تعیین کدورت آب استخر پرورش ماهی به کمک پردازش تصویر

سجاد حیدری[۱]، اسماعیل میرزایی قلعه[*۲]، حکمت ربانی[۳]، فرشاد وصالی[۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛ sajad_heidari@yahoo.com

[*۲] استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛ e.mirzaee@razi.ac.ir

[۳] دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛ hrabbani2010@gmail.com

[۴] استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛ f.vesali@ut.ac.ir

چکیده

با توجه به منابع محدود آب شیرین در کره زمین و ضرورت آبزی‌پروری در آب شیرین جهت حفظ ذخایر آبزیان دریایی، کنترل کیفیت آب استخرهای پرورش ماهی لازم به نظر می‌رسد زیرا با کاهش کیفیت آب کیفیت محصول کاهش یافته و سود کم‌تر می‌شود. در تحقیق حاضر به منظور ارزیابی کدورت استخرهای پرورش ماهی پارامتر کدورت آب به کمک روش استاندارد تعیین و به کمک روش پردازش تصویر و شبکه‌های عصبی مصنوعی مورد بررسی و شبیه سازی قرار گرفت. بر اساس نتایج، شبکه با ساختار نهایی ۱-۱۵-۱۲ به عنوان بهترین ساختار انتخاب شد. برای این ساختار پارامترهای آماری R^2 و RMSE به ترتیب برابر ۰/۹۵۸ و ۰/۲۶۲ به دست آمد که نشان می‌دهد پیش‌بینی کدورت آب با دقت بالا صورت گرفته است.

واژه‌های کلیدی: پردازش تصویر، پرورش ماهی، شبکه عصبی مصنوعی، کدورت آب

Determining of water turbidity in fish pond by image processing

Sajad Heidari[1], Esmaeil Mirzaee -Ghaleh[2*], Hekmat Rabbani[3], Farshad Vesali[4]

[1] M.Sc. Student, Mechanical Engineering of BioSystems Department, Razi University, Kermanshah, Iran, sajad_heidari@yahoo.com

[*2] Assistant Professor, Mechanical Engineering of BioSystems Department, Razi University, Kermanshah, Iran, e.mirzaee@razi.ac.ir

[3] Associate Professor, Mechanical Engineering of BioSystems Department, Razi University, Kermanshah, Iran, hrabbani2010@gmail.com

[4] Assistant Professor, Mechanical Engineering of BioSystems Department, Razi University, Kermanshah, Iran, f.vesali@ut.ac.ir

Abstract:

According to the limited resources of sweet water on earth and necessity of aquaculture in fresh water in order to keep marine resources, Water quality control is required for fish farming ponds because with decreasing water quality, the quality of the product dropped in this research, in order to evaluate the water turbidity in fish ponds, turbidity was determined by standard method and predicted by image processing and artificial neural network. Based on the results, the network with structure of 12-15-1 was the best model with R^2 and RMSE of 0.958 and 0.262, respectively.

Keywords: Artificial neural network, Breeding fish, Image processing, Turbidity.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۸۳۳۸۳۳۱۶۶۲ Email: e.mirzaee@razi.ac.ir

