انتخاب مناسبترین هواده برای استخرهای پرورش ماهیان گرمابی

سیدمحمدجواد افضلی[۱]، محمدجواد شیخداودی[۲]، سیدرضا سیدمرتضایی[۳]

[۱] محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، اهواز، ایران؛ آدرس پست الکترونیکی: moja_afzali@yahoo.com

[۲] استاد گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران؛ آدرس پست الکترونیکی: javad1950@yahoo.com

[۳] دانشیار بخش بهداشت و بیماری‌های آبزیان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی، کرج، ایران؛ آدرس پست الکترونیکی: rmortezaei@yahoo.com

چکیده

انواع هواده‌ها به روش‌های مختلف هوا را با آب مخلوط می‌کنند. هوادهی مناسب است که دارای بازدهی بالاتر، اختلاط یکنواخت هوا در عمق‌های مختلف، قیمت پایین‌تر و انرژی مصرفی کمتری باشد تا ضمن آنکه تأثیر بیشتری بر عملکرد ماهیان داشته باشد از نظر اقتصادی نیز خرید آن برای پرورش‌دهنده توجیه‌پذیر باشد. در این تحقیق با هدف انتخاب مناسب‌ترین هواده برای پرورش ماهیان گرمابی، چهار هواده متداول شامل سیرکولاتور، پدالی، ایرجت و عمودی با هم مقایسه شدند. هواده‌ها به روش تحلیل سلسله مراتبی مقایسه شدند و شاخص‌های مورد بررسی شامل شاخص فنی، شاخص زیست‌محیطی، شاخص اقتصادی و شاخص انرژی بودند. نتایج نشان داد با درنظر گرفتن میزان اهمیت یکسان برای شاخص‌های اندازه‌گیری، مقدار وزن اختصاص یافته به گزینه‌ها (هواده‌ها) به ترتیب ۲۷/۳، ۳۲/۵، ۹/۳ و ۳۰/۹ شدند و در حالتی که میزان اهمیت شاخص‌های فنی، زیست‌محیطی، اقتصادی و انرژی به ترتیب ۲، ۱، ۲ و ۱ درنظر گرفته شدند مقادیر وزن اختصاصی هواده‌ها به ترتیب ۲۷/۳، ۳۲/۵، ۹/۳ و ۳۰/۹ بودند. بنابراین هواده عمودی به عنوان مناسب‌ترین هواده توصیه گردید.

کلمات کلیدی: بازده هوادهی استاندارد، تحلیل سلسله مراتبی، هواده

Selection of the most appropriate aerator for warm water fish culture ponds

Seied Mohammad Javad Afzali[1], Mohammad Javad Sheikhdavodi[2], Seied Reza Seiedmortezaie[3]

[1] Researcher of Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran. Email: moja_afzali@yahoo.com

[2] Professor of Department of Biosystem Engineering, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran.Email: javad1950@yahoo.com

[3] Associate Professor of Iranian Fisheries Science Research Institute, karaj, Iran. Email: rmortezaei@yahoo.com

ABSTRACT

Various aerators incorporate air into water in different methods. An appropriate aerator must have high efficiency and can incorporate oxygen at different depth uniformly. Also it must be inexpensive and can save energy. This experiment carried out to select the most appropriate aerator for warm water fish culture ponds from four conventional aerators in Khuzestan province included of circulator, paddle wheel, Propeller-aspirator and vertical aerators. In order to selection of appropriate aerator Analytical hierarchy process **(**AHP) method was used. The criteria were technical index, environment Index, economical index and energy Index. In case of belonging equal importance for all indices, the weights of circulator, Paddle wheel, Propeller-aspirator and vertical aerators were 27.3, 32.5, 9.3 and 30.9, respectively. However in case of doubling importance of technical and economical indices, the weight of circulator, Paddle wheel, Propeller-aspirator and vertical aerators were 25.5, 30.2, 11 and 33.3, respectively. Therefore vertical aerator was recommended as the best selection.

Keywords: Aerator, Analytical hierarchy process, Standard Aeration Efficiency

۱- مقدمه

استان خوزستان از نظر پرورش ماهیان گرمابی رتبه دوم کشور را دارا می‌باشد. پرورش ماهی در استخر متداول‌ترین روش تولید ماهی در جهان می‌باشد و در استان خوزستان، به شکل سنتی و در استخرهای خاکی صورت می‌گیرد. طبق قانون وان‌هوف به ازای هر ۱۰ درجه سلسیوس افزایش در دما، فعالیت موجودات دو برابر می‌گردد. در نتیجه با افزایش دمای آب، ماهی‌ها در اثر افزایش فعالیت به اکسیژن و غذای بیشتری نیاز خواهند داشت و با افزایش میزان تولید مواد دفعی در آب، مسأله کمبود اکسیژن محلول آب تشدید می‌شود (Peighan & Abdollahmashaie, 2008). از سویی دیگر شاخص‌های دما و اکسیژن محلول آب به عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها برای مدیریت کیفیت آب استخر مورد توجه قرار می‌گیرد (Boyd et al., 1978; Boyd, 1990). کاهش اکسیژن محلول در استخرها سبب بالا رفتن سطح دی‌اکسیدکربن و آمونیاک می‌شود و هر دو مورد به عنوان مواد سمی برای ماهی به شمار می‌روند و افزایش آنها به طورهم‌زمان، قدرت دفاعی ماهیان را در مقابل بیماری‌ها به شدت کاهش می‌دهد (Mwegoha et al., 2010). درنتیجه تأمین کمبود اکسیژن آب اهمیت بالایی دارد.

