مجله شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آزادشهر/ ISSN: 2008-0026 سال پانزدهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰ / صفحات: ۱۲-۱

https://dorl.net/dor/20.1001.1.20080026.1400.15.1.1.1

امکان توسعه پرورش ماهی قزل‌آلا (*Oncorhynchus* mykiss) در قفس در سد گلستان

طاهر پورصوفی[1*]، حسن محمد خانی[1]، عباس‌علی آقایی‌مقدم[1]

[1] مرکز تحقیقات ذخایر آبزیان آبهای داخلی، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۹/۸/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۵/۱۲

چکیده

دریاچه سد گلستان واقع در ۱۲ کیلومتری شرق شهرستان گنبد واقع شده و در سال ۱۳۷۹ افتتاح گردیده است. حجم مخزن سد گلستان ۸۶ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۷۹و ۵۲ میلیون مترمکعب در سال ۱۳۹۴ محاسبه شده و مساحت آن ۱۵۰۰ هکتار تعیین شده است. تعیین نقاط مناسب پرورش ماهیان سردآبی و همچنین مناطق مناسب پرورش در سد گلستان مشخص و رتبه‌بندی شدند. سپس تعداد بهینه Cage culture در یک مزرعه بر اساس ماکزیمم کردن مساحت مناطق مناسب پرورش و در نظر گرفتن فاصله اطمینان حدود ۸۰ متر محاسبه شد. نتایج با در نظر گرفتن حداکثر مساحت و حداقل فاصل اطمینان بین قفس‌ها بیانگر تعداد ۸۰، ۸۰ و ۱۰۰ Cage culture در هر منطقه به‌ترتیب برای پرورش سردآبی می‌باشد. با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری فاصله اطمینان ۸۰ متر و تعداد بهینه Cage culture، نحوه چیدمان مزارع پرورش ماهیان سردآبی در سد گلستان تعیین شد. براساس چیدمان تعیین شده، با توجه به مساحت حداکثر دریاچه که حدود ۱۳۸۳ هکتار می‌باشد. لازم به ذکر است با درنظر گرفتن حداقل حداقل مساحت دریاچه و حد اکثر فاصل اطمینان بین قفس‌ها سالانه می‌توان حدودا تولیدی معادل ۱۰۸تن ماهی قزل‌آلا می‌توان برداشت کرد و اگر عمق آب محل استقرار قفس‌ها کمتر از ۴ متر باشد حدود ۶۰ تن ماهی قزل‌آلا می‌توان تولید کرد.

واژه‌های کلیدی: پرورش در قفس، سد گلستان، ماهی قزل آلا

مقدمه

یکی از بزرگترین چالش‌های انسانی در نسل آتی، تضمین تولید غذای کافی برای جمعیت در حال رشد می‌باشد. همچنین محدودیت اراضی قابل کشت در سطح جهان باعث شده تا منابع غذایی آبهای داخلی، طبیعی و نیمه طبیعی بیشتر مورد توجه برنامه ریزان و سیاستگزاران قرار گیرند.

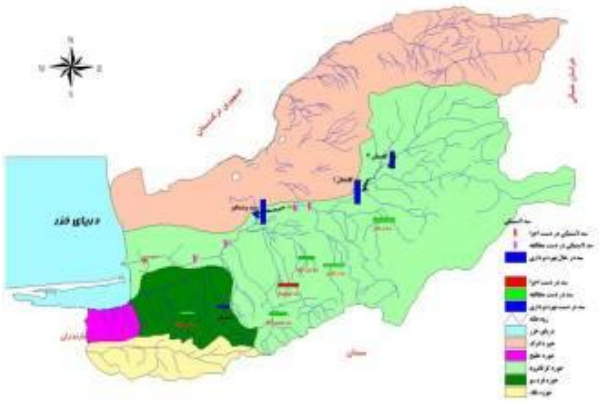
امروزه با توجه به گسترش فضاها یا شبکه‌های آبی همانند کانال‌ها، شبکه‌های آبیاری و دریاچه پشت سدها، توجه فزاینده‌ای به استفاده بهینه از جنبه آبزی پروری در سطح جهانی به وجود آمده است. در کشور ما با توجه به اینکه در چند سال گذشته منابع آبی فراوانی از این دست مورد بهره برداری قرار گرفته اند و شمار زیادی نیز درحال اجرا و احداث می‌باشند، لذا پتانسیل بالقوه قابل توجهی جهت آبزی‌پروری به وجود آمده است که استفاده بهینه از این پتانسیل می‌تواند از جنبه‌های فراوانی، سودمند باشد. اما مسلماً استفاده مناسب از این پتانسیل نیازمند مطالعات گسترده ای از جنبه‌های مختلف از جمله بررسی‌های شیلاتی (انتخاب بهترین گونه و روش پرورش و...) و علی‌الخصوص بررسی‌های

*نویسنده مسئول: puorsuofi@yahoo.com

زیست‌محیطی می‌باشد. پرورش آبزیان در قفس یک روش جدید پرورش آبزیان است که در آن با محصور کردن بخشی از محیط‌های آبی (نظیر دریاها، دریاچه‌های طبیعی و مصنوعی، دریاچه پشت سد، خورها، مرداب‌ها، تالاب‌ها و رودخانه‌ها) با تور یا ابزار مشبک دیگر، پرورش آبزیان انجام می شود. قفس‌ها به صورت ثابت یا شناور هستند (آذری و عبدالحمی، ۱۳۷۴).

موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه: حوضه آبریز سد گلستان با مساحت حدود ۵۰۰۰ کیلومترمربع بین عرض‌های ´۵۷، °۳۶ تا ´۴۶، °۳۷ شمالی و طول‌های ´۱۳، °۵۵ تا ´۲۸، °۵۵ شرقی واقع شده است. این حوضه از شمال به گپه داغ ،رشته کوه میرداوود وحد جنوبی حوضه آبریز اترک، از جنوب به گردنه خوش ییلاق و ارتفاعات جنوبی نردین (قسمتی از رشته کوه البرز) از شرق به منطقه رباط قربیل و کوه‌های آلاداغ وبینالود واز غرب به اراضی شرق گنبد و سد گلستان محدود می‌شود.