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

۱- مقدمه

با افزایش جمعیت جهان و کاهش سطح اراضی کشاورزی، تأمین غذا و دستیابی به منابع غذایی جدید به یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های انسان تبدیل شده است. پرورش ماهی می‌تواند به عنوان یک روش مناسب برای تأمین نیازهای پروتئینی انسان مورد توجه قرار گیرد (Mashaei, 2007) یکی از مهم‌ترین اجزای رژیم غذایی روزانه انسان پروتئین است که باید در روز، تقریباً به میزان یک گرم به ازای هر کیلوگرم وزن بدن تأمین شود. پروتئین هم از منابع حیوانی و هم از منابع گیاهی تأمین می‌شود. منابع گیاهی با وجود منابع سرشار پروتئین در مقایسه با پروتئین حیوانی به علت نداشتن یک یا چند اسید آمینه از نظر تغذیه‌ای ارزش کمتری دارند. پروتئین ماهی دارای تمام اسیدهای آمینه‌ی ضروری از جمله متیونین و لیزین هستند. از طرفی برخی مشکلات مانند رشد سریع جمعیت، قیمت بالای تولید و عرضه، میزان بالای کلسترول و نقش آن در افزایش اوره خون و غیره مانع استفاده بیشتر مردم از گوشت قرمز می‌شود. از این رو توجه به تأمین پروتئین حیوانی از طریق آبزی پروری در حال توسعه است (Karimzadeh et al., 2006). مصرف گوشت سفید در مقایسه با گوشت قرمز ارزش غذایی بیشتر و عوارض سوء کمتری دارد. گوشت ماهی از نظر کیفی جزء سالمترین مواد غذایی به شمار می‌رود. در ایران پس از مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی که بیشتر به دلیل چاقی است؛ مهمترین دلیل سوء تغذیه، ناامنی غذایی است. چون مصرف انرژی و پروتئین حیوانی در سبد غذایی خانوار ایرانی کمتر از میزان استاندار آن است (Sadeghi, 2001). پرورش ماهی در ایران از نظر منابع داخلی، سودآوری فراوان، امکان نوآوری در آن، نرخ بالای بازگشت سرمایه و سادگی فناوری تولید رشد قابل توجهی داشته است اما با وجود مزایای فراوانی که در صنعت آبزی پروری وجود دارد در سبد غذایی خانوارهای ایرانی در مقایسه با سایر گوشت‌ها پایین است. به طوری که سرانه مصرف ماهی در دنیا ۱۶ کیلوگرم و در ایران ۶ کیلوگرم گزارش داده شده است (Salehi, 2005). گسترش و توسعه‌ی چشمگیر صنعت آبزی پروری در ایران در سال‌های اخیر منابع آب‌های شیرین کشور را تهدید کرده است. کیفیت خوب آب در مزارع پرورش ماهی، کیفیت و تولید ماهی را افزایش می‌دهد (Farzanfar, 2005). کیفیت آب در آبزی‌پروری نقش مهمی را در زندگی و سلامت ماهی ایفا می‌کند که به طور غیر مستقیم به سلامت انسان مربوط می‌شود. غذاهای مورد مصرف آبزیان در سلامت آنها نقش مهمی دارند، اما اگر استفاده از آنها بدون برنامه باشد، باعث ایجاد شرایط نامساعد زیستی میشود، زیرا در فرآیند تجزیه آنها، گازهای مضر وارد محیط آبی می‌شود. برقرار کردن تعادل کیفیت آب مهارتی فنی در آبزی‌پروری است که تعدیل این شرایط به وسیله اضافه کردن آب تازه به آب استخر، هوادهی و غیره صورت می‌گیرد که علاوه بر امکانات و تجهیزات آزمایشگاهی نیاز به زمان زیادی دارد (Sharma and Bhukhar., 2000). یکی از موضوعات مهم و مورد توجه امروزی در صنعت آبزی پروری مربوط به شناسایی آلاینده‌های آب مزارع پرورش ماهی است که این آلاینده‌ها به طور مستقیم یا غیر مستقیم در نهایت وارد چرخه‌ی غذایی انسان می‌گردند و اثر جبران ناپذیری را از خود برجای می‌گذارند. با توجه به این که صنایع آبزی پروری یکی از صنایع مهم در جهان به شمار می‌رود؛ با گسترش و افزایش تولیدات مزارع پرورش ماهی حجم قابل توجهی از پساب این مزارع که حاوی ترکیبات سمی و سرطان‌زا می‌باشد وارد منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌گردند (Cole et al., 2009). صنعت آبزی پروری تأثیر بسیاری بر محیط زیست دارد. از مهم‌ترین موضوعات مهم در صنعت آبزی پروری می‌توان به عواملی مانند دما، کدورت، اکسیژن، ذرات جامد، pH و هدایت الکتریکی آب اشاره نمود که زندگی ماهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Mehrabi et al., 2011). مطالعات مختلفی در زمینه بررسی کیفیت آب استخرهای پرورش ماهی و رودخانه‌ها انجام شده است از جمله: در تحقیقی برای کاهش پارامترهای هشداردهنده‌ی کیفیت آب استخر پرورش ماهی پارامترهایی مانند کل مواد معلق[3](Tss)، کدورت[4](Tur)، نیتروژن کل[5](TN)، فسفر کل[6](TP)، مواد معلق آلی[7](POM)، غلظت مواد جامد[8](SS) و نیاز به اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی(BOD) را در ۵۰ استخر پرورش ماهی مورد بررسی قرار دادندکه POM به عنوان متغیر مناسب برای ارزیابی کیفیت آب استخر پرورش ماهی انتخاب شد (Zhongneng and Claude., 2016). در تحقیقی بر روی پارامترهای شیمیایی و کیفی آب در اکوسیستم طبیعی کوسه آب بند (در غرب منطقه) و سر آب بندان (در شرق منطقه) انجام گردید و نتایج با یکدیگر و شرایط استاندارد مقایسه شدند. که از جمله فاکتورهای هیدروشیمیایی[9]TDS، EC[10]؛pH[11]؛DO و کدورت آب بند بودند که نتایج بدست آمده نشان داد بیشتر پارامترهای هیدروشیمیایی آب نرمال بودند و دلیل این‌که برخی از پارامترها با مقدار استاندارد تفاوت داشتند به مدیریت نادرست شیلاتی و زیست محیطی مربوط می‌شد (Jamali et al.,

[3] Total Suspended Solids
[4] Turbidity
[5] Total Nitrogen
[6] Total Phosphorus
[7] Particulate Organic Matter
[8] Settleable Solids
[9] Total Dissolved Solids
[10] Electrical Conductivity
[11] Dissolved Oxygen

2011). نوشادی و همکاران (Noushadi et al., 2007)، در پژوهشی برخی پارامترهای کیفی آب شامل هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، اسیدیته، بی کربنات و کلراید از ابتدا تا انتهای رودخانه‌ی زاینده رود را با سیستم شبکه‌های مصنوعی مورد بررسی و شبیه سازی قرار دادند و تغییرات کیفیت آب در طول این رودخانه را مورد بررسی قرار دادند. با مقایسه‌ی داده‌های مشاهده شده و شبیه سازی شده مشخص شد که پیش‌بینی کیفیت آب توسط شبه‌ی عصبی برای هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، اسیدیته و بی کربنات در حد خیلی خوب و برای کلراید در حد خوبی صورت گرفته است. در تحقیقی جهت بررسی شرایط کیفی آب برای پرورش ماهی کپور معمولی از یک دستگاه هوشمند طراحی و ساخته شده‌ی ابداعی استفاده شد. این دستگاه مجهز به تجهیزات اتوماسیون صنعتی و حسگرهای حساس و دقیق به سه پارامتر مهم دما، اکسیژن و pH بود. نتایج بدست آمده نشان داد که این دستگاه می‌تواند در مدیریت استخرهای پرورش ماهی کارایی بالایی داشته و به افزایش بهره وری در صنعت آبزی‌پروری کمک کند (Vosoughi et al., 2012). برخی از پارامترهای کیفی آب استخر پرورش ماهی از جمله کدورت با توجه به شرایط استخر از جمله بزرگی و تراکم ماهی در استخر باید به صورت روزانه یا هفتگی مورد ارزیابی قرار بگیرند. اما روش‌های سنتی امروزی برای اندازه‌گیری این پارامترها زمان‌بر و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد، همچنین ممکن است دچار خطای انسانی گردد. لذا هدف از این پژوهش استفاده از روش پردازش تصویر به عنوان روشی دقیق و کارا برای تعیین کدورت آب استخر پرورش ماهی کپور می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- اندازه‌گیری کدورت آب

کلیه آزمایش‌ها در استخر پرورش ماهی کپور در شهرستان سنقر در استان کرمانشاه انجام شد. نمونه‌ها از سه عمق سطح آب، عمق یک متری و کف استخر پرورش ماهی (ارتفاع ۲ متری) انتخاب شدند. کدورت (Turb) آب استخر پرورش ماهی توسط روش استاندارد برای نمونه مربوطه اندازه‌گیری و ثبت شد. مقادیر کدورت (Turb) توسط دستگاه کدورت سنج پرتابل مدل Lovibond TB210 IR تعیین گردید. به این ترتیب که ابتدا با استفاده از محلول کالیبراسیون (۰/۱، ۲۰، ۲۰۰، ۸۰۰ NTU) دستگاه را کالیبره و سپس سل شیشه‌ای نشان دار شده را کاملا با نمونه پر کرده و در آن را محکم بسته شد. در ضمن باید توجه نمود که جداره‌ی بیرونی شیشه‌ها کاملا تمیز و خشک باشد. سپس سل را داخل محفظه‌ی دستگاه گذاشته و مقدار کدورت اندازه گیری گردید.

Figure 1. Turbidity meter

شکل ۱- دستگاه کدورت سنج

۲-۲- روش تصویربرداری

نمونه‌های آب در داخل جعبه شیشه‌ای با ابعاد cm^3 ۱۵×۲۵×۲۵ قرار داده شد و از تلفن همراه هوشمند مدل سونی (Xperia XA1 Ultra G3212) با دوربین ۲۳ مگاپیکسل برای تصویربرداری از نمونه‌ها استفاده شد. با توجه به شفاف بودن آب از تصویر پیش زمینه‌ای که ترکیبی از تصاویر استاندارد جهت تست و ارزیابی دوربین‌های دیجیتال است، استفاده شد (شکل۲). گوشی تلفن همراه به طور کامل به شیشه‌ی اکواریوم چسبانده و توسط ریموت بلوتوث مونوپاد مدل YUNTENG YT-1288 از نمونه تصویر برداری شد (شکل۳).

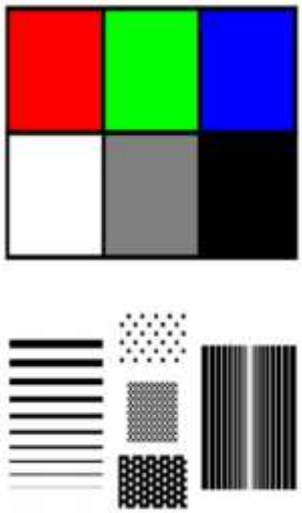

Figure 2. The Background image mounted on the tank

شکل ۲- تصویر پس زمینه نصب شده بر روی مخزن

Figure 3. How to take image with a mobile phone

شکل ۳- نحوه تصویربرداری با گوشی تلفن همراه

به منظور ایجاد تغییر در نمونه‌های انتخاب شده، پس از انجام هر آزمایش، بخشی از آب مخزن با آب تمیز جایگزین می‌شد و این جایگزینی تا رسیدن به کدورت تقریبی آب تمیز انجام شد. به این ترتیب حدود ۱۵۰ تصویر از سه موقعیت سطح آب، عمق یک متری و کف استخر گرفته شد. به منظور آنالیز تصاویر، تصاویر گرفته شده توسط کابل USB به کامپیوتر منتقل شدند. برای حذف بخش‌های اضافی تصویر و نیز کاهش حجم کار پردازش تصویر، قسمت رنگی تصاویر با ابعاد ۱۴۶۰×۲۲۰۰ پیکسل و قسمت خاکستری تصاویر با ابعاد ۱۲۰۰×۲۲۰۰ پیکسل و با فرمت JPEG با استفاده از دستور برش نرم افزار فتوشاپ و در قالب مدل رنگی RGB به دست آمد.

در این پژوهش به منظور پیش‌بینی و تعیین کدورت آب از ساختار شبکه عصبی مصنوعی با الگوریتم پرسپترون چندلایه پس انتشار خطا استفاده شد. ۱۲ مولفه استخراج شده از تصاویر نمونه‌ها به عنوان نرون های لایه ورودی در نظر گرفته شد. جهت افزایش سرعت آموزش الگوریتم یک لایه پنهان برای شبکه در نظر گرفته شد. از تابع فعال سازی سیگموئید برای لایه پنهان استفاده گردید. تعداد نرون‌ها در لایه پنهان بر اساس سعی و خطا تعیین شد. پارامتر کیفی کدورت آب به عنوان نرون لایه خروجی در نظر گرفته شد. ارزیابی عملکرد شبکه های طراحی شده با استفاده از میانگین

مربعات خطا (RMSE)[1] و ضریب تبیین (R^2)[2] تعیین شد. جهت اجرای شبکه، داده‌ها به سه زیر مجموعه آموزش (۷۰درصد)، اعتبارسنجی (۱۵درصد) و آزمایش(۱۵درصد) تقسیم گردید.کلیه‌ی برنامه نویسی‌های لازم جهت پردازش تصاویر و شبکه عصبی مصنوعی توسط نرم‌افزار متلب نسخه R 2014a انجام شد.

۳- نتایج و بحث

مقادیر بیشینه و کمینه کدورت آب اندازه‌گیری شده در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که مشخص است دامنه‌ی تغییرات کدورت(Turb) در آب استخر پرورش ماهی در محدوده ۶/۰۸-۱/۰۳ NTU بود. مقدار کدورت برای آب تمیز منطقه مورد آزمایش ۰/۹۳ NTU اندازه‌گیری شد. همچنین براساس نتایج جدول ۱ مشخص است که مقدار کدورت با افزایش عمق زیاد شده است.

جدول ۱- مقادیر بیشینه و کمینه کدورت آب در عمق‌های مختلف نمونه برداری

Table 1- The values of the Maxima and minima of the turbidity water in the depth of sampling

	سطح آب		عمق یک متری		کف استخر	
پارامتر	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه	کمینه	بیشینه
Turb (NTU)	1.03	5.96	1.19	6.02	1.93	6.08

برای آموزش شبکه عصبی مصنوعی، تعداد نرون‌های لایه پنهان به منظور کسب بیشترین ضریب تبیین و کم‌ترین خطای جذر میانگین مربعات از طریق سعی و خطا تعیین شد. همان‌طورکه در جدول ۲ مشاهده می‌شود تغییر تعداد نرون‌های لایه‌های مخفی از ۱۳ الی ۱۶ مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت با مقایسه اطلاعات به دست آمده از خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) و ضریب تبیین (R^2) شبکه‌های مختلف، شبکه با ۱۵ نرون در لایه پنهان از حداقل انحراف معیار برخوردار است و نتایج آن ثبات بیشتری دارد. لذا پس از آموزش شبکه‌های مختلف، ساختار نهایی شبکه ۱-۱۵-۱۲ یعنی ۱۲ نرون در لایه ورودی، ۱۵ نرون در لایه پنهان و یک نرون در لایه خروجی مناسب تشخیص داده شد. مقدار R^2 این ساختار برای پارامتر کدورت برابر ۰/۹۵۸ بود. (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی پارامتر کیفی کدورت

Table 2- Results artificial neural network to predict the turbidity quality parameter

ردیف	ساختار	R^2	RMSE
		Turb	Turb
1	12-13-4	0.930	0.340
2	12-14-4	0.888	0.431
3	**12-15-4**	**0.958**	**0.262**
4	12-16-4	0.904	0.399

کدورت به میزان نفوذ نور در آب (عمق دید) گفته می‌شود که افزایش شفافیت در مزارع سرد آبی مناسب‌تر است. مقدار متوسط کدورت آب با توجه به میزان فعالیت آبزیان در مزارع پرورش ماهی دارای نوسان می‌باشد و در محدوده ۶ تا ۷۶ NTU گزارش شده است (Boyd, 1990). براساس نتایج تحقیق حاضر مقدار کدورت برای سه سطح مورد مطالعه در محدوده‌ی ۶/۰۸- ۱/۰۳ NTU می‌باشد که در مقایسه با استخرهای مورد مطالعه میزان کدورت در سطح مناسبی قرار داشت. منحنی تغییرات مقادیر کدروت پیش بینی شده در برابر مقادیر اندازه گیری شده در شکل ۴ آورده شده است. همانطور که مشخص است ضریب تبیین مدل در پیش‌بینی پارامتر کدورت به کمک مؤلفه‌های استخراج شده از تصاویر، ۰/۹۵۸ می‌باشد.

[1] Root mean square error
[2] Correlation coefficient

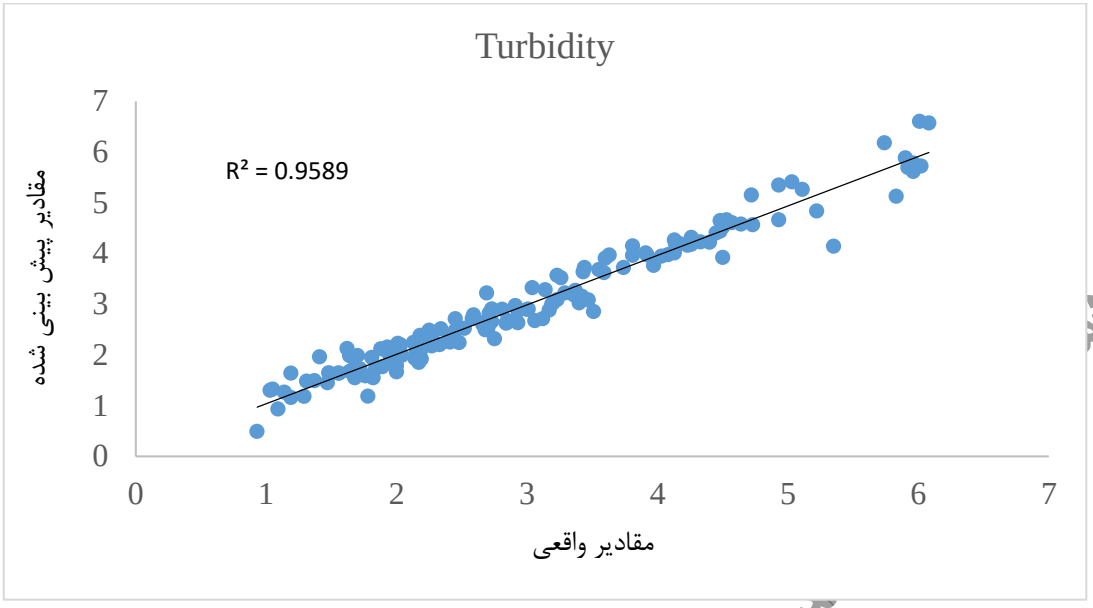

Figure 4. The curve of variations of the predicted values against the measured values for the Turbidity (Turb) parameter

شکل ۴. منحنی تغییرات مقادیر پیش بینی شده در برابر مقادیر اندازه گیری شده برای پارامتر کدورت

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش عملکرد روش پردازش تصویر برای پیش‌بینی پارامتر کدورت آب استخر پرورش ماهی کپور مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به داد ه‌های موجود و مقادیر شبیه سازی شده دامنه تغییرات کدورت در محدوده‌ی ۱/۰۳-۶/۰۸ NTU بود که نشان‌دهنده‌ی این است که کدورت آب استخر پرورش ماهی در حد قابل قبولی بوده است. پیش‌بینی کیفیت آب توسط شبکه‌ی عصبی برای پارامتر کدورت با توجه به معیارهای آماری RMES و R^2 که در بهترین مدل به ترتیب برابر ۰/۹۵۸ و ۰/۲۶۲ بودند بیانگر مناسب بودن این پیش‌بینی می‌باشد.

۴- تقدیر و تشکر

از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه رازی، هنرستان کشاورزی شهرستان سنقر و اداره آب و فاضل آب شهرستان سنقر و کلیایی تشکر می‌گردد.

۵- مراجع

Boyd, C. E. (1990). Water quality in ponds for aquaculture. Agriculture Experiment Station, Auburn University, Alabama, 482 pages.

Cole, D. W., Cole, R., Gaydos, S. J., Gray, J., Hyland, G., & Jacques, M. L. (2009). Aquaculture: Environmental, toxicological, and health issues. International Journal of Hygiene and Environmental Health. 212 (4), 369-377.

Farzanfar, A. (2005). Salmonoid aquaculture. Iranian Fisheries Science Research Institute, Tehran. (Persian)

Jamali, Z., Josie, S. A., & Hedayati, M. (2011). Hydrochemical and qualitative assessment of water in selected sections of Mazandaran province for the purpose of feasibility study of aquaculture development. Iranian Scientific Fisheries Journal, Islamic Azad University of Azadshahr, 1-12. (Persian)

Karimzadeh, G., Karimzadeh, S., & Mirzaei, H. (2006). Manual for Rainbow Trout Production on the Famili-Owned Farm. Avay-e-Maseeh Publication, Tehran, 134 pages. (Persian).

Mashaei, M. (2007). Trout Farming Handbook: Daryasar Publication.Tehran.208p. (Persian)

Mehrabi, Z., Ardakani, S. S., & Ehteshami, M. (2011). Effect of Aquaculture Farms Wastewater on Physicochemical Parameters of Kabkian River. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences, 2014, 24(113), 140-149. (Persian).

Noushadi, M., Salemi, H. R., & Ahmadzadeh, M. (2007). Simulation and Prediction of Some Water Quality Parameters in the Zayanderoud River Using Artificial Neural Networks. Water and Wastewater, 49-65. (Persian).

Sadeghi, S. N. (2001). Farming Rainbow Trout: Naghsh-e-Mehr Publication, Tehran. (Persian).

Salehi, H. (2005). Proceedings and policies of fisheries to increase amount of aquatic in the household consumption basket. Proceedings of the 8th Iranian Nutrition Congress, Tehran. (Persian).

Sharma, O. P., & Bhukhar, K. S. (2000). Effect of Aquazyn-TM-1000, a probiotic on the water quality and growth of Cyprinus carpio var. communis (L.). Indian Journal of Fisheries, 47(3), 209-213.

Vosoughi, A. R., Mahdavi, M., Salehi, M., & Golkari, M. A. (2012). Intelligent management of qualitative water conditions In the cultivation of common carp (Cyprinus carpio) In experimental tanks. Marine Science and Technology, 11-25. (Persian).

Zhongneng, X., & Claude, E. (2016). Reducing the monitoring parameters of fish pond water quality. Aquaculture, 465(Supplement C), 359-366.

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