ورود اکسیژن به آب از طریق پدیده انتشار و همچنین فتوسنتز زی‌شناوران گیاهی (فیتوپلانکتون‌ها) صورت می‌گیرد. در فصل تابستان و به خصوص در شب (به دلیل عدم فتوسنتز زی‌شناوران و کاهش اکسیژن در اثر تنفس)، ماهی‌ها به دلیل کاهش اکسیژن دچار کاهش رشد می‌شوند. به منظور جبران کاهش اکسیژن موجود در آب می‌توان از هوادهی مصنوعی با هواده‌ها استفاده کرد. میزان اکسیژن محلول آب را می‌توان به صورت مصنوعی و با کمک هواده‌ها افزایش داد. کاربرد هواده‌ها دارای مزایای مختلف هم برای استخر پرورش ماهی و هم زه‌آب آن است و سبب مدیریت کیفی آب و رفع آلودگی‌های گازهای تولیدی آن می‌گردد و ضمن آن اکسیژن محلول آب را برای ماهیان افزایش می‌دهد (Thakre et al., 2008).

انواع هواده‌ها به روش‌های مختلف هوا را با آب مخلوط می‌کنند. هوادهی مناسب است که دارای بازدهی بالاتر، اختلاط یکنواخت هوا در عمق‌های مختلف، قیمت پایین‌تر و انرژی مصرفی کمتری باشد تا ضمن آنکه تأثیر بیشتری بر عملکرد ماهیان داشته باشد از نظر اقتصادی نیز خرید آن برای پرورش‌دهنده توجیه‌پذیر باشد.. انواع هواده‌های موجود در منطقه شامل سه نمونه هواده ایرجت[1] پدالی[2] عمودی[3] و سیرکولاتور هستند (شکل ۱).

Figure 1. The aerators used in the experiment: Up from right to left: circulator and paddle wheel aerators and down from right to left: Propeller-aspirator and vertical aerators

شکل ۱- هواده‌های مورد استفاده در تحقیق: بالا راست به چپ: سیرکولاتور و پدالی و پایین راست به چپ: ایرجت و عمودی

[1]- Propeller-aspirator-pump aerator

[2]- Paddle wheel aerator

[3]- Vertical pump aerator

در نوع ایرجت پروانه‌ای به صورت مایل در آب می‌چرخد و در زمان چرخش با دور بالا، در اطراف خود ایجاد مکش نموده و هوا از طریق یک لوله به آن محل مکش می‌شود و هوا را با آب مخلوط می‌کند. در نوع پدالی پروانه‌هایی در جهت عمود بر سطح آب می‌چرخند. آب استخر در برخورد با این پره‌ها به صورت قطره‌های ریزی به بالا پرتاب می‌شود و در نتیجه در تماس با هوا، اکسیژن هوا را در خود حل می‌کند. طرز کار آن به گونه‌ای است که بیشتر به سطح آب اکسیژن‌دهی می‌کند. هواده عمودی شامل یک پمپ الکتریکی مستغرق می‌باشد که به یک مکنده آب متصل است و آب را با فشار به بالا پرتاب می‌کند و در سطح آب فواره ایجاد می‌کنند. در نوع سیرکولاتور پروانه‌ای در درون آب با محور افقی چرخش کرده و با جابجایی و بر هم زدن آب، سطح تماس وسیعی بین آب و هوا ایجاد می‌کند. به دلیل آن‌که عمق استخرهای پرورش ماهی حدود دو متر می‌باشد، اختلاط آب سطحی با آب عمقی (سیرکولاسیون) نیز می‌تواند یکی از فاکتورهای مهم در انتخاب هواده باشد. آب هوادهی شده باید در استخر جابجا شود تا اکسیژن را با خود منتقل نماید (Colt & Tchobanoglous, 1979; Rogers, 1989).

در یک تحقیق در مزرعه‌ای به مساحت ۲/۷ هکتار و ۳/۶ عمق، وضعیت هواده پدالی از نظر توزیع عمقی اکسیژن را با شرایط عدم هوادهی مقایسه شد (Moore & Whitis, 1999) . نتایج نشان داد پس از چهار ساعت از روشن شدن هواده کل عمق آب از نظر میزان اکسیژن به وضعیت یکسانی (۶ میلی‌گرم در لیتر) رسیدند. در همین مدت زمان در شرایط عدم هوادهی، میزان اکسیژن در عمق‌های بالاتر بیشتر (۱۳ میلی‌گرم در لیتر) و در عمق‌های پایین کمتر از روش کاربرد هواده (۰/۵ گرم در لیتر) بود. آنها توصیه نمودند با کاربرد پدال‌هایی با طول ۰/۱ متر می‌توان توزیع عمقی خوبی را برای هواده‌های پدالی به دست آورد.

عوامل دیگر در انتخاب هواده، میزان مصرف انرژی و استهلاک سالیانه می‌باشد. در یک تحقیق تأثیر عمق هوادهی در دو هواده پدالی پشت تراکتوری با دور پی‌تی‌او ۵۴۰ و ۱۰۰۰ دور در دقیقه و یک هواده الکتریکی در دو عمق هوادهی ۰/۱ و ۰/۳۶ متری بر بازده هوادهی استاندارد و مصرف سوخت بررسی شد (Busch et al., 1984). نتایج نشان داد با افزایش دور پی‌تی‌او، مصرف سوخت حدود ۶۰ درصد کاهش داده شد و همچنین بازده هوادهی استاندارد اندکی افزایش یافت. همچنین افزایش عمق هوادهی از ۰/۱ به ۰/۳۶ متر ، بازده هوادهی استاندارد را ۶ درصد کاهش و مصرف سوخت را حدود ۶۶ درصد افزایش داد. آنها کاربرد هوادهی الکتریکی را به دلیل حذف مصرف سوخت و بازده هوادهی بالا اقتصادی‌تر دانستند.

این تحقیق با هدف انتخاب مناسب‌ترین هواده برای استخرهای پرورش ماهی از بین هواده‌های موجود انجام گرفت.