آبریز سد گلستان از سه حوضه بزرگ مادر سو (دوغ)، حاجی قوشان واوغان تشکیل شده که رودخانه اصلی آنها وارد سد گلستان می‌شود. سد گلستان واقع در ۱۲ کیلومتری شرق شهرستان گنبد بوده ودر سال ۱۳۷۹ افتتاح شده است. حجم مخزن سد گلستان ۸۶ میلیون مترمکعب و مساحت آن ۱۵۰۰ هکتار است (در سال ۱۳۷۹) و ۵۲ میلیون متر مکعب در سال ۱۳۹۴ می‌باشد. لازم به ذکر است سیل‌های ساله‌ای اخیر هر چند موجب پیشگیری از خسارات فراوانی به استان گردیده ولی باعث شده است که حدود ۲۴ میلیوم متر مکعب از حجم آن با رسوب پر شده و حجم ذخیره سازی کاهش یابد.



- حوضه آبریز سد گلستان: نتایج حاصل از بررسی تغییرات متوسط آبدهی ماهیانه رودخانه‌های گرگانرود در محل سد ، حاکی از مدیترانه‌ای بودن رژیم آبدهی آن می‌باشد بطوریکه در فصل پاییز با آغاز بارش‌های فصلی در منطقه میزان جریان سطحی رو به افزایش گذاشته و در بهار به حداکثر میزان خود می‌رسد بررسی عملکرد سدهای مخزنی گلستان و بوستان بر اساس سری‌های دراز مدت ۴۹ ساله (سال آبی ۳۰-۱۳۲۹ لغایت ۷۸-۱۳۷۷) انجام شده است بر اساس متوسط دراز مدت آبدهی ماهیانه مرطوب‌ترین ماه فروردین و خشک‌ترین ماه تیر ارزیابی شده است. مشخصات حوضه آبریز این رودخانه در ذیل آمده

جدول ۱- مشخصات حوضه آبریز این رودخانه گرگانرود و اوغان سال۱۳۹۶

مشخصات حوضه آبریز	گرگانرود	اوغان
مساحت حوضه آبریز	۴۴۵۱/۳ کیلومترمربع	۶۸۱ کیلومترمربع
ارتفاع متوسط حوضه	۸۵۴ متر از سطح دریا	۱۱۲۰ متر از سطح دریا
بارندگی متوسط سالانه	۳۶۶ میلی‌متر	۶۵۶ میلی‌متر
دبی متوسط سالانه	۳/۹۴ مترمکعب بر ثانیه	۴/۱۶ مترمکعب بر ثانیه
حجم آب سالانه	۱۲۴/۲ میلیون مترمکعب	۶۸ میلیون مترمکعب
رسوب سالانه	۰/۶ میلیون مترمکعب	۰/۰۵۲ میلیون مترمکعب
شیب حوضه	۱۰/۸۴ درصد	۱۷/۸ درصد
شیب متوسط رودخانه	۰/۸۱ درصد	۱/۶۳ درصد

- مکان‌یابی مزارع پرورش ماهی با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تعیین چیدمان بهینه آنها در سد گلستان: پارامترهای کیفی همچون دما، نیترات، نیتریت، آمونیاک، عمق آب، قلیائیت کل، سرعت آب، DO، pH و شوری برای پرورش انواع ماهیان مثل کپور دریایی که از ماهیان گرمابی می‌باشد و ماهی قزل آلا که از ماهیان سردابی هستند که دوره پرورش آنها کل سال می باشد، با اهمیت می باشند. مقایسه مقادیر میانگین پارامترهای کیفی ذکر شده در سد گلستان با دامنه قابل قبول این پارامترها برای پرورش ماهیان مذکور در گزارش قبلی، بیانگر این مطلب است که سد گلستان قابلیت پرورش اینگونه ماهیان را داراست و از این پهنه آبی وسیع می توان برای پروش ماهی بهره جست. اما پارامترهای کیفی مورد نظر در تمامی نقاط سد در دامنه قابل قبول نمی‌باشد و شرایط تمامی نقاط سد برای پرورش ماهی مساعد نمی‌باشد. لذا در این گزارش با انجام عملیات مکانیابی روی سد گلستان، قابلیت پرورش ماهی در نقاط مختلف سد سنجیده شده و مشخص می‌شود که چه نقاطی از سد برای پرورش گونه‌های مختلف ماهی مناسب بوده و میزان مناسب بودن این نقاط نسبت به هم مشخص و رتبه‌بندی می‌گردد. در نهایت نحوه چیدمان و فواصل استخرهای پرورش ماهی (کیج کالچرها) در داخل سد برای گونه‌های مختلف ماهی مشخص می‌شود.

- روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (Analytic Hierarchy Process): با توجه به اینکه بیش از پنج دهه از ارائه اولین روش‌های تعیین اولویت‌ها یا گزینه‌های برتر در طرح‌ها، برنامه‌ها و بخش‌های مختلف اقتصادی می‌گذرد؛ در طی این مدت روشهای مورد استفاده روند تکاملی داشته و از محاسبه عوامل کمی به سوی محاسبه عوامل کیفی و از نظرات فردی به تصمیم‌های گروهی ارتقا یافته است (قدسی پور، ۱۳۷۹). استفاده از روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه (MADM) به منظور انتخاب گزینه‌های برتر امری سودمند می‌باشد و روشهای متعددی به منظور اولویت بندی گزینه‌ها در قالب مدلهای MADM ارائه گردیده است (ولی سامانی و دلاور، ۱۳۸۹). یکی از جامعترین نظام‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) است؛ زیرا با بهره‌گیری از این فن، می‌توان مسئله را به صورت سلسله مراتبی در قالب معادلات درآورد و در آن، معیارهای مختلف کمی و کیفی را در نظر گرفت. این فرایند گزینه‌های مختلف را در تصمیم‌گیری دخالت میدهد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر پایهٔ مقایسهٔ زوجی، با امکان تسهیل قضاوتها و محاسبات،

