یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک
بیوسیستم و مکانیزاسیون ایران

پیش‌بینی پارامترهای کلیدی کیفیت آب درسیستم متراکم پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین کمان(*Oncorhynchus mykiss*) به کمک شبکه‌های عصبی مصنوعی

فیروزه حسینی گله زن[۱]، محمدرضا بیاتی[۲]، امید صفری*[۳]، عباس روحانی[۴]

[۱]دانشجو کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، firouzeh.hosseini@mail.um.ac.ir
[۲] استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، bayati@um.ac.ir
[۳] استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، Omidsafari @um.ac.ir
[۴] استادیار، دانشگاه فردوسی مشهد، arohani@um.ac.ir

چکیده

وابستگی همه جانبه فعالیت‌های آبزی‌پروری به وضعیت کیفیت آب باعث شده است که پیش‌بینی و کنترل کیفیت آب به یک امر ضروری و اجتناب‌ناپذیر تبدیل شود. از این رو در این مطالعه از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه[۱] به منظور پیش‌بینی پارامترهای کلیدی کیفیت آب در پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان استفاده گردید. اکسیژن محلول، دی‌اکسیدکربن و آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد به دلیل نقش حیاتی که در تولید ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان 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 می‌باشد. هم‌چنین 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 می‌توان در کنترل مقدار غذای مصرفی، تراکم ذخیره‌سازی، میزان هوادهی در یک سیستم متراکم پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان استفاده نمود.

کلمات کلیدی: شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، قزل‌آلای رنگین‌کمان، کیفیت آب.

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

Firoozeh Hosseini Galezan [1] , Mohammad Reza Bayati [2] ,Omid Safari*[3], Abbas Rouhani [4]

[1]MSc Student, Ferdowsi University of Mashhad, firouzeh.hosseini@mail.um.ac.ir
[2]Assistant Professor, Ferdowsi University of Mashhad, bayati@um.ac.ir
[3]Assistant 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

[1]Multilayer perceptron(MLP)

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 آبزی‌پروری 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 آبزی‌پروری 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) یکی از مهم‌ترین مزایای شبکه‌های عصبی 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[1] برای پیش‌بینی کیفیت آب در استخرهای متراکم میگو (*Litopenaeus vannamei*) استفاده شد. مدل با استفاده از نه پارامتر دمای آب، pH، آمونیاک، نیتریت، 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 قلیایت 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 قزل آلای رنگین کمان است.

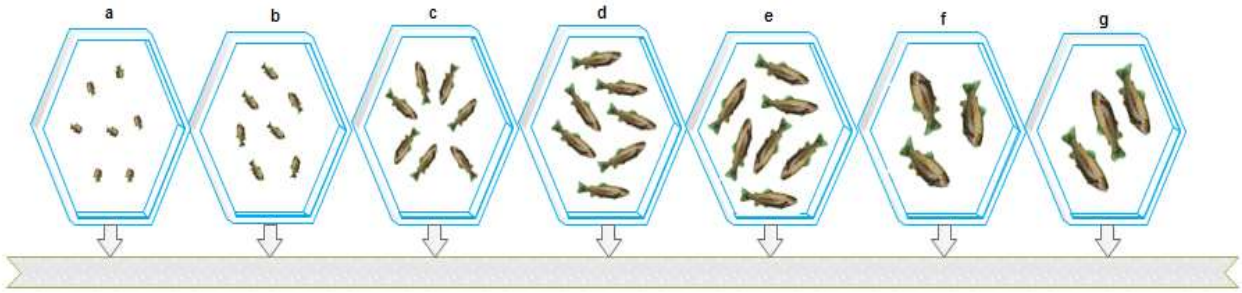
[1] BackPropagation Neural Network (BP-NN)

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 یکسان می‌باشند. ایستگاه اول دارای ۳۰۰۰ قطعه ماهی۵ گرمی، ایستگاه دوم دارای ۳۰۰۰ قطعه ماهی۲۵ 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



شکل۱- 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 اشتها 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 گرفته اند (Kurunç, Yürekli, & Cevik, 2005; Salami Shahid & Ehteshami, 2016) 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

ساختار ریاضی بسیار انعطاف‌پذیر 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 پیش‌خور پرسپترون چند لایه در بین پارادایم‌های بسیار شبکه عصبی بسیار معروف است و معمولا از تکنیک خطای پس انتشار برای موقعیت آموزش استفاده می‌کند. پیش‌خور به این معنی است که جریان داده‌ها از یک جهت از لایه ورودی به لایه خروجی می‌باشد. این نوع از شبکه به وسیله الگوریتم یادگیری پس انتشار آموزش می‌بینند. شبکه‌های عصبی پرسپترون چند لایه به طور گسترده برای الگوی‌های طبقه‌بندی، تشخیص، پیش‌بینی و تخمین مورد استفاده قرار می‌گیرد. شبکه عصبی پرسپترون چندلایه می‌تواند مسائلی را حل کند که به طور خطی قابل تفکیک نیستند. همچنین تابع فعال‌سازی شامل یک تابع سیگموییدد 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 ویژگی‌ها بسیار رایج می‌باشد، زیرا توانایی برون‌یابی را بهبود می‌بخشد. تعبیر ریاضی پرسپترون چند لایه به صورت معادله زیر است :