۲- مواد و روش کار

این آزمایش در سال ۱۳۹۴ با هدف انتخاب مناسب‌ترین هواده برای استفاده در استخرهای پرورش ماهیان گرمابی انجام شد. محل اجرای آزمایش پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب واقع در استان خوزستان با مختصات جغرافیایی "۴۴/۲۷ ’۲۵ °۳۱ شمالی و "۱۷/۳۸ ’۴۹ °۴۸ شرقی بود (شکل ۲). به منظور انتخاب صحیح نوع هواده شاخص‌های فنی، زیست‌محیطی، اقتصادی و انرژی مد نظر قرار گرفت. پس از اندازه‌گیری و تعیین شاخص‌های مورد نظر و با توجه به میزان اهمیت این شاخص‌ها از نظر بهره‌بردار، با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP[1]) مناسبترین هواده انتخاب گردید.

Figure 2. A scheme of the experiment location

شکل ۲- نمایی از محل اجرای تحقیق

[1] - Analytical hierarchy process

۲-۱- شاخص فنی (بازده هوادهی استاندارد)

از نظر فنی هوادهی مناسب است که میزان هوای بیشتری را در مدت مشخص به ازای واحد توان ورودی خود تولید نماید. برای تعیین بازده هوادهی استاندارد از روش ارائه شده توسط Boyd و Watten (1989) استفاده گردید. در این روش از یک حوض سیمانی با حجم معین استفاده می‌گردد. ابعاد طولی، عرضی و عمقی استخر موجود به ترتیب شش، سه و دو متر بود. ابتدا اکسیژن محلول در آب به وسیله یک عدد مولتی‌متر مدل AZ8603 اندازه‌گیری شد و ۰/۱ میلی‌گرم بر لیتر کلرید کبالت ($CoCl_2.6H_2O$) و ۱۲-۱۰ میلی‌گرم بر لیتر سولفیت سدیم (Na_2SO_3) به ازای هر میلی‌گرم اکسیژن محلول به آب تانک اضافه شد تا اکسیژن محلول از بین رود (Boyd, 1986) (شکل ۳).

Figure 3. Chemical substance used for eradication of DO

شکل ۳- مواد شیمیایی استفاده شده برای حذف اکسیژن محلول آب

دو ماده یاد شده ابتدا در یک سطل آب حل شده و سپس بر روی سطح آب تانک پخش شدند. هواده شروع به کار نموده و غلظت اکسیژن محلول هر پنج دقیقه اندازه‌گیری شده تا اکسیژن محلول به ۸۵ درصد اشباع رسید. مقدار اکسیژن محلول آب به وسیله اکسیژن‌متر پرتابل در هر مرحله از عمق‌های ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ متری تانک اندازه‌گیری شد. میزان اکسیژن اشباع (C_e) بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و در فشار یک اتمسفر از رابطه ۱ تخمین زده می‌شود (Soderberg, 1995).

$$C_e = \frac{125.9}{(32+1.8T)^{0.625}} \quad (۱)$$

که در آن: میزان اکسیژن اشباع ($mg.L^{-1}$) و T دمای آب (°C)

بر روی یک کاغذ مقدار کمبود اکسیژن[1] را با تفاضل مقدار اکسیژن محلول اندازه‌گیری شده از اکسیژن محلول اشباع به دست آورده و نمودار لگاریتم آن را در محور زمان رسم شد. شیب خط رگرسیون حاصل برابر با ضریب انتقال اکسیژن است. ضریب انتقال اکسیژن از رابطه ۲ نیز به دست می‌آید (Boyd and Watten, 1989):

$$(K_t a)_T = \frac{\ln OD_{10} - \ln OD_{70}}{(t_{70} - t_{10})} \quad (۲)$$

که در آن: $(K_t a)_T$= ضریب انتقال اکسیژن سراسری در دمای آب موجود (h^{-1})

OD_t: کمبود اکسیژن که برابر با تفاوت مقدار اکسیژن محلول در حالت اشباع از مقدار اکسیژن محلول در زمان t است.

OD_{10}: کمبود اکسیژن در زمان ۱۰ درصد اشباع ($mg.L^{-1}$)

OD_{70}: کمبود اکسیژن در زمان ۷۰ درصد اشباع ($mg.L^{-1}$)

t_{10}: زمانی که کمبود اکسیژن به ۱۰ درصد اشباع می‌رسد. (h)

t_{70}: زمانی که کمبود اکسیژن به ۷۰ درصد اشباع می‌رسد. (h)

ضریب انتقال اکسیژن سراسری به وسیله رابطه ۳ به آب ۲۰ درجه $(K_L a)_{20}$ تبدیل شد (Boyd and Watten, 1989):

[1] - Oxygen Deficit

$$(K_L a)_{20} = \frac{(K_L a)_T}{1.024^{(T-20)}} \quad (۳)$$

نرخ انتقال اکسیژن استاندارد[1](SOTR) بر حسب $kg.h^{-1}$ از رابطه ۴ به‌دست می‌آید (Boyd and Watten, 1989):

$$SOTR = (K_L a)_{20} \times 9.07 \times V \times 10^{-3} \quad (۴)$$

که در آن: ۹/۰۷ کمبود اکسیژن در ۲۰ درجه سلسیوس در فشار اتمسفر ($g.m^{-3}$) و V حجم استخر (m^3)

بازده هوادهی استاندارد (SAE) از رابطه ۵ به‌دست می‌آید (Boyd and Watten, 1989):

$$SAE = \frac{SOTR}{P} \quad (۵)$$

که در آن: P توان خروجی شافت هواده می‌باشد و در هواده‌های تک‌فاز و سه‌فاز به ترتیب با استفاده از روابط ۶ و ۷ به دست آمدند (Rizzoni, 2009). در این تحقیق به دلیل آنکه وسایل برقی دارای بازده مصرفی بالا می‌باشد در رابطه ۵ توان ورودی منظور گردید که مقادیر آمپر و ولت توسط یک دستگاه مولتی‌متر اندازه‌گیری شدند.

$$P_1 = \frac{V * I}{1000} \cos\phi \quad (۶)$$

$$P_3 = \frac{\sqrt{3} * V * I * \cos\phi}{1000} \quad (۷)$$

که در آنها: P= توان خروجی (kW)، V= ولتاژ خطوط (v)، I= جریان هر خط (A) و φ ضریب توان (°) برابر با ۰/۸۵ درنظر گرفته شد.

۲-۲- شاخص زیست‌محیطی (پراکنش عمقی اکسیژن)

هواده‌ای مناسب است که اختلاط یکنواختی از اکسیژن را در لایه‌های عمقی ایجاد کند. میزان اکسیژن محلول یکنواخت‌تر در عمق‌های مختلف نشان‌دهنده اختلاط بیشتر آب سطحی و عمقی است. کاهش نفوذ نور خورشید در لایه‌های پایین سبب کاهش میزان فتوسنتز شده و درنتیجه مقدار اکسیژن در این لایه‌ها کاهش یافته و با توجه به اینکه بعضی ارقام ماهی‌ها در لایه‌های پایین تغذیه می‌کنند اکسیژن کمتری دریافت کرده و رشد آنها کمتر خواهد بود.

به منظور اندازه‌گیری پراکنش عمقی اکسیژن آب، هم‌زمان با آزمایش قبلی، در فواصل زمانی پنج دقیقه، در عمق‌های ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ متری آب، میزان اکسیژن محلول توسط اکسیژن‌متر پرتابل اندازه‌گیری شد. پراکنش عمقی اکسیژن محلول (CV) از رابطه ۸ محاسبه می‌گردد.

$$CV = \frac{S}{\mu} * 100 \quad (۸)$$

که در آن: S و μ به ترتیب انحراف معیار و میانگین میزان اکسیژن محلول ($mg.L^{-1}$)

۲-۳- شاخص اقتصادی (هزینه سالیانه)

به دلیل آن که پرورش‌دهندگان ماهی دارای سطوح بالای کشت بوده و تأمین وسایل هوادهی برای کلیه مزارع آنها بسیار هزینه‌بر می‌باشد. بنابراین هزینه سالیانه مربوط به خرید می‌تواند نقش مهمی در تصمیم‌گیری برای آنها داشته باشد. فرض گردید هزینه‌های کاربرد به دلیل آنکه وابسته به زمان کاربرد در طول دوره می‌باشد در تمامی هواده‌ها یکسان باشد. بنابراین هزینه‌های ثابت شامل استهلاک، سود، بیمه، مالیات و هانگار مد نظر قرار گرفتند. استهلاک سالیانه به روش خطی مستقیم[2] اندازه‌گیری شد. هزینه سود سالیانه طبق روابط۹ و ۱۰ محاسبه شدند و هزینه سالیانه بیمه، مالیات و هانگار، ۲ درصد قیمت خرید در نظر گرفته شدند (Almasi et al., 2014).

[1]- Standard Oxygen Transfer Rate

[2]- Straight line method

$$I_r = \frac{I_p - I_g}{1 + I_g} \quad (۹)$$

که در آن: Ir نرخ واقعی بهره، Ip نرخ بهره متداول و Ig نرخ تورم می‌باشد. در این تحقیق مقدار Ip طبق نرخ تسهیلات خرید تجهیزات کشاورزی سال ۱۳۹۴، ۱۵ درصد و نرخ تورم طبق آمار بانک مرکزی همان سال ۱۱/۹ درصد در نظر گرفته شد.

$$I = \frac{(P + S) * I_r}{2} \quad (۱۰)$$

که در آن: I سود سالیانه، P قیمت اولیه دستگاه (ریال) و S قیمت اسقاطی (ریال) می‌باشد.

۴-۲- شاخص انرژی (مصرف برق)

در خصوص تأمین انرژی در صنعت شیلات، مدیریت انرژی اهمیت بالایی دارد. بهینه‌سازی انرژی و به‌کارگیری کارآمدترین فن‌آوری‌ها به‌منظور حصول یک دستاورد مشخص باید مدنظر ویژه قرار گیرد. مدیریت کاهش مصرف انرژی به دلیل آنکه با کاهش هزینه در ارتباط می‌باشد می‌تواند سبب ایجاد انگیزش در بهره‌بردار نسبت به انتخاب وسیله گردد. با توجه به اینکه مصرف انرژی این وسایل نیروی الکتریکی می‌باشد با نصب یک کنتور، میزان مصرف برق در طول فرایند افزایش اکسیژن محلول، قرائت گردید (شکل ۴).