بنا نهاده شده است و افزون بر این، میزان سازگاری و ناسازگاری تصمیم را نشان میدهد (اصغرپور، ۱۳۷۷). روش AHP در دهه ۱۹۷۰ توسط *Thomas* L. Saaty ابداع و سپس بر روی آن اصلاحات زیادی صورت گرفت (علی اکبری وهمکاران، ۱۳۹۰).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی با شناسایی و اولویت بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود. این عناصر شامل اهداف، معیارها و گزینه‌های احتمالی است که در اولویت‌بندی به کار گرفته می‌شوند. در این فرایند، شناسایی عناصر و ارتباط بین آنها منجر به ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی می‌شود. دلیل سلسله مراتبی بودن، ساختار خلاصه‌سازی عناصر تصمیم‌گیری در سطوح مختلف است. بنابراین نخستین گام در فرایند تحلیل سلسله مراتبی، ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی از موضوع مورد بررسی می‌باشد که اهداف، معیارها و گزینه‌ها و نیز ارتباط آنها در این ساختار سلسله مراتبی نشان داده می شود (Saaty, 1996). بعد از تجزیه مساله به سلسله مراتب، عناصر سطوح مختلف به صورت دو تایی با هم مقایسه شده و برای هر سطح از تصمیم با توجه به معیارهای تاثیر گذار در سطح بالایی ماتریس مقایسات زوجی تشکیل می‌گردد. مقایسه‌های زوجی در یک ماتریس n*n ثبت می‌شوند (n تعداد معیارهای تاثیرگذار است). روش تحلیل سلسله مراتبی روشی است که با مقایسه دو به دویی معیارها، وزن مناسب را برای هر معیار بسته به مقدار نقش آن در ایجاد یک پدیده محاسبه میکند. این وزنها در واقع اهمیت نسبی هر معیار یا خصیصه را نشان می‌دهند (صدوق و همکاران، ۱۳۸۹). برای مقایسه‌ها معیارها، مقیاس ۹ کمیتی Saaty (جدول۳) مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس از تشکیل ماتریس مقایسه با روش بردار ویژه و روشهای تقریبی مانند میانگین هندسی و حسابی، میتوان ضرایب اهمیت یا وزن‌های مربوط به عناصر مورد مقایسه در ماتریس مقایسه زوجی را محاسبه نمود. در روش بردار ویژه، اگر ماتریس مقایسه زوجی را A (معادله ۱) در نظر بگیریم و دترمینان ماتریس (A-λI) را برابر با صفر قرار دهیم که در آن λ مجهول و I ماتریس یکه n*n می‌باشد، مقادیر ویژه ماتریس A بدست می‌آید. بردار ویژه نیز با قرار دادن بزرگترین مقدار ویژه در معادله (۲) بجای λ بذست می‌آید. بردار ویژه بدست آمده همان وزنهای یا ضرایب اهمیت $(w_1, w_2, \dots w_n)$ مورد نظر می‌باشد.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$(A - \lambda I) \times (w_1, w_2, \dots w_n)^T = 0 \quad (2)$$

جدول ۳- مقیاس ۹ کمیتی Saaty برای مقایسه زوجی (توکلی و همکاران، ۱۳۸۸)

امتیاز	تعریف
۱	ترجیح یکسان
۳	کمی مرجح
۵	ترجیح بیشتر
۷	ترجیح خیلی بیشتر
۹	کاملا مرجح
۲،۴،۶،۸	ترجیحات مابین

شرط اصلی برای پذیرش مقایسه‌های زوجی، سازگار بودن مقایسه‌ها می‌باشد. بدین‌منظور نرخ سازگاری (CR) هر ماتریس محاسبه می‌گردد. نرخ سازگاری مکانیزمی است که میزان اعتماد اولویتهای به‌دست آمده را نشان می‌دهد. به‌طوری که اگر CR کمتر از ۰/۱ باشد، می‌توان سازگاری مقایسه‌ها را پذیرفت، در غیر این صورت لازم است که در مقایسه‌ها بازنگری صورت گیرد. نسبت سازگاری (CR) هر ماتریس با توجه به رابطه ۳ محاسبه می‌گردد (توکلی و همکاران، ۱۳۸۸) و (سروری، ۱۳۸۴).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

که در آن CI شاخص سازگاری ماتریس مقایسه زوجی بوده و با استفاده از بزرگترین مقدار بردار ویژه (λ_{max}) و بعد آن (n)، توسط رابطه (۴) برآورد می‌گردد:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (۴)$$

پارامتر RI تحت عنوان شاخص تصادفی نیز از جدول (۴) استخراج می‌گردد (سامانی و دلاور، ۱۳۸۹).

جدول ۴- مقادیر شاخص تصادفی (RI) بر اساس بعد ماتریس (Bowen, 1993)

بعد(n)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RI	۰	۰	۰.۵۸	۰.۹	۱.۱۲	۱.۲۴	۱.۳۲	۱.۴۱	۱.۴۵	۱.۴۹	۱.۵۱	۱.۴۸	۱.۵۶	۱.۵۷	۱.۵۹

در صورت عدم استفاده از روش بردار ویژه و به کارگیری روش میانگین حسابی که یک روش تقریبی است، بجای استفاده از بزرگترین مقدار بردار ویژه (λ_{max}) از L با رابطه ۵ استفاده می‌شود:

$$L = \frac{1}{n}\left[\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{AW_i}{W_i}\right)\right] \quad (۵)$$

AW_i برداری است که از ضرب ماتریس مقایسه دو دویی معیارها در بردار W_i (بردار وزن یا ضریب اهمیت معیارها) به‌دست می‌آید.

