‌خور با یک یا چند لایه بین لایه‌های ورودی و خروجی دومین الگو با



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



ساختار ریاضی بسیار انعطاف پذیر بعد از سیستم عصبی بیولوژیکی است. آن یک سیستم گسترده موازی مرکب از بسیاری عناصر پردازش به هم پیوسته به وسیله ارتباطهای وزنی متغییر است (Lippman, 1987). شبکه عصبی پیش خور پرسپترون چند لایه در بین پارادایمهای بسیار شبکه عصبی بسیار معروف است و معمولاً از تکنیک خطای پس انتشار برای موقعیت آموزش استفاده می کند. پیش خور به این معنی است که جریان داده ها از یک جهت از لایه ورودی به لایه خروجی می باشد. این نوع از شبکه به وسیله الگوریتم یادگیری پس انتشار آموزش می بیند. شبکه های عصبی پرسپترون چند لایه به طور گسترده برای الگوهای طبقه بندی، تشخیص، پیش بینی و تخمین مورد استفاده قرار می گیرد. شبکه عصبی پرسپترون چند لایه می تواند مسائلی را حل کند که به طور خطی قابل تفکیک نیستند. همچنین تابع فعال سازی شامل یک تابع سیگموئید در لایه مخفی و یک تابع خطی در لایه خروجی است (Hydrology, 2000; Partal & Cigizoglu, 2008). استفاده از یک شبکه عصبی پرسپترون چند لایه با این ویژگی ها بسیار رایج می باشد، زیرا توانایی برون یابی را بهبود می بخشد. تعبیر ریاضی پرسپترون چند لایه به صورت معادله زیر است :

$$yj = f\left(\sum_{i=1}^N wji + bj\right) \quad (1)$$

۱-۲-۲- پارامترهای ورودی و خروجی شبکه عصبی پرسپترون چند لایه

پارامترهای ورودی به شبکه عصبی شامل وزن اولیه ماهی، بیومس، میزان غذا، میزان پروتئین خام جیره غذایی، میزان دبی آب، دمای آب و پارامترهای خروجی شامل آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد، کسپژن محلول و دی اکسید کربن بودند. چهار مدل جداگانه به وسیله شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه برای پیش بینی پارامترهای خروجی ساخته شد. پارامترهای ورودی در هر چهار مدل ثابت بودند و پارامترهای خروجی برای هر مدل تنها شامل یکی از پارامترهای خروجی بود.

۲-۲-۲- انتخاب ساختار مناسب مدل

ساختار مدل بهینه برای هر یک از چهار مدل از طریق یافتن تعداد نورون بهینه در لایه مخفی و هم چنین انتخاب الگوریتم آموزش مناسب و انتخاب نسبت های بهینه برای مجموعه های آموزش، تست و اعتبار سنجی از روش سعی و خطا و مقایسه معیارهای ارزیابی مدل مانند مجموع مربعات خطا و ضریب همبستگی حاصل شد.

۳-۲-۲- پردازش داده ها

قبل از آموزش شبکه، داده های اصلی نرمال سازی شدند. تمام داده ها به مقادیر بین ۰/۱ و ۰/۹ تبدیل شدند تا از قابلیت تعمیم پذیری پیش بینی شبکه اطمینان حاصل شود. دامنه نرمال هم چنین مانع از بیش آموزی در طی آموزش شبکه می شود. محاسبات را می توان به صورت زیر بیان کرد (Dogan, Sengorur, & Koklu, 2009) :

$$\bar{A}i = 0.8 \times \left[\frac{(Ai - Amin)}{(Amax - Amin)} \right] + 0.1 \quad (1)$$

جایی که $\bar{A}i$ یک متغیر شناخته شده است، $\bar{A}i$ مقدار نرمال شده است. Ai مقدار اندازه گیری شده را نشان می دهد، $Amax$ نشان دهنده حداکثر مقدار متغیر شناخته شده در کل مجموعه داده ها است و $Amin$ حداقل مقدار از متغیر شناخته شده است.

۴-۲-۲- معیارهای ارزیابی مدل

برای تحلیل عملکرد، پارامترهای زیر برای هر مدل محاسبه شده است.

۱- ریشه متوسط مربعات خطا (Singh, Basant, Malik, & Jain, 2009) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Ameasured - Apredicted)^2} \quad (2)$$

که در آن N تعداد مشاهدات، $Ameasured$ مقدار واقعی یا اندازه گیری شده و $Apredicted$ مقدار پیش بینی شده به وسیله مدل است.