Figure 4. The counter used for measurement of energy consumotion

شکل ۴- کنتور جهت اندازه‌گیری میزان مصرف انرژی

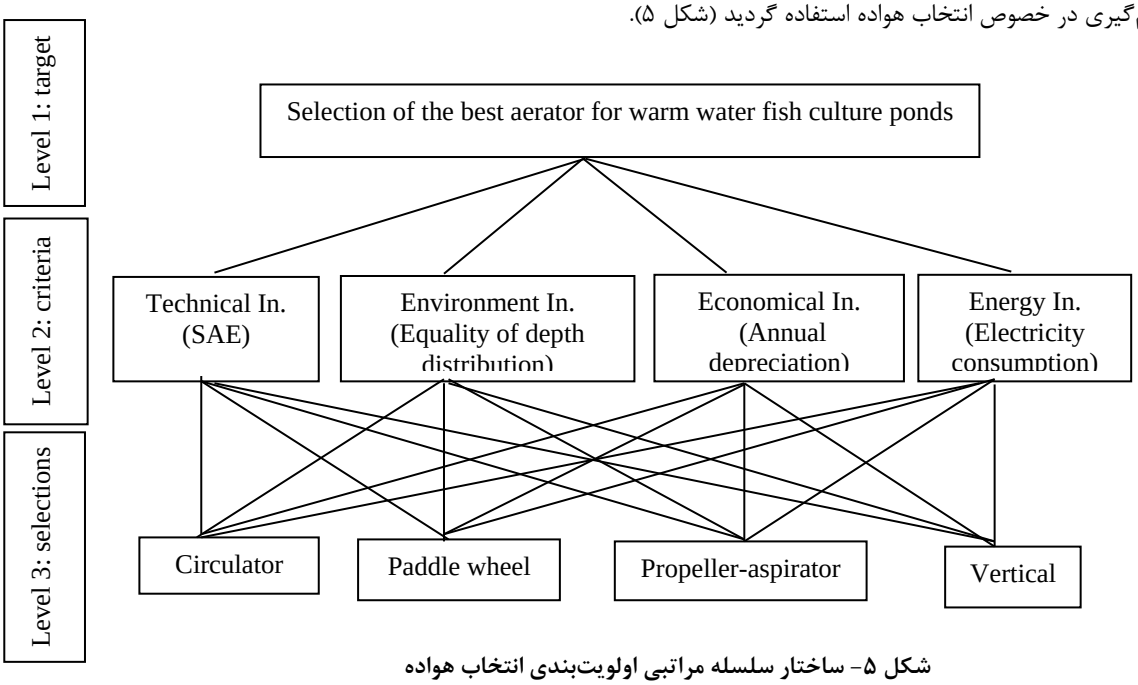
جدول ۱- مشخصات هواده‌های مورد آزمایش

Table 1. Aerator characteristics used in the experiment

Aerator type	Aerator characteristics
circulator	Model: F7.2 M, Weight: 13 kg, Working depth: 80 cm, Shear diameter: 7 cm, One phase, Theoretical Power: 1.1 kW, Engine rotation: 2800 rpm, Theoretical current: 7.5 A, Loaded current: 10 A, Useful life: 4 year
Paddle wheel	Model: SC-1.5, Weight: 85 kg,paddle numbers: 4, distance of paddles: 60 cm, Blade numbers per paddle: 8, Three Phases, Theoretical current: 3.8 A, Loaded current: 4.78 A, cosφ=0.85, Useful life: 4 year
Propeller-aspirator	Model: SLD 2.2, Weight: 34 kg, Theoretical power: 2.2 kW, Engine rotation: 2860 rpm, Theoretical current: 11 A, Loaded current: 13 A, Blade diameter: 10 cm, Inlet degree of air suction section: 30˚ to water surface, useful life: 3 year
Vertical	Model: SQD 1.5, Weight: 11.5 kg, One phase, Theoretical power: 0.75 kW, Engine rotation: 2850 rpm, Theoretical current: 5.2 A, Loaded current: 8 A, useful life: 3 year

۵-۲- روش تحلیل سلسله مراتبی

روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از پرکاربردترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد. دامنه تنوع زمینه‌های استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی تاکنون بسیار گسترده بوده است. فرایند تحلیل سلسله مراتبی در زمینه‌های انتخاب (مثلاً انتخاب نرم‌افزار)، ارزیابی (مثلاً ارزیابی عرضه‌کننده‌ها)، تحلیل هزینه- مزیت، تخصیص (مثلاً تخصیص مکان)، برنامه‌ریزی و توسعه، اولویت‌بندی و رتبه‌بندی، تصمیم‌گیری، پیش‌بینی، برنامه‌ریزی استراتژیک و زمینه‌های مرتبط کاربرد دارد (Kumar and Vaidya, 2006). سنگ بنای فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مقایسه‌های زوجی است. در این تحقیق نیز از این روش برای تصمیم‌گیری در خصوص انتخاب هواده استفاده گردید (شکل ۵).



شکل ۵- ساختار سلسله مراتبی اولویت‌بندی انتخاب هواده

Figure 5. Analytical hierarchy structure in order to selection of the best aerator

۳- نتایج و بحث

اندازه‌گیری شاخص بازده هوادهی استاندارد نشان داد که میزان این شاخص در هواده‌های سیرکولاتور، پدالی، ایرجت و عمودی به ترتیب ۰/۲، ۰/۶۹، ۰/۱۱ و ۰/۵۶ بودند و از این لحاظ هواده پدالی وضعیت بهتری نسبت به سایر هواده‌ها دارا بود (جدول ۲).

نتایج اندازه‌گیری‌های سایر معیارها برای هواده‌ها در جدول ۳ آورده شده است. طبق نتایج به دست آمده از نظر شاخص‌های یکنواختی پراکنش عمقی هواده سیرکولاتور، از نظر استهلاک سالیانه، هواده عمودی و از نظر میزان مصرف انرژی هواده پدالی مناسب‌تر بوده است. بنابراین برای آنکه بتوان هواده مناسبی را با توجه به کلیه جوانب انتخاب کرد باید از روش تحلیل سلسله مراتبی استفاده نمود. میزان اهمیت هر معیار برای هر گزینه با توجه به نتایج جدول ۳ به دست آمد. به عنوان مثال در معیار فنی (بازده هوادهی استاندارد) با توجه به آنکه میزان بازده هواده سیرکولاتور ۱/۸۲ برابر هواده ایرجت بود، میزان اهمیت آن نیز به همان نسبت در نظر گرفته شد. بنابراین جدول نسبت‌ها برای سایر معیارها تهیه (جداول ۴ تا ۷) و توسط نرم‌افزار Expert choice 11 تجزیه و تحلیل شدند.