با تعیین ضریب اهمیت معیارها که با مقایسه معیارها با یکدیگر بدست می‌آید و محاسبه وزن گزینه‌ها نسبت به هر معیار که با مقایسه زوجی گزینه‌ها تحت معیارهای مورد بررسی حاصل می‌شود، نوبت به محاسبه وزن نهایی گزینه‌ها میرسد که از مجموع حاصلضرب وزن گزینه‌ها نسبت به معیارها در ضریب اهمیت معیارها طبق رابطه (۶) بدست می‌آید.

$$A_i = \sum_{j=1}^{m} a_{ij} \times w_j \quad (۶)$$

A_I: وزن نهایی گزینه i ام

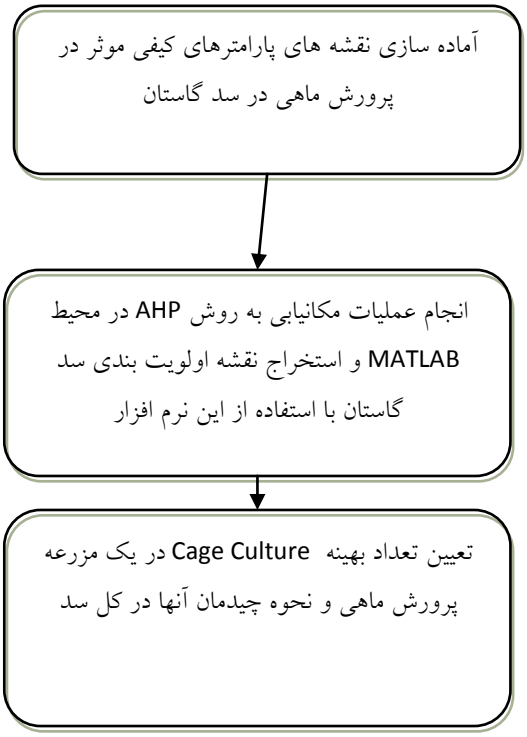
m: تعدا معیارها

a_{ji}: وزن گزینه i ام نسبت به معیار j ام (وزن نرمال شده)

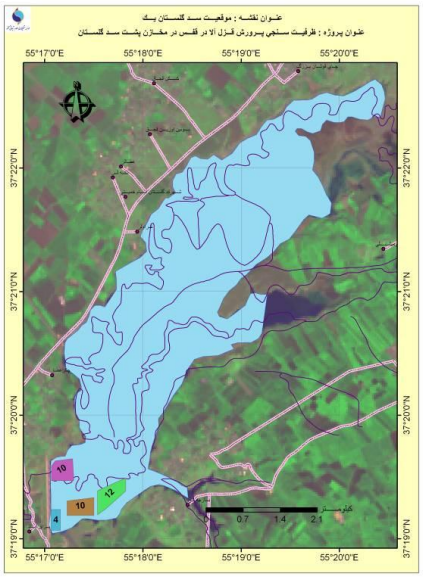
w_j: ضریب اهمیت معیار j‌ام (نرمال شده)

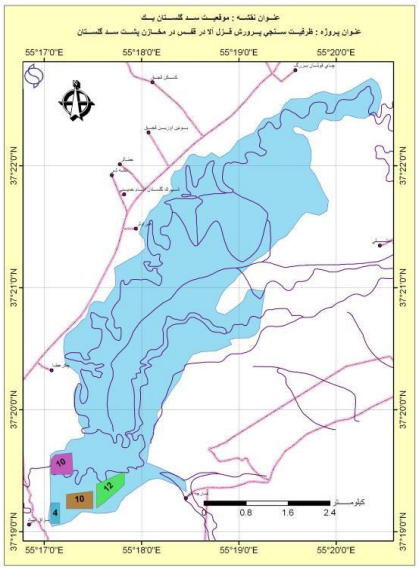
- **الگوریتم تحقیق:** در شکل (۱) الگوریتم تحقیق برای استخراج نقشه‌های اولویت‌بندی سد به‌منظور پرورش ماهیان سردآبی و گرمابی نشان داده شده است. در ادامه هر یک از این مراحل توضیح داده می‌شود.

آماده سازی نقشه‌های پارامترهای کیفی موثر در پرورش ماهی در سد گلستان: گام نخست به منظور انجام عملیات مکانیابی برای اولویت بندی نقاط مختلف سد گلستان از جهت مناسب بودن برای پرورش ماهی، تهیه نقشه توزیع مکانی پارامترهای کیفی موثر در دوره پرورش ماهیان قابل پرورش در سد گلستان می‌باشد. از آنجایی که بررسی‌های انجام شده نشان دهنده مناسب بودن سد گلستان برای پرورش ماهیان گرمابی مثل کپور دریایی و ماهیان سردآبی مانند ماهی قزل آلا با دوره پرورش طول سال می‌باشد. بنابراین نقشه توزیع مکانی پارامترهای کیفی موثر شامل دما، نیترات، نیتریت، آمونیاک، عمق آب، قلیائیت کل، سرعت آب، DO، pH و شوری مربوط به شش ماه دوم سال و همچنین کل سال تهیه گردید. به علت اینکه مساحت هر Cage برای پرورش ماهی ۵۰ متر مربع می‌باشد، داده‌های توزیع مکانی پارامترهای دما، نیترات، نیتریت، آمونیاک، قلیائیت کل، DO، pH و شوری با استفاده از نرم افزارهای Surfer 9 و MATLAB 7.10 استخراج شدند و نقشه توزیع مکانی عمق آب با استفاده از داده‌های عملیات هیدروگرافی در سد گلستان و در محیط نرم افزارهای ILWIS 3 و MATLAB 7.10 تهیه و آماده سازی گردید. تمامی این داده‌ها با استخراج شدند که در واقع یک محدوده مستطیل شکلی را نمایش میدهند که در برگیرنده سد گلستان می‌باشد. شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب نقشه‌های توزیع مکانی را در سد گلستان در شش ماه اول، شش ماه دوم و کل سال نمایش می‌دهند.