$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (A_{predicted} - A_{measured})^2}{\sum_{i=1}^N (A_{measured} - \bar{A})^2} \quad (3)$$

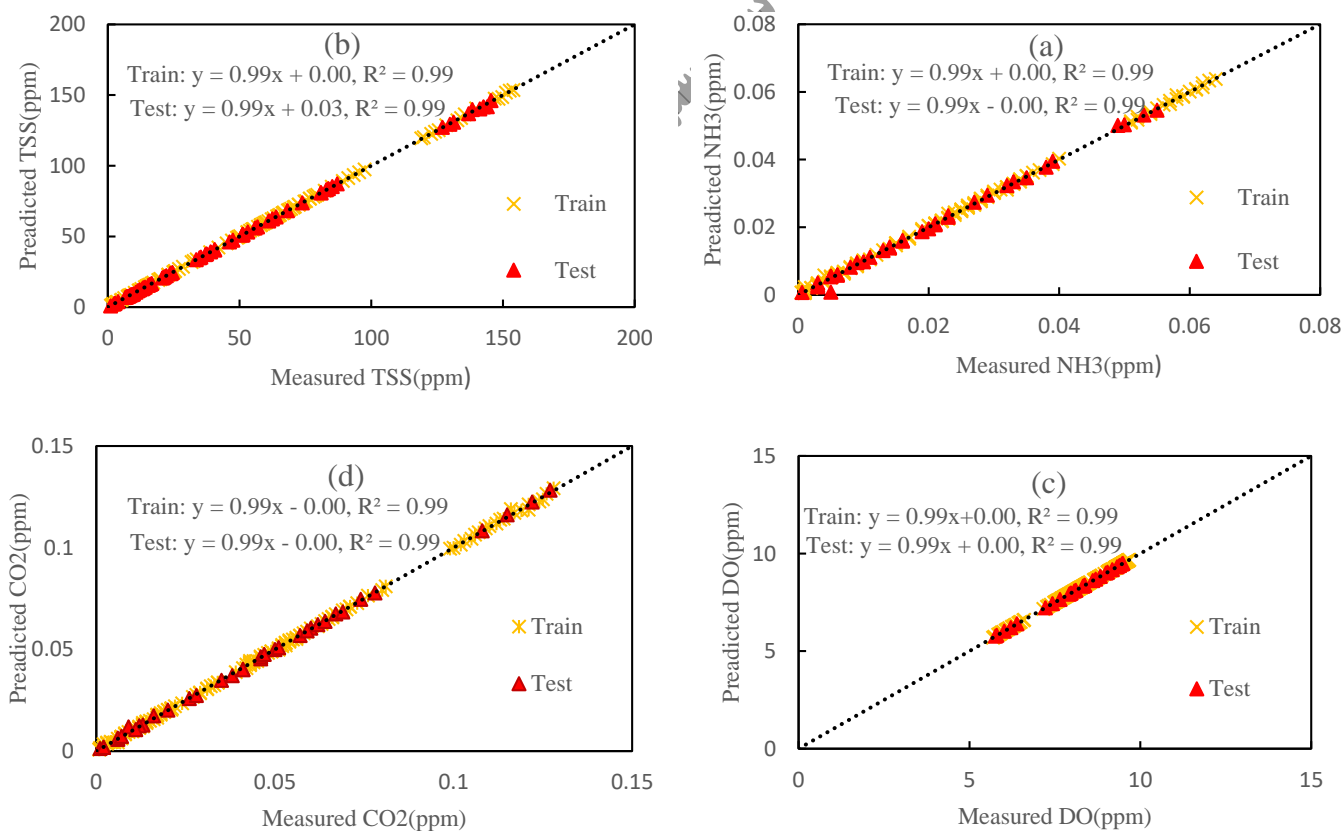
که در آن R^2 مقدار ضریب همبستگی است و \bar{A} نشان دهنده میانگین مقدار اندازه گیری شده است.

۳- نتایج و بحث

در این مقاله به کمک روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه مدلی جهت تخمین مقادیر اکسیژن محلول، دی اکسید کربن و آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد در یک سیستم متراکم تولید ماهی قزل آلی رنگین کمان ارائه شده است.

۳-۱- ارزیابی عملکرد شبکه عصبی پرسپترون چند لایه

نتایج ارزیابی توافق بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده چهار پارامتر آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد، اکسیژن محلول و دی-اکسید کربن در شکل ۲ برای دو مجموعه آموزش و تست آورده شده است. همان طور که نتایج تایید می کنند، توافق بسیار خوبی بین دو مجموعه داده واقعی و پیش بینی شده وجود دارد ($y = 0.99x + 0.00$). بنابراین شبکه عصبی به خوبی توانسته است رابطه بین متغیرهای وابسته و مستقل مورد مطالعه را برآزش نماید.



شکل ۲- ارزیابی توافق بین مقادیر واقعی و پیش بینی شده آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد، اکسیژن محلول و دی اکسید کربن با استفاده از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه

Figure 2: Evaluation of the agreement between the actual and predicted values of unionised ammonia, the total of suspended solids, dissolved oxygen and carbon dioxide using the MLP neural network



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



۲-۲- تحلیل حساسیت

به منظور بررسی تاثیر و اهمیت هر یک از متغیرهای مستقل بر تخمین متغیرهای خروجی شبکه عصبی از تکنیک تحلیل حساسیت استفاده شد. نتیجه تحلیل حساسیت در جدول ۱ برای هر یک از متغیرهای خروجی شامل آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد، اکسیژن محلول و دی‌اکسیدکربن آورده شده است. اگر حذف هر متغیر تاثیر منفی بر مقدار خطای پیش‌بینی مدل شبکه عصبی داشته باشد (خطا را افزایش دهد)، آن‌گاه آن متغیر از اهمیت زیادی در مدل‌سازی و پیش‌بینی خروجی برخوردار است. بر اساس نتایج بدست آمده، معیار ریشه میانگین مربعات خطا بیشترین تاثیر را از عدم حضور متغیرها در ورودی مدل داشته است. بنابراین تحلیل حساسیت بر اساس تغییرات این معیار انجام شد. همانطور که نتایج نشان می‌دهند، در تخمین میزان آمونیاک به ترتیب میزان غذا، میزان درصد پروتئین، بیومس، دبی، دما، وزن اولیه بیشترین تا کمترین تاثیر را داشتند. نتایج تحلیل حساسیت مدل مجموع مواد معلق جامد نشان داد به ترتیب بیشترین تا کمترین تاثیر مربوط به میزان غذا، وزن اولیه، دبی، بیومس، دما، پروتئین بود. همچنین نتایج تحلیل حساسیت مدل اکسیژن محلول نشان دهنده این بود که میزان غذا، دما، دبی، پروتئین، بیومس، وزن اولیه به ترتیب بیشترین تا کمترین تاثیر را در تغییر میزان اکسیژن محلول داشته‌اند و تحلیل حساسیت مدل دی‌اکسیدکربن نشان داد که میزان غذا، دما، پروتئین، بیومس، وزن اولیه، دبی به ترتیب بیشترین تا کمترین تاثیر را بر تغییر میزان دی‌اکسیدکربن داشتند.

جدول ۱- نتیجه تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه

Table 1. The result of the sensitivity analysis of the MLP neural network model

Variables	NH3(mg/l)	TSS(mg/l)	DO(mg/l)	CO2(mg/l)
	All	All	All	All
Input variables	All exclude x1	All exclude x1	All exclude x1	All exclude x1
	All exclude x2	All exclude x2	All exclude x2	All exclude x2
	All exclude x3	All exclude x3	All exclude x3	All exclude x3
	All exclude x4	All exclude x4	All exclude x4	All exclude x4
	All exclude x5	All exclude x5	All exclude x5	All exclude x5
	All exclude x6	All exclude x6	All exclude x6	All exclude x6
	RMSE	0.0000	1.0051	0.0424
0.0000		0.3059	0.0424	0.0000
0.0000		0.5493	0.0000	0.0000
0.0000		3.0929	0.0574	0.0000
0.0000		0.2563	0.0000	0.0000
0.0000		1.0152	0.0000	0.0000
0.0000		0.9956	0.0000	0.0000
R ²	0.9995	0.9996	0.9990	0.9995
	0.9993	1.0000	0.9991	0.9987
	0.9990	0.9998	1.0000	0.9992
	0.9955	0.9950	0.9976	0.9798
	0.9988	1.0000	1.0000	0.9989
	0.9995	0.9994	1.0000	0.9992
	0.9990	0.9995	1.0000	0.9995

۲-۳- معرفی ویژگی‌ها و کاربردهای مدل

با توجه به اهمیت پیش‌بینی پارامترهای کلیدی کیفیت آب در صنعت آبی‌پروری تا کنون مدل‌های مختلفی از جمله مدل‌های ریاضی (Anyadike, Mbajorgu, & Ajah, 2012)، رگرسیونی (Xu & Boyd, 2016)، شبکه عصبی (Ma, Song, Wan, Gao, & Jiang, 2014) و کامپیوتری (Anyadike & Ndulue, 2011) برای این منظور توسعه یافته‌اند. اما شبکه‌های عصبی به دلیل قابلیت پیش‌بینی روابط پیچیده غیرخطی، انعطاف‌پذیری، سرعت و دقت بیشتر نسبت به دیگر مدل‌ها بیشتر مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند و در این زمینه بسیار موفق عمل کرده‌اند. با وجود مدل‌های بسیار برای پیش‌بینی کیفیت آب در آبی‌پروری تا کنون مدلی به منظور مدل‌سازی کیفیت آب در پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان توسعه نیافته است. اما در کشورهایی مانند ایران که بخش زیادی از تولیدات آبی‌پروری مربوط به ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌باشد، نیاز به وجود چنین مدل هوشمندی به شدت وجود دارد و این کار می‌تواند گام مهمی در جهت ایجاد سیستم بی‌سیم و مکانیزه باشد و همچنین امکان ایجاد یک سیستم مدار بسته و کاهش قابل توجه در مصرف آب در سیستم تولید را فراهم کند. از کاربردهای دیگر این مدل می‌توان به امکان ایجاد هشدار زود هنگام در مواقع کاهش کیفیت آب و جلوگیری از وقوع بیماری‌ها و شیوع آن‌ها اشاره کرد.



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



۴- نتیجه گیری

آگاهی از وضعیت کیفیت آب و اقدام به موقع جهت حفظ کیفیت آب در محدوده مطلوب از وظایف اصلی آبی پروان است زیرا تنها در این صورت است که امکان تولید محصولات آبی با کمیت و کیفیت مناسب فراهم می شود. تغییر کیفیت آب بستگی به روابط و تعامل های بین پارامترهای بسیار کیفیت آب دارد. برخی از پارامترهای کیفیت آب به دلیل نقش مهم تر و تاثیر بیشتر بر کیفیت آب و زندگی آبزبان از اهمیت زیادی برخوردار می باشند و می توان آن ها را پارامترهای کلیدی کیفیت آب نامید. از طریق پیش بینی و کنترل این عوامل کلیدی می توان با صرف زمان و هزینه کمتری به کیفیت آب بهینه در سیستم های آبی پروری دست یافت. بنابراین در تحقیق حاضر پس از شناسایی آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد، اکسیژن محلول و دی اکسید کربن به عنوان پارامترهای کلیدی آب در پرورش ماهی قزل آلی رنگین کمان نسبت به پیش بینی مقادیر این پارامترها توسط شبکه عصبی پرسپترون چند لایه اقدام شد. نتایج نشان داد که مقادیر واقعی و مقادیر پیش بینی شده نزدیک به یکدیگر بودند و شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در پیش بینی پارامترهای کیفیت آب موفق بوده است. هم چنین در این تحقیق تاثیر میزان غذای مصرفی، درصد پروتئین، وزن اولیه و بیومس ماهی بر تغییر غلظت های پارامترهای کیفیت آب نیز مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد میزان غذای مصرفی مهم ترین عامل تغییر کیفیت آب در سیستم پرورش ماهی قزل آلی رنگین کمان می باشد. از این رو علاوه بر پارامترهای کیفیت آب عواملی مانند میزان مصرف غذا، نوع و ترکیب جیره غذایی، تراکم ذخیره سازی نیز باید در کنترل کیفیت آب در سیستم های آبی پروری مورد توجه قرار گیرند.

۵- تقدیر و تشکر

با تشکر از معاونت آموزشی دانشگاه فردوسی مشهد به دلیل حمایت مالی از طرح ۴۵۷۴۸.

۶- مراجع

- Anyadike, C., Mbajiorgu, C., & Ajah, G. (2012). Water Quality Management in Aquacultural Production using Aquasmat. *Special Publication of the Nigerian Association of Hydrological Sciences*, 246-256.
- Anyadike, C., & Ndulue, E. (2011). Computer program for predicting and managing water quality parameters for aquacultural production. *World Applied Sciences Journal*, 15, 717-721.
- Anyadike, C., Mbajiorgu, C., & Ajah, G. (2016). REVIEW OF AQUACULTURAL PRODUCTION SYSTEM MODELS. *Nigerian Journal of Technology*, 35(2), 448-457.
- Anyadike, C., & Ndulue, E. (2011). Computer program for predicting and managing water quality parameters for aquacultural production. *World Applied Sciences Journal*, 15, 717-721.
- Ahmadivand, S., Soltani, M., Mardani, K., Shokrpour, S., Rahmati-Holasoo, H., Mokhtari, A., & Hasanzadeh, R. (2016). Isolation and identification of viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) from farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Iran. *Acta tropica*, 156, 30-36.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), (2005). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Becke, C., Steinhagen, D., Schumann, M., & Brinker, A. (2017). Physiological consequences for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) of short-term exposure to increased suspended solid load. *Aquacultural Engineering*, 78, 63.
- Boyd, C. E., & Tucker, C. (1992). *Water Quality and Pond Soil Analyses for Aquaculture*. Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, Auburn, AL.
- Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). Ecology of aquaculture ponds. In *Pond Aquaculture Water Quality Management* (pp. 8-86): Springer.
- Dogan, E., Sengorur, B., & Koklu, R. (2009). Modeling biological oxygen demand of the Melen River in Turkey using an artificial neural network technique. *Journal of Environmental Management*, 90(2), 1229-1235.
- Hydrology, A. T. C. o. A. o. A. N. N. i. (2000). Artificial neural networks in hydrology. I: Preliminary concepts. *Journal of Hydrologic Engineering*, 5(2), 115-123.



یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران



انجمن مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران



Buali Sina University

Ma, Z., Song, X., Wan, R., Gao, L., & Jiang, D. (2014). Artificial neural network modeling of the water quality in intensive Litopenaeus vannamei shrimp tanks. *Aquaculture*, 433, 307-312.

Nourani, V., Kisi, Ö., & Komasi, M. (2011). Two hybrid artificial intelligence approaches for modeling rainfall-runoff process. *Journal of Hydrology*, 402(1-2), 41-59.

Partal, T., & Cigizoglu, H. K. (2008). Estimation and forecasting of daily suspended sediment data using wavelet-neural networks. *Journal of Hydrology*, 358(3-4), 317-331.

Ranković, V., Radulović, J., Radojević, I., Ostojić, A., & Čomić, L. (2010). Neural network modeling of dissolved oxygen in the Gruža reservoir, Serbia. *Ecological Modelling*, 221(8), 1239-1244.

Salari, M., Shahid, E. S., Afzali, S. H., Ehteshami, M., Conti, G. O., Derakhshan, Z., & Sheibani, S. N. (2018). Quality assessment and artificial neural networks modeling for characterization of chemical and physical parameters of potable water. *Food and Chemical Toxicology*, 118, 212-219.

Singh, K. P., Basant, A., Malik, A., & Jain, G. (2009). Artificial neural network modeling of the river water quality—a case study. *Ecological Modelling*, 220(6), 888-895.

Tsai, W.-P., Huang, S.-P., Cheng, S.-T., Shao, K.-T., & Chang, F.-J. (2017). A data-mining framework for exploring the multirelation between fish species and water quality through self-organizing map. *Science of the Total Environment*, 579, 474-483.

Xu, Z., & Boyd, C. E. (2016). Reducing the monitoring parameters of fish pond water quality. *Aquaculture*, 465, 359-366.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران



گواهی پذیرش و ارائه مقاله

یازدهمین کنگره ملی
مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران
۱۲ الی ۱۴ شهریور ماه ۱۳۹۷
11th National Congress on Biosystem
Engineering and Mechanization



پژوهشگران گرامی:

فیروزه حسینی گله زن، محمدرضا بیاتی، امید صفری و عباس روحانی

ضمن تشکر از حضور ارزشمند شما در "یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران" که در تاریخ ۱۲ الی ۱۴ شهریور ۱۳۹۷ توسط گروه مهندسی بیوسیستم دانشگاه بوعلی سینا همدان برگزار گردید، بدینوسیله گواهی می‌شود مقاله با عنوان "پیش‌بینی پارامترهای کلیدی کیفیت آب درسیستم متراکم پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (Oncorhynchus mykiss) به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی" توسط داوران منتخب کمیته علمی کنگره پذیرفته شده و در روز برگزاری به صورت **پوستر** ارائه گردیده است.

همچنین این مقاله در پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC) و مرجع دانش (CIVILICA) نمایه می‌گردد. توفیق روز افزون شما را در عرصه‌های علمی و اجرایی کشور عزیزمان ایران آرزو مندیم.

دبیر اجرایی کنگره
دکتر حسین حاجی آقا علیزاده

دبیر علمی کنگره
دکتر ابراهیم احمدی