مقایسات زوجی داده‌ها سبب تعیین وزن‌دهی گزینه‌ها برای معیارهای مختلف گردید. نتایج به دست آمده از ترکیب گزینه‌ها و معیارها در دو حالت بررسی شدند.

حالت اول: در این حالت میزان اهمیت معیارها یکسان درنظر گرفته شدند. نتایج نشان داد در این حالت میزان وزن هواده‌های سیرکولاتور، پدالی، ایرجت و عمودی به ترتیب ۲۷/۳، ۳۳/۵، ۱۰/۲ و ۳۰/۹ به دست آمد (شکل ۶). بنابراین در این حالت هواده پدالی مناسب‌ترین هواده بود.

حالت دوم: از آنجا که بهره‌بردار نیازمند خرید تعداد زیادی از این هواده‌ها می‌باشد قیمت خرید دارای اهمیت بالاتری نسبت به سایر زیرمعیارها می‌باشد. همچنین حجم اکسیژن‌دهی نیز وضعیت مشابهی داشته و درصورتی‌که میزان اکسیژن‌دهی بالاتر باشد در تعداد هواده‌ها صرفه‌جویی می‌گردد.

جدول ۲- تعیین میزان بازده هوادهی استاندارد در هوادههای مختلف

Table 2. Determination of SAE rates for various aerators

	Circulator	Paddle wheel	Propeller-aspirator	Vertical
Water temp.	32.3	32.5	31	32.1
Water volum (m^3)	36	36	36	36
$C_e(mg.L^{-1})$	7.55	7.54	7.67	7.57
$0.1* C_e(mg.L^{-1})$	0.76	0.75	0.77	0.76
$0.7* C_e(mg.L^{-1})$	5.29	5.27	5.37	5.3
OD10% ($mg.L^{-1}$)	6.8	6.78	6.9	6.82
OD70% ($mg.L^{-1}$)	2.27	2.26	2.3	2.27
$t_{10\%}$ (min)	2.72	1.65	4.32	2.05
$T_{70\%}$ (min)	40.14	16.79	55	18.34
K_la (h^{-1})	1.76	4.35	1.3	4.05
$(K_la)_{20}$ (h^{-1})	1.32	3.24	1	3.04
SOTR ($kg.h^{-1}$)	0.43	1.06	0.33	0.99
P (kW)	2.2	1.52	2.86	1.76
SAE ($kg.kW^{-1}.h^{-1}$)	0.2	0.69	0.11	0.56

جدول ۳- مقادیر به دست آمده برای معیارهای اندازهگیری شده در گزینههای مختلف

Table 3. The obtained rates of criteria in various selections

	SAE ($kg.kW^{-1}.h^{-1}$)	Equality of depth distribution)	Annual cost (Rials)	Electricity consumption (kWh)
circulator	0.2	$2.8*10^{-5}$	2083200	6.18
Paddle wheel	0.69	$4.9*10^{-5}$	6249600	1.92
Propeller-aspirator	0.11	$4.5*10^{-4}$	3018600	23.5
Vertical	0.56	$1.9*10^{-4}$	1428300	2.64

جدول ۴- نسبت گزینهها برای معیار بازده هوادهی استاندارد

Table 4. The proportion of selections in SAE criteria

	Circulator	Paddle wheel	Propeller-aspirator	Vertical
circulator	1	0.29	1.82	0.36
Paddle wheel	3.45	1	6.27	1.23
Propeller-aspirator	0.55	0.16	1	0.2
Vertical	2.8	0.81	5.09	1

جدول ۵- نسبت گزینهها برای معیار پراکنش عمقی اکسیژن

Table 4. The proportion of selections in depth distribution of DO

	Circulator	Paddle wheel	Propeller-aspirator	Vertical
circulator	1	1.77	16.25	6.89
Paddle wheel	0.56	1	9.21	3.9
Propeller-aspirator	0.06	0.11	1	0.42
Vertical	0.15	0.26	2.36	1

بنابراین در شرایطی که میزان اهمیت زیرمعیار استهلاک سالیانه و بازده هوادهی استاندارد دو برابر سایر زیرمعیارها بود نیز تجزیه و تحلیل انجام شد. نتایج این تجزیه و تحلیل نشان داد که در این حالت میزان وزن برای هوادهای سیرکولاتور، پدالی، ایرجت و عمودی به ترتیب ۲۹/۸، ۲۵/۱، ۱۵/۲ و ۳۴/۸ می‌باشد و بنابراین در این صورت هواده عمودی بهترین انتخاب می‌باشد (شکل ۷).

جدول ۶- نسبت گزینه‌ها برای معیار هزینه سالیانه

Table 6. The proportion of selections in annual depreciation criteria

	Circulator	Paddle wheel	Propeller-aspirator	Vertical
circulator	1	3	1.45	0.69
Paddle wheel	0.33	1	0.48	0.23
Propeller-aspirator	0.69	2.07	1	0.47
Vertical	1.46	4.38	2.11	1

جدول ۷- جدول نسبت‌ها برای زیرمعیار مصرف انرژی

Table 4. The proportion of selections in energy consumption criteria

	Circulator	Paddle wheel	Propeller-aspirator	Vertical
circulator	1	0.31	3.8	0.43
Paddle wheel	3.22	1	12.24	1.38
Propeller-aspirator	0.26	0.08	1	0.11
Vertical	2.34	0.72	8.9	1