شکل ۱- الگوریتم تحقیق





شکل۲ شکل ۳

شکل ۲ و ۳- نقشه توزیع میانگین عمق و جریان آب مناسب در سد گلستان

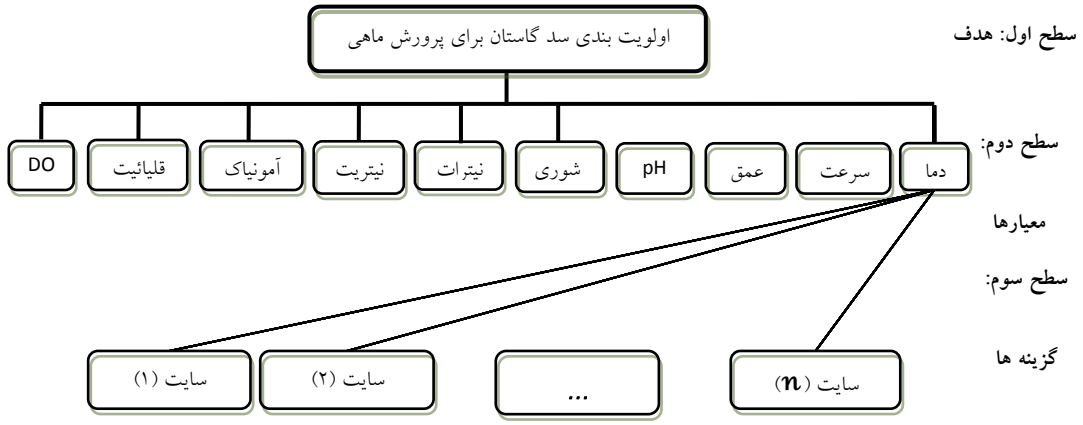
انجام عملیات مکانیابی به روش AHP در محیط MATLAB: برای انجام مکانیابی روی سد گلستان به‌منظور رتبه‌بندی نقاط سد از نظر میزان مناسب بودن برای پرورش ماهی از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده گردید. این مرحله شامل ۴ گام است:

گام اول-تشکیل ساختار ساسله مراتبی: برای مکانیابی به روش تحلیل ساسله مراتبی، ابتدا باید ساختار سلسله مراتبی مساله مورد بررسی تشکیل

شود. این ساختار برای مساله مورد بحث تشکیل گردید که شامل سه سطح هدف، معیارها و گزینه‌های انتخابی است. ساختار سلسله مراتبی تشکیل شده را نشان می‌دهد.

گام دوم- محاسبه ضریب اهمیت معیارها: در روش AHP برای محاسبه ضریب اهمیت (وزن) معیارها، معیارها دو به دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند و مقایسه‌ها در یک ماتریس n*n ثبت می‌شوند. در اینجا با توجه به اینکه ده معیار داریم این ماتریس ۱۰×۱۰ می‌باشد. در جدول (۵) این ماتریس مقایسه نشان داده شده است.

اهمیت نسبی پارامترهای مختلف برای رشد و حیات ماهی‌ها بین ۱ تا ۷ رتبه‌بندی شده‌اند. این تقسیم بندی بر اساس تجربیات متخصصین شیلات انجام شده است. درایه‌های قطر اصلی این ماتریس به دلیل عدم ارجحیت هر معیار بر خودش ۱ خواهد بود. در تشکیل ماتریس مقایسه باید توجه داشت که اگر ترجیح معیار a بر معیار b، m باشد، ترجیح معیار b بر معیار a، ۱/m خواهد بود.



شکل ۴- ساختار سلسله مراتبی اولویت بندی نقاط مختلف سد گلستان برای پرورش ماهی

جدول ۵- ماتریس مقایسه زوجی معیارها و ضریب اهمیت پارامترهای مختلف

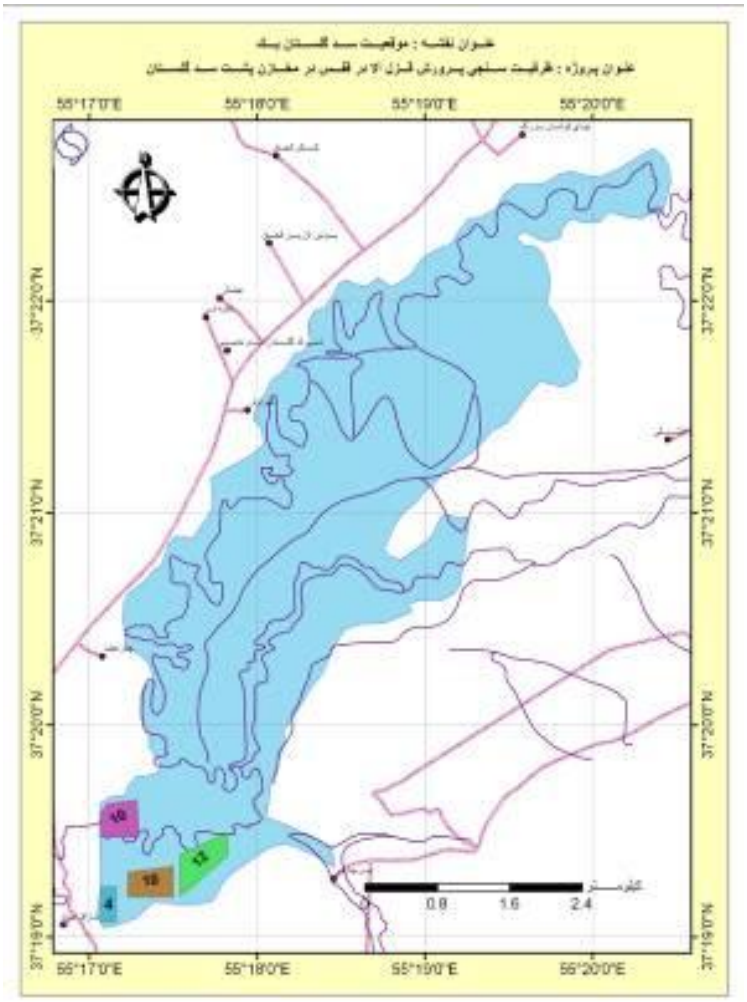
مقایسه معیارها تحت هدف مکانیابی	دما	نیترات	نیتریت	آمونیاک	سرعت	عمق	DO	pH	قلیائیت	شوری	وزن	وزن نرمال شده
دما	۱	۲	۲	۲	۳	۳	۴	۵	۶	۳	۰.۶۸۷۳۵۴	۰.۲۵۵۱
نیترات	۱/۲	۱	۱	۱	۳/۲	۳/۲	۲	۵/۲	۳	۳/۲	۰.۳۴۴۳۷۳	۰.۱۲۸۷
نیتریت	۱/۲	۱	۱	۱	۳/۲	۳/۲	۲	۵/۲	۳	۳/۲	۰.۳۴۱۱۳۳	۰.۱۲۶۵
آمونیاک	۱/۲	۱	۱	۱	۳/۲	۳/۲	۲	۵/۲	۳	۳/۲	۰.۳۴۸۵۷۳	۰.۱۲۶۲
سرعت	۱/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۱	۱	۴/۳	۵/۳	۲	۳/۳	۰.۲۲۳۲۲۳	۰.۰۸۵۳
عمق	۱/۳	۲/۳	۲/۳	۲/۳	۱	۱	۴/۳	۵/۳	۲	۷/۳	۰.۱۷۹۸۳۴	۰.۰۸۳۵
DO	۱/۴	۲/۴	۲/۴	۲/۴	۳/۴	۳/۴	۱	۵/۴	۶/۴	۳/۴	۰.۱۳۹۶۵۷	۰.۰۶۴۵
pH	۱/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۳/۵	۳/۵	۴/۵	۱	۶/۵	۳/۵	۰.۱۱۴۲۹۳	۰.۰۵۱۳
قلیائیت	۱/۶	۲/۶	۲/۶	۲/۶	۳/۶	۳/۶	۴/۶	۵/۶	۱	۳/۶	۰.۰۹۸۱۵۷	۰.۰۴۳۷
شوری	۱/۷	۲/۷	۲/۷	۲/۷	۳/۷	۳/۷	۴/۷	۵/۷	۶/۷	۱	۰.۲۲۰۱۲۱	۰.۰۳۵۱
مجموع وزن ها											۲.۶۹۶۷۱۸	۰.۹۹۹۹