$$yj = f(\sum_{i=1}^{N} wji + bj) \qquad (۱)$$

۲-۲-۱- 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، کسیژن محلول و دی‌اکسیدکربن بودند. چهار مدل جداگانه به وسیله شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه برای پیش‌بینی 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 نسبت‌های بهینه برای مجموعه‌های آموزش، تست و اعتبار سنجی از روش سعی و خطا و مقایسه معیارهای ارزیابی مدل مانند مجموع مربعات خطا و ضریب همبستگی حاصل شد.

۲-۲-۳- پردازش داده‌ها

قبل از آموزش شبکه، داده‌های اصلی نرمال‌سازی شدند. تمام داده‌ها به مقادیر بین ۰/۱ و ۰/۹ تبدیل شدند تا از قابلیت تعمیم‌پذیری پیش‌بینی شبکه اطمینان حاصل شود. دامنه نرمال هم‌چنین مانع از بیش‌آموزی در طی آموزش شبکه می‌شود. محاسبات را می‌توان به صورت زیر بیان کرد : (Dogan, Sengorur, & Koklu, 2009)

$$\bar{A}i = 0.8 \times \left[\frac{(Ai - Amin)}{(Amax - Amin)}\right] + 0.1 \qquad (۱)$$

جایی که i یک متغیر شناخته شده است، $\bar{A}i$ مقدار نرمال شده است. Ai مقدار اندازه‌گیری شده را نشان می‌دهد، Amax نشان دهنده حداکثر مقدار متغیر شناخته شده در کل مجموعه داده‌ها است و Amin حداقل مقدار از متغیر شناخته شده است.

۲-۲-۴- معیارهای ارزیابی مدل

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

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

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Ameasured - Apredicted)^2} \qquad (۲)$$

که در آن N تعداد مشاهدات، Ameasured مقدار واقعی یا اندازه‌گیری شده و Apredicted مقدار پیش‌بینی شده به وسیله مدل است.

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

۲- ضریب همبستگی (Ranković, Radulović, Radojević, Ostojić, & Čomić, 2010) :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{N}(Apredicted - Ameasured)^2}{\sum_{i=1}^{N}(Ameasured - \bar{A})^2} \quad (۳)$$

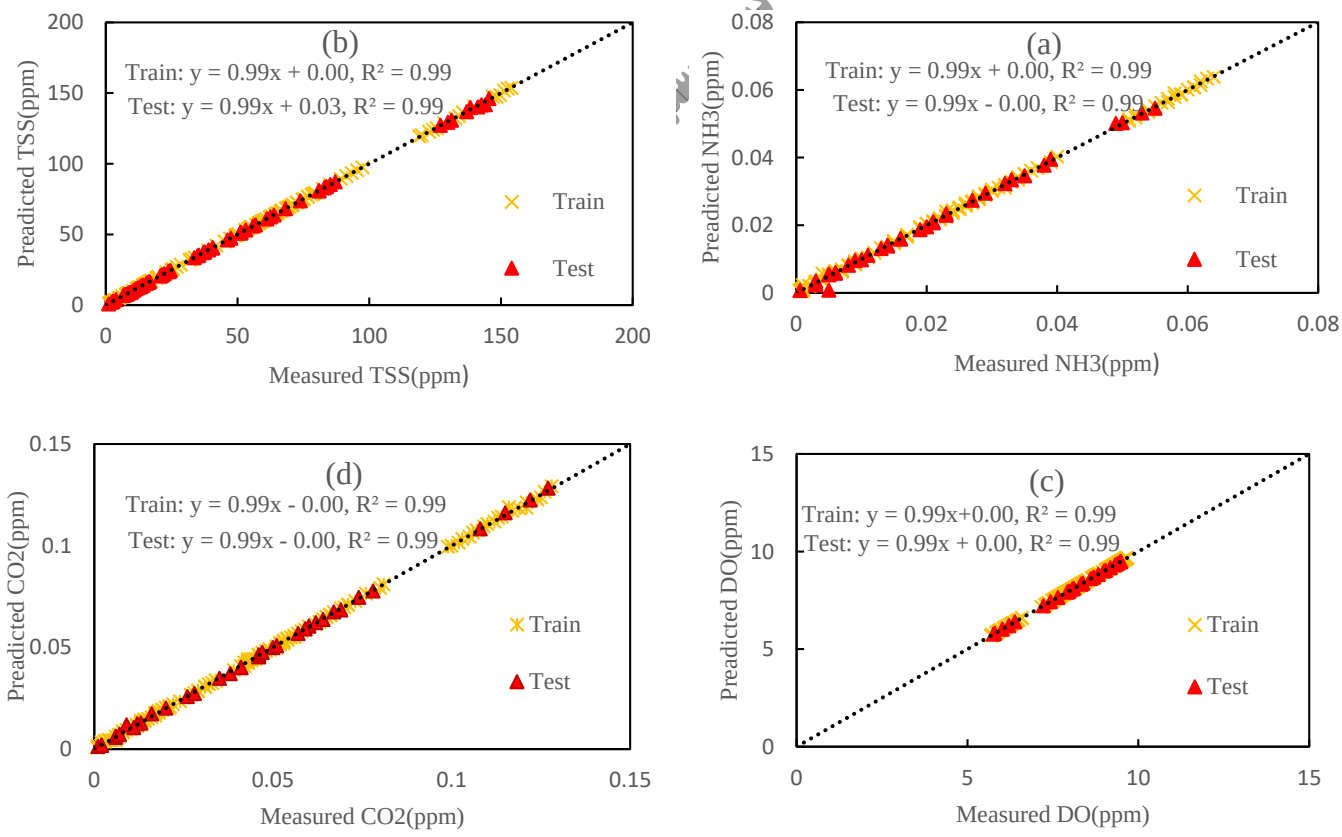
که در آن R^2 مقدار ضریب همبستگی است و $\bar{A}$ نشان‌دهنده میانگین مقدار اندازه‌گیری شده است.