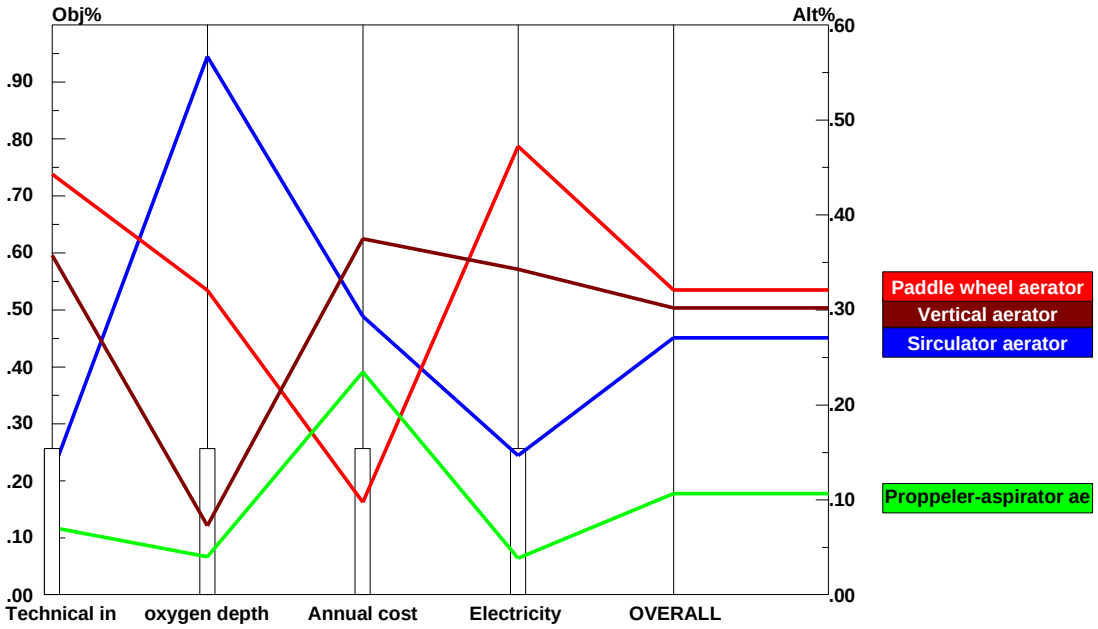


Figure 6. The results of Analytical hierarchy process for selection of aerator in equal importance condition for all criteria

شکل ۶- نتایج تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب هواده در شرایط یکسان بودن اهمیت معیارها

با توجه به نتایج به‌دست آمده از نظر فنی هواده پدالی نسبت به سایر هوادهها مناسب‌تر می‌باشد و بعد از آن هواده عمودی در رده دوم قرار داشت (شکل ۶ و ۷) که با نتایج (Petrille & Boyd, 1984) تطابق داشت. آنها در یک آزمایش در یک زمین ۰/۴ هکتاری با ریختن نمک در سطح آب و

اندازه‌گیری زمان برای مخلوط شدن آن با عمق ۱/۵ متری، چهار هواده را با هم مقایسه نمودند که از بین آنها هواده پدالی نسبت به نوع ایرجت به طور معنی‌داری زمان هوادهی را کاهش داد.

از نظر پراکنش عمقی اکسیژن محلول نیز هواده‌های عمودی، سیرکولاتور، ایرجت و پدالی بیشترین مطلوبیت (کمترین پراکنش عمقی) را داشتند.

از نظر میزان استهلاک سالیانه، هواده‌های عمودی، سیرکولاتور، ایرجت و پدالی به ترتیب بیشترین مطلوبیت را داشتند. هواده عمودی به دلیل دارا بودن اجزای کمتر و ساده‌تر، ارزان‌تر می‌باشد. درصورتی‌که هواده پدالی دارای تجهیزات متنوع‌تری بوده و قیمت آن را افزایش داده است. قیمت بالای این هواده سبب استفاده بسیار محدود از این نوع هواده در بین پرورش‌دهندگان شده است. همچنین زمانی که یک دستگاه دارای تجهیزات بیشتری باشد قابلیت اعتمادپذیری آن کاهش می‌یابد.

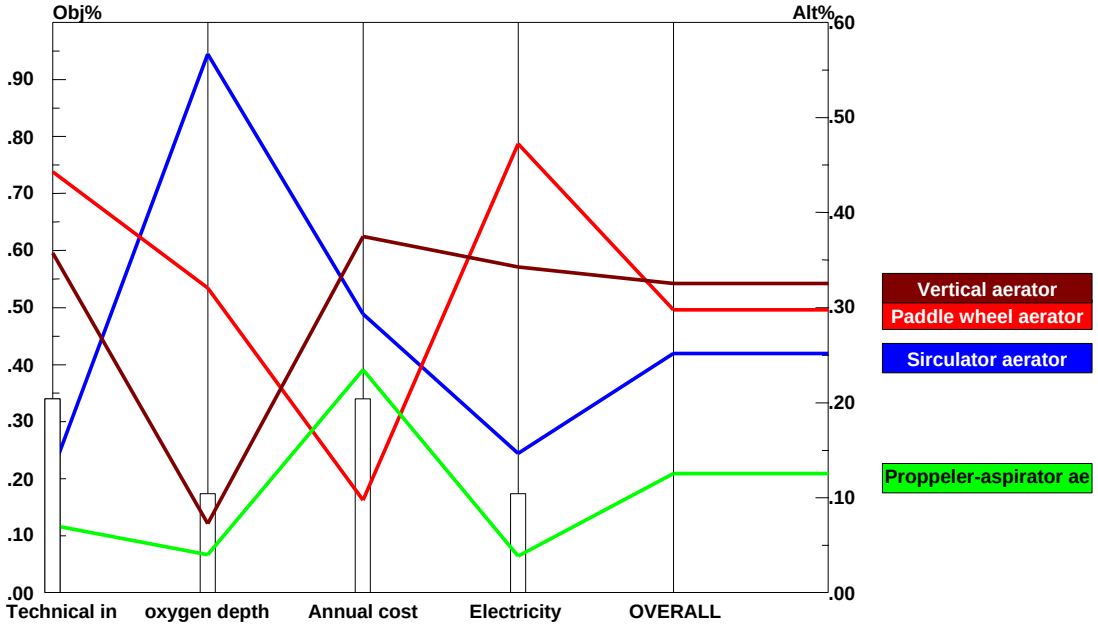


Fig 7. The results of Analytical hierarchy process for selection of aerator in unequal importance composition (double importance for technical and annual cost indices)

شکل ۷- نتایج تحلیل سلسله مراتبی برای انتخاب هواده در شرایط دو برابر بودن اهمیت شاخص‌های فنی و هزینه سالیانه

از نظر مصرف انرژی، هواده‌های پدالی، عمودی، سیرکولاتور و ایرجت به ترتیب بیشترین مطلوبیت را داشتند. در یک تحقیق میزان هزینه مصرف انرژی برای تولید یک پوند اکسیژن هواده‌های سیرکولاتور، پدالی، ایرجت و عمودی (بر طبق هر کیلووات ۰/۰۷۵ دلار) به ترتیب ۰/۰۴۳، ۰/۰۱۸۳، ۰/۰۲۶۷ و ۰/۰۳۱۴ دلار تعیین شد (Engle, 1989).

۴- نتیجه‌گیری

طبق نتایج به دست آمده بیشترین وزن‌ها در شاخص‌های فنی، زیست‌محیطی، اقتصادی و انرژی به ترتیب به هواده‌های پدالی، سیرکولاتور، عمودی و پدالی تعلق داشت و هواده ایرجت در هیچ‌کدام از شاخص‌ها نسبت به سایر هواده‌ها برتری نداشت. در حالتی اهمیت تمامی معیارها یکسان درنظر گرفته شد. در این حالت میزان وزن هواده‌های سیرکولاتور، پدالی، ایرجت و عمودی به ترتیب ۲۷/۳، ۳۳/۵، ۱۰/۲ و ۳۰/۹ به دست آمد. بنابراین در این حالت هواده‌های پدالی، عمودی، سیرکولاتور و ایرجت به ترتیب بیشترین مطلوبیت را دارا بودند. با توجه به آنکه از نظر بهره‌بردار شاخص‌های قیمت تمام شده و حجم هوادهی اهمیت بالاتری دارند نتایج تحلیل در حالتی که اهمیت شاخص‌های فنی و اقتصادی دو برابر باشند نیز بررسی گردید. نتایج نشان داد در این حالت هواده‌های عمودی، پدالی، سیرکولاتور و ایرجت به ترتیب بیشترین مطلوبیت را داشتند. بنابراین در این شرایط هواده عمودی به عنوان بهترین انتخاب معرفی گردید.

۵- تشکر و قدردانی

بدینوسیله از ریاست محترم پژوهشکده تحقیقات آبزی‌پروری جنوب و همکاران بخش آبزی‌پروری آن پژوهشکده به دلیل همکاری در اجرای این تحقیق کمال تشکر را دارم.

۶- مراجع

Almasi, M, Kiani, S., & Loveimi, N. (2014). *Principles of agricultural mechanization*. Fifth edition, Goftaman Andisheie Moaser, Esfahan, 260 pp. (Persian).

Boyd, C. E. (1990). *Water quality in ponds for aquaculture*. Auburn University, Agricultural Experimentation Station, Auburn, AL, 482 pp.

Boyd, C. E., Romaire, R. P., & Johnston, E. (1978). Predicting early morning dissolved oxygen concentrations in channel catfish ponds. *Transactions of the American Fisheries Society*, *107*, 484-492.

Boyd, C. E., & Watten, B. J. (1989). *Aeration systems in aquaculture. Reviews in Aquatic Science*, *1*, 425-472.

Busch, R. L., Tucker, C. S., Steeby, J. A., & Reames, J. E. (1984). *Paddlewheel aeration for emergency aeration of channel catfish ponds*. *Aquacultrural Engineering, 3*, 59-69.

Colt, J., & Tchobanoglous, G. (1979). *Design of Aeration Systems for Aquaculture.Department of Civil Engineering*, University of California, Davis, California.

Engle, C. R. (1989). An economic comparison of aeration devices for aquaculture ponds. *Aquacultural Engineering*, *8*, 193-207.

Kumar, S., & Vaidya, O. S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications, *European Journal of Operational Research, 169*, 1–29.

Moore, J. M., & Whitis, G. N. (1999). Vertical Water Circulation Capabilities of an Electric Paddle Wheel Aerator and Dissolved Oxygen Loss Due to Daytime Aeration. *Journal of Applied Aquaculture, 9*(3), 25-35.

Mwegoha, W. J. S., Kaseva, M. E., & Sabal, S. M. M. (2010). Mathematical modeling of dissolved oxygen in fish ponds. *African Journal of Environmental Science and Technology*, *4*(9), 625-638.

Peighan, R., & Abdollahmashaie, M. (2008). *Management of warm water culturing fields*, Volume 2. Dariasar edition. 264 p. (Persian).

Petrille, J., & Boyd, C. E., 1984. Comparison of oxygen-transfer rates and water-circulating capabilities of emergency aerators for fish ponds. *Aquaculture, 37*:377-386.

Rizzoni, G. (2009). *Fundamentals of electrical engineering*. Mc-Grow hill, 766 pp

Rogers, G. L. (1989). Aeration and circulation for effective aquaculture pond management. *Aquacultural Engineering*, *8*, 349-355.

Soderberg, R. W. (1995). *The solubility of oxygen in water, flowing water fish culture*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, pp. 45.

Thakre, S. B., Bhuyar, S. J., & Deshmukh, S. J. (2008). Effect of Different Configurations of Mechanical Aerators on Oxygen Transfer and Aeration Efficiency with respect to Power Consumption. *World Academy of Science, Engineering and Technology, 2*, 415-423.

Vaidya O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications, *European Journal of Operational Research, 169*, 1-29.