سپس از روش بردار ویژه برای محاسبه ضرایب اهمیت معیارها استفاده شده است و چنانچه ماتریس مقایسه زوجی معیارها در جدول ۵ را ماتریس A در نظر بگیریم طبق روابط ۱ و ۲ ضرایب اهمیت یا وزنها محاسبه می‌شود. این ضرایب اهمیت در جدول ۵ (ستون وزن) نمایش داده شده‌اند. این ضرایب که با تقسیم شدن بر جمع کل ضرایب، نرمال شده‌اند، در ستون آخر جدول (۵) نشان داده شده‌اند. این ستون جدول۵ که یک ماتریس ۱×۱۰ است همان ماتریس w_j در رابطه ۶ است. نسبت سازگاری (CR) این ماتریس مقایسه حدود صفر بدست آمده است که نشان دهنده سازگاری مقایسات می‌باشد. این نسبت با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شده است.

تعیین تعداد بهینه و نحوه چیدمان Cage Cultureها در یک مزرعه پرورش ماهی در کل سد: مزارع پرورش ماهی باید در فاصله ای از هم قرار بگیرند که در صورت بروز آلودگی لحظه‌ای یکی از این مزارع، این آلودگی به مزارع همجوار آنها سرایت نکند و آنها آلوده نشوند. مطالعات انجام شده نشان داد که فاصله بهینه ۸۰ متر است (نحوه محاسبه این فاصله با استفاده از نرم‌افزار Mike 21 در گزارش قبلی بطور مبسوط بیان شده است) و اگر مزارع در این فاصله از هم قرار بگیرند بر یکدیگر اثر نخواهند داشت. مسئله دیگری که می تواند مطرح باشد، تعداد مناسب Cage Culture در یک مزرعه می‌باشد. نقاط مناسب بدست آمده برای پرورش ماهی را که با عملیات مکانیابی بدست آمده است را باید به تعدادی مزرعه که با فواصل ۸۰ متر از هم قرار دارند تبدیل کرد. از آنجاییکه نحوه چیدمان Cage Cultureها در مزارع، معمولا به صورت ردیف‌های دوتایی است که با راهرویی از هم جدا می‌گردند، از این رو در محیط نرم‌افزار Matlab7.10 با استفاده از نقشه‌های اولویت بندی سد و در نظر گرفتن فواصل ۸۰ متری مزارع در راستای افق و قائم با یکدیگر و همچنین تعداد زوج Cage Cultureهای پرورش ماهی در هر مزرعه، تعداد مناسب Cage Cultureهای پرورش ماهی در یک مزرعه تعیین شد. با نوشتن برنامه‌ای در محیط نرم‌افزار Matlab7.10 نقشه چیدمان مزارع پرورش ماهی با تعداد مختلف Cage Cultureها استخراج گردید.

سپس نقشه‌ها جهت انجام تحلیل بیشتر به محیط GIS نرم افزار ILWIS منتقل گردید. سپس منحنی تغییرات مساحت مورد استفاده سد در مقابل تعداد مختلف Cage Cultureها برای دوره پرورش مختلف (۶ ماهه اول (ماهی گرمابی)، ۶ ماهه دوم (ماهی سردآبی) ترسیم شد. با استفاده از این منحنی‌ها، تعداد مناسب Cage Cultureهای پرورش ماهی در هر مزرعه برای دوره پرورش مورد نظر مشخص گردید که این تعداد متناظر با بیشترین مساحت مورد استفاده سد یا ماکزیمم سطح پرورش ماهی می‌باشد.

- **تعیین نقاط مناسب سد برای پرورش ماهی:** در این پژوهش با بکارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) عملیات مکانیابی بر روی سد گلستان به منظور اولویت‌بندی نقاط مناسب این سد برای پرورش ماهی انجام شد. دما، نیترات، نیتریت، آمونیاک، عمق آب، قلیائیت کل، DO، pH و شوری پارامترهای کیفی موثر بر پرورش ماهی در سد می‌باشند که در عملیات مکانیابی مورد استفاده قرار گرفته اند. عملیات مکانیابی بر روی سد گلستان برای دوره پرورش شامل شش ماه اول و دوم سال و همچنین کل سال صورت گرفت که این دوره‌ها مطابق با دوره پرورش ماهیان گرمابی (کپور)، ماهیان سردآبی (قزل آلا) می‌باشند. تمامی عملیات در محیط برنامه Matlab 7.10 انجام شد و نقشه‌های توزیع مکانی نقاط مناسب پرورش ماهی رتبه بندی شده در سد گلستان برای دوره پرورش با استفاده از این نرم‌افزار و روش AHP استخراج شدند.



شکل ۵- نقشه مناطق مناسب سد گلستان برای پرورش ماهیان سردآبی و رتبه بندی نقاط مناسب پرورش ماهی (دوره پرورش: در طول سال)

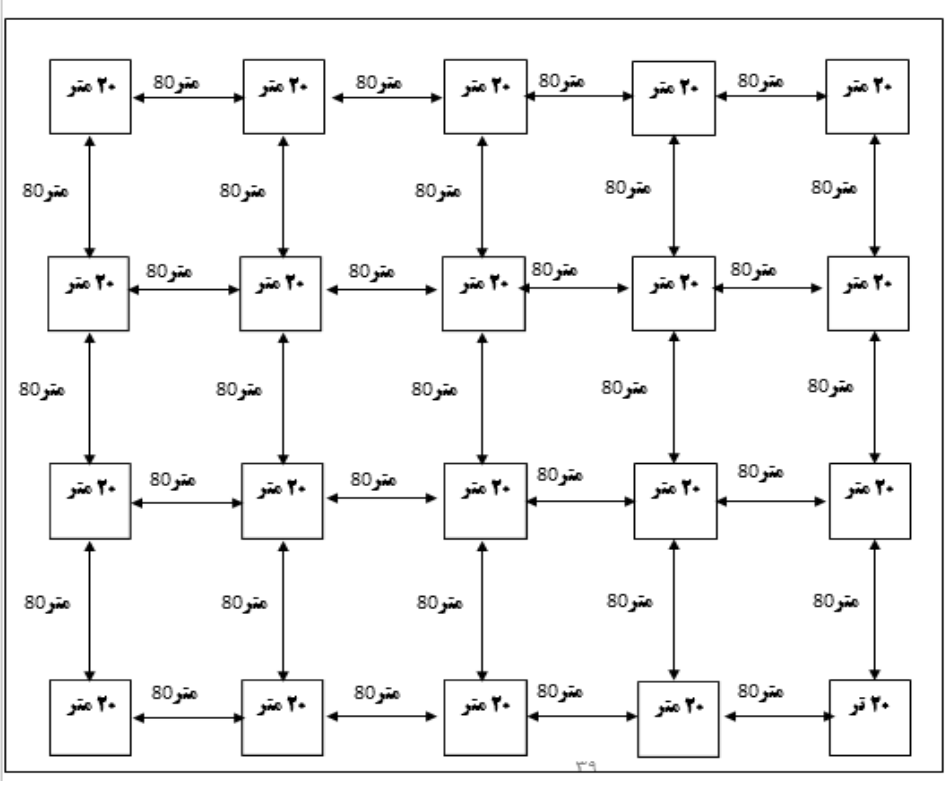
در ادامه برای یافتن تعداد مناسب Cage Cultureهای پرورش ماهی در هر مزرعه پرورش ماهی، از نقشه‌های اولویت بندی سد استفاده شد تا به ازای تعداد Cage Cultureهای مختلف در هر مزرعه، مساحت کل مناطق مناسب پرورش ماهی تعیین شود. با ترسیم تغییرات مساحت مورد استفاده سد در مقابل تعداد Cage Cultureهای یک مزرعه (شکل ۶)، تعداد مناسب Cage Cultureهای پرورش ماهی در یک مزرعه که متناظر با بیشترین مساحت می‌باشد، تعیین شد. شکل ۵ نشان میدهد که تعداد بهینه Cage Cultureهای پرورش ماهی در یک مزرعه برای ماهیان سردآبی به‌ترتیب شامل ۲۰ مزرعه (۴ ردیف ۵ تایی)، ۲۰ مزرعه (۴ ردیف ۵ تایی) و ۲۵ مزرعه (۵ ردیف ۵تایی) Cage Culture می‌باشد که با توجه به تعداد Cage Cultureهای بهینه پرورش ماهی در یک مزرعه، برای ماهیان سردآبی و مساحت منطقه پرورش به ترتیب ۱۰هکتار (۲۰ مزرعه با ۸۰ Cage Culture)، ۱۰هکتاری (۲۰ مزرعه با ۸۰ Cage Culture) و ۱۲هکتاری (۲۵ مزرعه با ۱۰۰ Cage Culture) می‌باشد. در نهایت، نقشه توزیع مزارع پرورش ماهی (با تعداد مناسب Cage Cultureهای پرورش ماهی محاسبه شده در سد گلستان نیز استخراج گردید.

بحث و نتیجه‌گیری کلی

تعیین نقاط مناسب پرورش ماهیان سردآبی در سد گلستان انجام شد و مناطق مناسب پرورش در سد گلستان مشخص و رتبه‌بندی شدند. سپس تعداد حداکثر Cage culture در یک مزرعه با درنظر گرفتن ماکزیمم مساحت مناطق مناسب پرورش و با در نظر گرفتن حداقل فاصله اطمینان حدود ۸۰ مترنتایج بیانگر تعداد ۸۰، ۸۰ و ۱۰۰ Cage culture در هر منطقه به‌ترتیب برای پرورش سردآبی می‌باشد که این تعداد قفس‌ها در شرایط ایده‌آل محیط آبی است. محاسبه براساس کمترین مساحت و عمق آب دریاچه در زمان یا دوره پرورش و با حداکثر فاصله اطمینان بین قفس‌ها تعداد قفس‌ها نصف تعداد بالا می‌شود. یعنی ۱۳۰ قفس در دریاچه با در نظر گرفتن حداقل مساحت آب و حد اکثر فاصله اطمینان ۱۰۰ متر و تعداد بهینه Cage culture، نحوه چیدمان مزارع پرورش ماهیان سردآبی در سد گلستان ۱۳۰ قفس تعیین شد.

بر اساس چیدمان تعیین شده، مساحت مناسب برای پرورش ماهیان سردآبی به‌ترتیب ۱۰هکتار (۱۰ مزرعه با ۴۰ Cage Culture)، ۱۰هکتار (۱۰ مزرعه با ۴۰ Cage Culture) و ۱۲هکتار (۱۵ مزرعه با ۵۰ Cage Culture) می‌باشد. لازم به ذکر است که حداقل عمق مورد نیاز جهت استقرار قفس‌ها به منظور پرورش ماهی باید ۳.۳ متر باید باشد تا بتوان اقدام به پرورش ماهی نمود.

به‌طور کلی اگر ارتفاع آب در محل استقرار قفس در زمان معرفی بچه ماهیان حد اقل حدود ۵ الی ۶ متر باشد از مساحت ۳۲ هکتاری قابل پرورش و استقرار قفس تقریباً ۱۰۴ تن ماهی قزل‌آلا می‌توان برداشت کردواگر عمق آب محل استقرار قفسها کمتر از ۴ متر باشد. حدود ۸۵تن ماهی قزل آلا میتوان صید کرد. اساس میزان محاسبه تولید هر قفسبا مساحت ۵۰ مترمربعی در سال‌های گذشته می‌باشد یعنی حداقل هر قفس ۸۰۰ کیلوگرم تولید داشته



شکل ۶- توزیع مزارع پرورش قزل‌آلا در سد گلستان Cage Culture در شرایط ایده آل

جدول ۶-زمان بندی پرورس در سد گلستان

گونه پرورشی	زمان معرفی بچه ماهی	زمان پایان پرورش	وزن بچه ماهی رهاسازی شده	حداکثر طول دوره پرورش
قزل آلا	از ۱۵ مهرماه شروع می‌شود.	حداکثر تا ۳۰ اسفند	۵۰تا ۱۵۰ گرمی	حدودا ۵/۵ ماه

پیشنهادات

الف- سناریوهای پیشنهادی این پروژه در شرایط بسیار مناسب و مطلوب با تاکید بر حجم و سطح آب مخزن سد ارائه گردیده است ؛ از آنجایی که فراهم شدن شرایط فوق به آسانی انجام نمی شود لذا استفاده از نظرات کارشناسی قبل از اقدام به بهره برداری ضروری می‌باشد.

ب- با توجه به شرایط آبی موجود و تخلیه دوره‌ای سد زمان شروع پرورش، وزن بچه ماهیان رهاسازی و مدت زمان پرورش بایستی با نظر کارشناسان تحقیقاتی و با بررسی شرایط هیدرولوژی، فیزیکوشیمیایی و نیاز آبی مناطق پایین‌دست صورت پذیرد.

منابع

۱. آذری، ع.، ۱۳۷۴. بررسی مقایسه‌ای امکان پرورش آزاد ماهیان در قفس‌های شناور آب‌های لب شور و شیرین. پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد شیلات از دانشگاه تهران، ۱۱۳ ص.

۲. اصغرپور، م.ج.، ۱۳۷۷. تصمیم‌گیری چندمتغیره. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۰۰ ص.

۳. توکلی، م.، فاضل‌نیا، غ.، گنجعلی، ع.ا.، ۱۳۸۸. کاربرد فرآیند تحلیل سلسله مراتبی در تعیین اولویت بخشهای اقتصادی: مطالعه موردی شهرستان نیشابور. فصلنامه روستا و توسعه ۱۲(۴)، ۷۷-۹۸.

۴. صدوق، م.ح.، جعفری، ت.، اسکندری، ح. ا.، ۱۳۸۹. پهنه‌بندی پتانسیل خطر زمین لغزش در حوضه قره‌چای با استفاده از روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در محیط GIS. فصلنامه سپهر ۷۶، ۳۴-۳۸.

۵. علی‌اکبری، ا.، جمال لیوانی، آ.، ۱۳۹۰. مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله‌های جامد شهری با استفاده از روش AHP (مطالعه موردی: بهشهر). مجله جغرافیا ۹(۳۰)، ۹۵-۱۱۱.

۶. قدسی‌پور، س.ح.، ۱۳۸۵. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP). انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۲۲۲ ص.

۷. سروری، ع.، ۱۳۸۴. مکان‌یابی محل دفن زباله شهرستان گنبدکاووس با استفاده از سنجش از دور و GIS. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکده محیط زیست و انرژی.

۸. ولی سامانی، ج.م.، دلاور، م.، ۱۳۸۹. کاربرد فرایند تحلیل شبکه‌ای (ANP) در اولویت‌بندی ساختگاه‌های پرورش میگو. تحقیقات منابع آب ایران ۶(۲)، ۴۶-۵۶.

9. Bowen, W.M., 1993. AHP: Multiple Criteria Evaluation, In: Spreadsheet Models for Urban and Regional Analysis. New Brunswick, Center for Urban Policy Research.

10. Saaty, T.L., 1996. The Analytic Network Process, Pittsburgh, RWS Publications.

Journal of Fisheries, Islamic Azad University, Azadshahr Branch
Vol. 15, No. 1, Spring 2021

Possibility of development of rainbow trout (*Oncorhynchus* mykiss) cage culture in Golestan Dam

T. Poursoofi[1*], H. Mohammadkhani[1], A.A. Aghaei moghdam[1]
[1]Inland Aquatic Resources Research Center, Gorgan, Iran

Abstract

Natural and semi-natural water resources with proper planning can be used for the production of aquatic, especially fish, and it is necessary to first assess the ecological factors and production potential. Then, the optimum cage culture number in a field was calculated based on maximizing the area of the appropriate farming and taking into account the confidence interval of about 80 meters. The results indicate 80, 80 and 100 cage culture in each region for cold water cultivation, respectively. Considering the 80 meter confidence distances and the optimal number of cage culture, the method of arrangement of cold-water fish farms in Golestan Dam was determined. According to the established design, the area suitable for the cultivation of cold water is 10 hectares (20 farms with 80 cage culture), 10 hectares (20 farms with 80 cage culture) and 12 hectares (25 farms with 100 cage culture), respectively. It should be noted that the minimum depth required for the establishment of cages for fish farming should be 3.3 meters in order to be able to farming. In general, if the depth of the water at the cage's position at the time of the introduction of the baby is at least 5 to 6 meters, the area of 32 hectares and the establishment of the cage, approximately 108 tons of fish can be harvested. If the water depth of the cage is less than 4 meters, about 60 tons of salmon can be caught.

Keywords: Golestan dam, Cage culture, Suitable farming areas

[*]Corresponding author; puorsuofi@yahoo.com