۳- نتایج و بحث

در این مقاله به کمک روش شبکه عصبی پرسپترون چند لایه مدلی جهت تخمین مقادیر اکسیژن محلول، دی‌اکسیدکربن و آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد در یک سیستم متراکم تولید ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ارائه شده است.

۳-۱- ارزیابی عملکرد شبکه عصبی پرسپترون چند لایه

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



شکل ۲- ارزیابی توافق بین مقادیر واقعی و پیش‌بینی شده آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد، اکسیژن محلول و دی‌اکسیدکربن 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

۳-۲- 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.

جدول۱- 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)
Input variables	All	All	All	All
	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
	0.0000	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

۳-۳- معرفی ویژگی‌ها و کاربردهای مدل

با توجه به اهمیت پیش‌بینی پارامترهای کلیدی کیفیت آب در صنعت آبزی‌پروری تا کنون مدل‌های مختلفی از جمله مدل‌های ریاضی(Anyadike, Mbajiorgu, & 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 کرده اند. با وجود مدل‌های بسیار برای پیش‌بینی کیفیت آب در آبزی‌پروری 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 آبزی‌پروری 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 ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

۴- نتیجه‌گیری

آگاهی از وضعیت کیفیت آب و اقدام به موقع جهت حفظ کیفیت آب در محدوده مطلوب از وظایف اصلی آبزی‌پروان است زیرا تنها در این صورت است که امکان تولید محصولات آبزی با کمیت و کیفیت مناسب فراهم می‌شود. تغییر کیفیت آب بستگی به روابط و تعامل‌های بین پارامترهای بسیار کیفیت آب دارد. برخی از پارامترهای کیفیت آب به دلیل نقش مهم‌تر و تاثیر بیشتر بر کیفیت آب و زندگی آبزیان از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشند و می‌توان آن‌ها را پارامترهای کلیدی کیفیت آب نامید. از طریق پیش‌بینی و کنترل این عوامل کلیدی می‌توان با صرف زمان و هزینه کمتری به کیفیت آب بهینه در سیستم‌های آبزی‌پروری دست یافت. بنابراین در تحقیق حاضر پس از شناسایی آمونیاک یونیزه نشده، مجموع مواد معلق جامد، اکسیژن محلول و دی‌اکسیدکربن به عنوان پارامترهای کلیدی آب در پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به پیش‌بینی مقادیر این پارامترها توسط شبکه عصبی پرسپترون چند لایه اقدام شد. نتایج نشان داد که مقادیر واقعی و مقادیر پیش‌بینی شده نزدیک به یکدیگر بودند و شبکه عصبی پرسپترون چند لایه در پیش‌بینی پارامترهای کیفیت آب موفق بوده است. هم چنین در این تحقیق تاثیر میزان غذای مصرفی، درصد پروتئین، وزن اولیه و بیومس ماهی بر تغییر غلظت‌های پارامترهای کیفیت آب نیز مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد میزان غذای مصرفی مهم‌ترین عامل تغییر کیفیت آب در سیستم پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌باشد. از این رو علاوه بر پارامترهای کیفیت آب عواملی مانند میزان مصرف غذا، نوع و ترکیب جیره غذایی ، تراکم ذخیره‌سازی نیز باید در کنترل کیفیت آب در سیستم‌های آبزی‌پروری 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 an d managing water quality parameters for aquacultural production. *World Applie d 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 an d managing water quality parameters for aquacultural production. *World Applie d Sciences Journal, 15*, 717-721.

Ahmadivand, S., Soltani, M., Mardani, K., Shokrpoor, 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 Qualitty 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.

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 (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران