

# Environmental Impact Assessment of the Zayandehrud Dam

*Bina, B., (Ph.D) \*, Asadi, M; (Msc.) \* Ghysary., A. (Ph.D)\*\**

*\*School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences*

*\*\*Water and Wastewater Consulting Engineers (WWCE)*

## Abstract

Zayandehrud is one of the largest river (270 km) in IRAN. It emerges from Dimeh spring continuing to Isfahan city and received to Gavkhoni wetland. Due to placed in semi-arried area and also plenty of consumption for agricultural, industrial and public services it reci ved considerable attention.

Zayandehrud dam is costructed in 110 km of west Isfahan and consist of main dam, water power and adjustable dam. The aim of this study is to assess the environmental change due to instruction and operation of this dam.

The method used for analysis is based on Wooten and Rau Matrix Method. In this method subactivities of Zayandehrud dam project are classified into two steps (instruction and operation) and effect of each one on the environmental parameters such as climate, soil, noise, water etc. were assessed.

In this study the magnitude of an interaction was described by the asignment of anumerical value from one to three, with three representing a large magnitude and one a small magnitude. Depend on positive and negative effect the magnitude value was positive or negative respectively.

Summation of the number of rows and columns designed as having interaction can offer insight into impact assessment and interpretation. Based to this methodology total value of +62 was obtained which indicate of positive effect of Zayandehrud dam on the envionment.

# ارزیابی اثرات زیست‌محیطی سد زاینده‌رود

(دریافت ۸۱/۱/۱۴ پذیرش ۸۱/۷/۱۸)

بیژن بینا\*

مهدی اسدی\*\*

علی قیصری\*\*\*

## چکیده

سد زاینده‌رود با حجم ۱۲۵۰ میلیون مترمکعب و سطح ۴۸ کیلومتر در ۱۱۰ کیلومتری غرب اصفهان بر روی رودخانه زاینده‌رود ساخته شده است و شامل سد اصلی، نیروگاه برقابی و سد تنظیمی می‌باشد. در این تحقیق اثرات زیست‌محیطی این سد ارزیابی شده است.

روش مورد استفاده، ماتریس وتن و راثو<sup>۱</sup> می‌باشد، که در آن اثر ریز فعالیت‌های پروژه‌ی سد زاینده‌رود به صورت جداگانه بر روی پارامترهای زیست‌محیطی (زمین، آب، هوا، صدا، زیستگاه‌های گیاهی و جانوری، مسائل اقتصادی-اجتماعی، بهداشت و زیبایی منطقه) ارزیابی شده است. اثر هر ریز فعالیت از حاصل ضرب اهمیت و دامنه‌ی اثر به دست می‌آید.

پس از تعیین اثر کل ریز فعالیت‌های پروژه بر هر پارامتر زیست‌محیطی، مشخص شد که سد زاینده‌رود بر زمین، آب، زیستگاه‌های گیاهی و جانوری منطقه، اثر منفی داشته ولی بر آب و هوا، اوضاع اجتماعی-اقتصادی بهداشت و زیبایی منطقه اثر مثبت دارد. در نهایت اثر کلی سد بر محیط زیست منطقه مثبت ارزیابی می‌شود.

علی‌رغم برخی از جنبه‌های منفی سد زاینده‌رود برای محیط‌زیست، چون اثر کلی سد بر محیط زیست منطقه با استفاده از این روش ارزیابی، مثبت می‌باشد و با توجه به اهمیت بسیار زیاد آن برای شهر اصفهان می‌توان از نظر زیست‌محیطی آن را تأیید کرد.

کلمات کلیدی: ارزیابی زیست‌محیطی، ماتریس وتن و راثو، سد.

## مقدمه

مورد نیاز (کشاورزی، شرب، صنعت) مورد بهره‌برداری قرار گرفته و میزان استفاده از آن نیز در اغلب موارد غیر معقول می‌باشد، تنها راه حلی که باقی می‌ماند (غیر از راه‌حل‌های صرفه جویی) افزایش سهم آب‌های سطحی از طریق سدها است [۳]. با توجه به موارد گفته شده گرچه نمی‌توان سهم مهم و ارزنده سدها را در توسعه کشاورزی، تولید برق، کنترل و مهار سیلاب‌ها، تأمین آب شرب و غیره انکار کرد، ولی باید اذعان نمود که تقریباً هیچ سدی در کشور وجود ندارد که دارای مسئله و مشکل زیست‌محیطی نباشد.

ساخت غیراصولی سدها، مسائل زیست‌محیطی فراوانی از قبیل کاهش عمر مفید مخازن به علت ورود

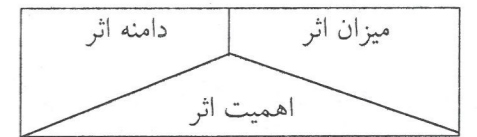
آب، سرچشمه هستی، آبادانی و گران‌بهاترین نعمت خدادادی است. بدون آب، زندگی بر روی کره‌ی زمین مقدور نیست و به همین جهت از اهمیت بسیار بالایی در زندگی انسان برخوردار است [۱]. با توجه به جمعیت فعلی جهان که بالغ بر ۶ میلیارد نفر می‌باشد و توقع مشروع و قانونی جمعیت مذکور برای بهبود سطح زندگی، نیاز به آب در سطح کل جهان در دهه‌های آینده به میزان قابل توجهی افزایش خواهد یافت و این در حالی است که منابع آب شیرین در جهان محدود بوده و توزیع آن‌ها ناهمگن می‌باشد [۲]. با توجه به این که سفره‌های آب زیرزمینی در حال حاضر برای تأمین تقریباً نیمی از آب

\* عضو هیات علمی گروه بهداشت محیط - دانشکده بهداشت  
\*\* دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت اصفهان  
\*\*\* کارشناس ارشد مهندسی مشاور طرح و تحقیقات آب و فاضلاب و عضو هیات علمی آموزشکده مهاجر

رسوبات بیش از حد به آن‌ها، مسئله‌ی کیفیت پایین آب سدها و مسائل و مشکلات بهداشتی ناشی از آب‌ها، شور شدن اراضی کشاورزی، اختلال در مسیرهای مهاجرت بعضی از گونه‌های ماهی، کاهش مواد مغذی در آب پایین دست سد و در نتیجه افزایش استفاده از کودهای شیمیایی در زمین‌های کشاورزی، برای جبران کاهش مواد مغذی و غیره را به دنبال دارد. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع ارزیابی زیست محیطی، لزوم ارزیابی اثرات مثبت و منفی سد زاینده رود اجتناب ناپذیر می‌باشد.

**روش‌ها**

روش مورد استفاده، ماتریس وتن و رائو می‌باشد که در آن، جمع جبری حاصل ضرب‌های اعداد مربوط به اهمیت اثر در دامنه‌ی اثر، مبنای تجزیه و تحلیل می‌باشد. مطابق شکل ۱ هر یک از خانه‌های جدول به سه قسمت تقسیم می‌شود.



شکل ۱- نمونه‌ای از خانه‌های ماتریس.

در قسمت سمت چپ هر خانه عدد مربوط به دامنه اثر با علامت مثبت (+) به معنی اثر مثبت و یا علامت منفی (-) به معنی اثر منفی قرار می‌گیرد. دامنه اثر نشان دهنده درجه، وسعت و یا میزان تغییرات است و بیشتر براساس واقعیات موجود ارزیابی می‌شود. قسمت پایین و سمت راست هر خانه، به عدد مربوط به اهمیت اثر، اختصاص می‌یابد. نمره هر اثر، از حاصل ضرب دو عدد مربوط به اهمیت اثر در دامنه اثر به دست آمده و در قسمت بالا و سمت راست هر خانه‌ی جدول قرار می‌گیرد. سپس جمع جبری نمرات مثبت و منفی هر ستون در ردیف آخر جدول محاسبه شده و نهایتاً نمره‌ی کل پروژه نیز حاصل جمع جبری ردیف آخر جدول خواهد بود [۴]. اظهار نظر نهایی در مورد پروژه سد زاینده رود با تعیین این نمره اعلام می‌شود. ریز فعالیت‌های پروژه سد زاینده رود به دو مرحله‌ی ساخت و بهره‌برداری تقسیم شده و پارامترهای زیست محیطی شامل زمین، آب، هوا، صدا، زیستگاه‌های

جانوری و گیاهی، مسائل اجتماعی-اقتصادی، بهداشت و زیبایی منطقه می‌شود.

**اهمیت اثر**

اهمیت اثر برای کلیه‌ی اثرات مشترک بوده و به صورت زیر تعریف می‌شود:  
خیلی کم با نمره ۱، کم با نمره ۲، مهم با نمره ۳، خیلی مهم با نمره ۴، بسیار مهم با نمره ۵.

**دامنه‌ی اثر**

دامنه‌ی اثر در اکثر موارد به صورت زیر تعیین می‌گردد ولی در موارد متفاوت، به صورت جداگانه تعریف خواهد شد.  
کم با نمره ۱، متوسط با نمره ۲، زیاد با نمره ۳.

**نتایج**

اثر ریز فعالیت‌های مختلف پروژه‌ی سد زاینده رود بر پارامترهای زیست محیطی به صورت زیر به دست آمده است:

**اثر بر زمین**

فرونشینی، فشردگی و فرسایش :  
چون خاکبرداری‌های انجام شده برای ساخت سد، درست در مسیر رودخانه زاینده رود انجام شده و باعث قطع مسیل گشته است و حجم خاکبرداری فقط برای سد در حدود ۳۰۰۰۰۰ مترمکعب بوده است، بنابراین دامنه‌ی اثر، متوسط و منفی با نمره (۲-) و اهمیت اثر مهم با نمره (۳) در نظر گرفته می‌شود. اهمیت اثر جاده‌سازی و حمل و نقل چون از طرفی به علت فشردگی باعث جلوگیری از فرسایش شده و از طرفی باعث افزایش رواناب سطحی می‌گردد، خیلی کم با نمره (۱) و دامنه اثر آن کم و منفی با نمره (۱-) منظور می‌شود. اهمیت اثر فعالیت‌هایی چون دفع زباله و نخاله‌های ساختمانی، جنگل‌زدایی و بوته‌کشی، خط انتقال نیرو، تلفن، کانال‌ها و مجاری آبیاری دفع فاضلاب، احداث تصفیه‌خانه آب، خط انتقال آب و انحراف آب بر روی فرسایش خیلی کم با نمره (۱) و دامنه اثر آن نیز کم و منفی با نمره (۱-) در نظر گرفته می‌شود.

جدول شماره (۱) : ماتریس ارزیابی اثرات زیست محیطی سد زاینده رود.

پارامترهای زیست محیطی	زیست محیطی		بهداشت		اقتصادی		اجتماعی		زیست گاهها		صدا		هوا		آب		زمین					
	جمع	چشم انداز	میراث فرهنگی	سلامت و ایمنی	مسکن	رفاه	سطح آموزش	اشتغال	جمعیت	گیاهی	جانوری	سر و صدا	تغییرات اقلیمی	کیفیت هوا	سطح آب زیرزمینی	کیفیت آب زیرزمینی	تعادل توزیع آب سطحی	کیفیت آب سطحی	کمیت آب سطحی	زلزله‌های القایی	خاک و زمین	فرسایش، فشردگی
خاکبرداری	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
حمل و نقل	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
جاده‌سازی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
دفع نخاله‌های ساختمانی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
جنگل‌زدایی و بوته‌کشی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
انحراف آب	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
خط انتقال نیرو، تلفن	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
نیروی کار	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
اب مورد نیاز	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
مهاجرت	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
تخریب منازل	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
تأمین آب شرب	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
تأمین آب صنعتی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
انرژی برقی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
کشتی‌رانی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
ماهی‌گیری تفریحی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
پرورش ماهی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
پرورش ماهی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
کانال‌ها و مجاری آبیاری	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
دریاچه سد	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
کامیون رسوبات	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
کامیون سیلاب	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
دفع زباله	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
دفع فاضلاب	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
احداث تصفیه‌خانه آب	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
تعمیر و نگهداری	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
تعمیرات رفاهی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
خط انتقال آب	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
تعمیرات فرهنگی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
تعمیرات اقتصادی	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+	۱+
جمع	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+	۱۲+

**ریز فعالیت‌های پروژه**

مرحله بهره‌برداری

مرحله ساخت

دامنه‌ی اثر حمل و نقل (در مرحله ساخت و بهره‌برداری)، جاده‌سازی (به علت استفاده از ترکیبات نفتی ساخت آسفالت و همچنین کاربرد وسایل نقلیه)، دفع مواد زائد جامد، دفع نخاله‌های ساختمانی، دفع فاضلاب، احداث تصفیه‌خانه آب، کانال‌ها و مجاری آبیاری، خط انتقال آب و خط انتقال نیرو و تلفن، کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر آن، خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود.

#### زلزله‌های القایی

دامنه اثر دریاچه سد بر روی زلزله‌های القایی به صورت زیر تعریف می‌شود:

کمتر از ۲ ریشتر با نمره ۱، ۴-۲ ریشتر با نمره ۲، بیشتر از ۴ ریشتر با نمره ۳.

به علت این که در منطقه سد زاینده‌رود تاکنون گزارشی از ایجاد زلزله‌های القایی به دست نیامده است بنابراین دامنه اثر دریاچه سد بر این پارامتر، برای احتیاط کمتر از ۲ ریشتر با نمره (۱-) و اهمیت اثر آن بسیار مهم با نمره (۵) در نظر گرفته می‌شود.

#### اثر بر آب

##### کیفیت آب سطحی

دامنه اثر خاک‌برداری، جنگل‌زدایی و بوته‌کشی، انحراف آب، خط انتقال نیرو و تلفن، کانال‌ها و مجاری آبیاری، دفع نخاله‌های ساختمانی، احداث تصفیه‌خانه آب و خط انتقال آب به علت فرسایش ناشی از باد و آب و ورود رسوبات رودخانه زاینده‌رود و به علت کم بودن وسعت آن‌ها کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر آن با نمره (۲) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر فعالیت‌هایی چون حمل و نقل چه در مرحله ساخت و چه در مرحله بهره‌برداری به علت آلودگی‌های حاصل از وسایل نقلیه مانند روغن و بنزین و ورود آن به رودخانه، کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر فعالیت‌هایی چون دفع مواد زائد جامد و دفع فاضلاب بر کیفیت آب‌های سطحی، کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر فعالیت‌هایی مانند ورزش‌های آبی به علت آلودگی‌های آب

زاینده‌رود ناشی از ریخت و پاش استفاده کنندگان از قایق‌ها در پایین دست و در نتیجه آلودگی آب زاینده‌رود، کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود. تبخیر به خصوص در مناطق گرمسیری باعث افزایش عناصر محلول در آب می‌شود. با توجه به اطلاعات به دست آمده، مشخص شد که متوسط تبخیر از سطح سد زاینده‌رود حدود ۴۰ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. بنابراین پارامترهای کیفی آب آشامیدنی نظیر کلسیم، منیزیم، پتاسیم، بی‌کربنات و غیره در دو مقطع بالادست و پایین دست سد از سال ۱۳۴۹ به بعد که به صورت ماهیانه اندازه‌گیری شده بود، مورد آنالیز قرار گرفت و مشخص شد که غلظت ورودی و خروجی پارامترهای کیفی آب آشامیدنی نظیر کلسیم و بی‌کربنات در فصل تابستان که بیشترین میزان تبخیر وجود دارد، در خروجی از سد بیش از مقادیر ورودی می‌باشد. ولی با توجه به آنالیزهای آماری انجام شده مقادیر P-Value بین نمونه‌های آزمایش شده قبل از سد نسبت به بعد از آن در یک دوره طولانی مدت ۳۰ ساله به صورت سالیانه همگی بزرگ‌تر از ۰/۰۵ بوده و به این ترتیب تغییر چندانی مشاهده نشد. ولی با توجه به این که در نیم بیشتری از سال این پارامتر کاهش نشان می‌دهد، اثر سد در نهایت به صورت سالیانه در کاهش این پارامترها مشهود می‌باشد. بنابراین اثر سد بر این پارامترها مثبت ارزیابی می‌شود. دامنه اثر دریاچه سد بر کیفیت آب‌های سطحی، کم و مثبت با نمره (۱+) و اهمیت اثر آن نیز بسیار کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود. آنالیزهای انجام گرفته در مورد روند تغییرات غلظت مواد معلق و میزان رسوبات ورودی و خروجی سد در ماه‌های مختلف نشان داد که در کلیه ماه‌های سال میزان رسوبات و همچنین غلظت مواد معلق در جریان خروجی از سد، نسبت به مقادیر ورودی آن کمتر می‌باشد. این مقدار در ماه‌های پر باران سال به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد و در ماه‌های کم باران به یکدیگر نزدیک می‌شود. در این مورد، مقدار P Value، کمتر از ۰/۰۵ بوده و بنابراین اختلاف معنی‌دار است. با توجه به کل موارد گفته شده دامنه اثر کاهش رسوبات بر کیفیت آب‌های سطحی، کم و مثبت با نمره (۱+) و اهمیت خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود.

#### کیفیت آب‌های سطحی

دامنه اثر ریز فعالیت‌های پروژه بر کمیت آب‌های سطحی به صورت زیر تعریف می‌شود:

کمتر از ۳۳/۳ درصد با نمره ۱، ۶۶/۶-۳۳/۳ با نمره ۲، بیشتر از ۶۶/۶ با نمره ۳، دامنه اثر فعالیت‌هایی چون آب مورد نیاز در مرحله ساخت به علت این که آب مورد استفاده درصد بسیار ناچیزی از آب زاینده‌رود را تشکیل داده و از رودخانه دائمی تأمین می‌شده است، کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر بسیار کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود. مصرف آب آشامیدنی اصفهان، حدوداً ۳۶۰ میلیون مترمکعب و مصارف صنایع، ۷۵ میلیون مترمکعب می‌باشد. متوسط کل آب ورودی به سد نیز، حدود ۱۹۵۰ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. بنابراین آب آشامیدنی ۱۸ درصد و آب صنعتی ۵ درصد کل آب ورودی را تشکیل می‌دهد. بنابراین دامنه اثر فعالیت‌هایی چون تأمین آب آشامیدنی و صنعتی، کمتر از ۳۳/۳ درصد و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر آن مهم با نمره (۳) در نظر گرفته می‌شود. هم‌چنین مصرف کل آب کشاورزی شبکه، ۱۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد. بنابراین در حدود ۵۹ درصد میزان آب ورودی را تشکیل داده و در محدوده ۶۶/۶-۳۳/۳ قرار می‌گیرد، بنابراین دامنه اثر آن، منفی با نمره (۲-) و اهمیت مهم با نمره (۳) در نظر گرفته می‌شود.

#### تعادل توزیع آب سطحی

متوسط آب ورودی و خروجی سد زاینده‌رود، از سال ۱۳۵۷ تا ۱۳۷۸، به صورت ماهیانه، نشان می‌دهد که در فصل بهار و زمستان، میزان آب ورودی به سد بیشتر از خروجی از آن است و آب برای فصل‌های تابستان و پاییز، که مصارف بالاست، ذخیره می‌شود. آنالیزهای آماری در این مورد نیز، مقادیر P-Value کمتر از ۰/۰۵ را نشان می‌دهد. با توجه به اهمیت شهر اصفهان به عنوان سومین شهر بزرگ کشور، و تأمین آب آشامیدنی این شهر و تأمین قسمت اعظم آب آشامیدنی شهرستان یزد و کاشان و آبیاری حدود ۹۵۰۰۰ هکتار از اراضی کشاورزی زیردست سد و هم‌چنین مصارف صنعتی صنایع بزرگی چون ذوب‌آهن، فولاد مبارکه، پلی‌اکریل و غیره، در صورت عدم وجود سد زاینده‌رود، میزان آب رودخانه به هیچ وجه نمی‌توانست جوابگوی نیازهای مختلف باشد. دامنه اثر

دریاچه سد بر تعادل توزیع، زیاد و مثبت با نمره (۳+) اهمیت اثر آن بسیار مهم با نمره (۵) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر کنترل سیلاب بر تعادل توزیع، با توجه به این که فراوانی سیلاب‌های به وقوع پیوسته کم است، متوسط و مثبت با نمره (۲+) و اهمیت اثر آن، بسیار مهم با نمره (۵) در نظر گرفته می‌شود.

#### کیفیت آب زیرزمینی

در محدوده پایاب سد زاینده‌رود آزمایش‌های چندانی بر روی کیفیت آب‌های زیرزمینی صورت نگرفته است. ولی به طور اجمال، آزمایشات انجام گرفته نشان می‌دهد که میزان کل جامدات محلول در آب‌های زیرزمینی، افزایش نشان می‌دهد. دامنه اثر دریاچه سد بر کیفیت آب زیرزمینی با توجه به موارد اشاره شده در فوق، کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر کم با نمره (۲) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر فعالیت‌هایی چون دفع مواد زائد جامد و دفع فاضلاب شهرک اطراف سد روی کیفیت آب‌های زیرزمینی متوسط و منفی با نمره (۲-) و اهمیت اثر آن به خاطر سطح پایین آب‌های زیرزمینی در منطقه، خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود.

#### سطح ایستایی آب زیرزمینی

با توجه به این که در موقع ساخت سد، از آب زاینده‌رود برای این منظور، استفاده شده است، بنابراین در موقع ساخت بر کمیت آب زیرزمینی تأثیری ایجاد نشده است. ولی در موقع بهره‌برداری، به علت استفاده از آب برای آبیاری و ورود این آب‌ها به آب‌های زیرزمینی، باعث کاهش افت سطح ایستایی آب‌های زیرزمینی منطقه شده است. در منطقه پایاب سد، اطلاعات مربوط به تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی از سال ۷۸-۶۲، از سازمان آب منطقه‌ای استخراج شده و پس از آنالیز مشخص شد که به طور متوسط این تغییرات ۰/۴۴ متر بوده است. این در حالی است که به طور متوسط حدود ۱ متر افت سطح آب زیرزمینی در استان ایجاد شده است. دامنه اثر دریاچه سد بر سطح ایستایی آب زیرزمینی، متوسط و مثبت با نمره (۲+) و اهمیت اثر خیلی کم با نمره (۱) تعیین می‌شود.

جدول ۱- چارت پاسکوئیل برای تعیین کلاس‌های پایداری هوا [۵].

سرعت سطحی باد در ۱۰متری	روز (تابش ورودی خورشید)			شب	
	زیاد	متعادل	کم	کمی ابری	ابری
۲(m/s)	A	A-B	B	-	-
۲-۳(m/s)	A-B	B	C	E	F
۳-۵(m/s)	B	B-C	C	D	E
۵-۶(m/s)	C	C-D	D	D	D
بیشتر از ۶ (m/s)	C	D	D	D	D

A: بسیار ناپایدار، B: ناپایدار  
C: کمی ناپایدار، D: خنثی  
E: کمی پایدار، F: پایدار تا بسیار پایدار

#### اثر بر هوا کیفیت هوا

کلاس‌های پایداری هوا در جدول ۱ نشان داده شده است.

دامنه اثر فعالیت‌های پروژه بر کیفیت هوا به صورت زیر تعیین می‌شود:

کلاس پایداری A-B: بسیار ناپایدار- ناپایدار با نمره ۱  
کلاس پایداری C-D: کمی ناپایدار- خنثی با نمره ۲  
کلاس پایداری E-F: کمی پایدار- پایدار با نمره ۳

با توجه به این که سرعت باد در منطقه در حدود ۱ متر در ثانیه بوده و در اغلب روزها هوا آفتابی می‌باشد، این منطقه از نظر کلاس پایداری در محدوده بسیار ناپایدار- ناپایدار قرار گرفته و بنابراین اثر آلوده‌کننده‌های ذره‌ای و گازی از منابع مختلف بر منطقه به علت رقیق شدن آن تأثیر چندانی ندارد. دامنه اثر فعالیت‌هایی همچون خاک‌برداری، حمل و نقل (در مرحله ساخت و بهره‌برداری) جاده‌سازی و احداث تصفیه‌خانه آب و خط انتقال آب بر کیفیت هوای منطقه با نمره (۱-) و اهمیت اثر آن خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود.

#### تغییرات اقلیمی

به علت این که سد زاینده‌رود جزء مخازن کوچک می‌باشد (مساحت سطح مخزن حدود ۴۸ کیلومتر مربع)،

بنابراین تأثیر آن بر اقلیم در شعاع بیشتر از ۲۰ کیلومتر، ناچیز است [۶]. بر این اساس با استفاده از اطلاعات به دست آمده از سازمان هواشناسی، پارامترهای مختلفی مثل متوسط درجه حرارت حداقل و حداکثر و متوسط روزانه، هم‌چنین تعداد روزهای یخبندان، رطوبت نسبی و میزان بارندگی از اطلاعات مربوط به ایستگاه آبادچی (حدود ۵ کیلومتری سد) از سال ۱۳۴۰ تا سال ۱۳۷۷ استخراج شد. این اطلاعات در دو دسته مورد آنالیز قرار گرفت. یک دسته از سال ۱۳۴۰ تا سال ۱۳۵۰ (سال آبیگری سد) و یک دسته از سال ۱۳۵۱ تا سال ۱۳۷۷ (سال‌های بعد از آبیگری سد). آنالیزهای آماری نشان داد که در کلیه موارد به جز میزان بارندگی مقدار P-Value در زمان قبل از ساخت با بعد از آن، اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد. درجه حرارت متوسط ایستگاه آبادچی در فصول مختلف بعد از ساخت سد نسبت به قبل از آن تفاوت محسوسی داشته و کمتر شده است. این در حالی است که طی این مدت، درجه حرارت متوسط استان افزایش نشان می‌دهد. هم‌چنین درجه حرارت‌های حداقل در فصول مختلف افزایش پیدا کرده و درجه حرارت‌های حداکثر کاهش نشان می‌دهد. تعداد روزهای یخبندان نیز به طور متوسط از ۲۱ روز در قبل از ساخت سد به حدود ۱۱ روز در بعد از ساخت سد رسیده است و میزان متوسط بارندگی سالیانه نیز ۱/۶ میلی‌متر افزایش پیدا کرده و از ۳۲/۵ به حدود ۳۴/۱ میلی‌متر رسیده است.

هم‌چنین رطوبت نسبی از ۴۲٪ در ساعت ۶:۳۰ صبح به ۶۵٪ در ساعت ۱۲:۳۰ از ۲۴٪ به ۴۳٪ و در ساعت ۱۸:۳۰ از ۲۸٪ به ۴۷٪ رسیده است.

با توجه به این که تغییرات در زمینه‌های مختلف کم می‌باشد، دامنه‌ی اثر دریاچه‌ی سد بر تغییرات اقلیمی کم و مثبت با نمره (۱+) و اهمیت اثر بسیار کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود.

#### اثر بر صدا اثر بر سر و صدا

با توجه به این که در منطقه سد زاینده‌رود منطقه حساسی از نظر صدا وجود ندارد، بنابراین میزان اثر صدا بیشتر بر روی کارگران سنجیده می‌شود. دامنه‌ی اثر فعالیت‌های پروژه بر سر و صدا به صورت زیر تعیین می‌شود [۷].

کمتر از ۸۹ دسی بل با نمره ۱، ۹۰-۱۰۹ دسی بل با نمره ۲، ۱۱۰ دسی بل به بالا با نمره ۳. دامنه اثر فعالیت‌هایی هم‌چون خاک‌برداری، حمل و نقل، جاده‌سازی، دفع نخاله‌های ساختمانی، جنگل‌زدایی و بوته‌کشی، خط انتقال نیرو، احداث تصفیه‌خانه آب، خط انتقال آب و انرژی برقایی، کمتر از ۸۹ دسی بل و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود.

#### اثر بر زیستگاه‌ها

منطقه تحت تأثیر سد زاینده‌رود، شعاع ۲۰ کیلومتری اطراف سد را شامل می‌شود، بنابراین مساحت منطقه مورد نظر حدود ۱۲۵۶ کیلومتر مربع می‌باشد. دامنه اثر خاک‌برداری و هم‌چنین جنگل‌زدایی و بوته‌کشی بر زیستگاه‌های جانوری بر حسب نسبت مساحت خاک‌برداری شده به کل مساحت منطقه مورد نظر سنجیده می‌شود.

کمتر از ۱۰٪ با نمره ۱، ۱۱-۲۰٪ با نمره ۲، بیشتر از ۲۰٪ با نمره ۳.

دامنه اثر خاک‌برداری با توجه به این که مساحت خاک‌برداری با توجه به این که مساحت خاک‌برداری شده برای فونداسیون و نیروگاه و تأسیسات جانبی حدود ۳۰۰۰۰ متر مربع می‌باشد، بر روی زندگی جانوری کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر جنگل‌زدایی و بوته‌کشی با نمره

۱- و اهمیت اثر آن نیز بسیار کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود. دریاچه سد، محل سکونت پرندگان مهاجر بسیاری است. به طوری که در یک نوبت شمارش حدود ۶۷۹ عدد انواع پرند در این دریاچه شمارش شده است. دامنه اثر دریاچه سد بر زیستگاه‌های جانوری کم و مثبت با نمره (۱+) و اهمیت اثر آن هم بسیار کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود.

#### گیاهی

مساحت کل منطقه، ۱۲۵۶ کیلومتر مربع و مساحت خاک‌برداری ۳۰۰۰۰ متر مربع می‌باشد. بنابراین دامنه اثر آن کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر آن خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود.

دامنه اثر جنگل‌زدایی و بوته‌کشی نیز ۴۸ کیلومتر مربع بوده و نسبت به مساحت کل (۱۲۵۶ کیلومتر مربع) کم می‌باشد، بنابراین در محدوده کمتر از ۱۰٪ قرار گرفته و نمره (۱-) به آن تعلق می‌گیرد. اهمیت اثر آن نیز خیلی کم با نمره (۱) می‌باشد. اثر دریاچه سد به علت این که باعث تغییر بسیار ناچیزی در مقدار بارندگی و رطوبت نسبی شده و هم‌چنین باعث افزایش سطح زیر کشت کشاورزی منطقه به میزان ۹۵۰۰۰ هکتار گردیده است، دامنه اثر دریاچه سد بر گونه‌های گیاهی به صورت زیر تعیین می‌شود:

کمتر از ۳٪ با نمره ۱، ۳-۶٪ با نمره ۲، ۶-۱۰٪ با نمره ۳.

چون حوزه آبریز رودخانه زاینده‌رود، ۴۳۰۰۰۰ هکتار می‌باشد، بنابراین سطح زیر کشت کشاورزی سد به کل حوزه آبریز مد نظر می‌باشد و حدود ۲۰٪ کل حوزه آبریز زاینده‌رود را زیر کشت قرار داده است. بنابراین دامنه اثر آن کمتر از ۳٪ و مثبت با نمره (۱+) و اهمیت اثر مهم با نمره (۳) در نظر گرفته می‌شود.

#### اثرات اجتماعی-اقتصادی

##### جمعیت

با توجه به این که در هنگام ساخت سد اکثر کارکنان سد، بومی منطقه بوده‌اند، بنابراین اثری در افزایش جمعیت نداشته‌اند. شمار کارکنان دائمی سد ۲۰۰ نفر و شمار کارکنان نیروگاه ۵۰ نفر می‌باشد. با احتساب بعد خانوار

۴ نفر، شمار کل جمعیت کارکنان حدود ۱۰۰۰ نفر برآورد می‌گردد. با توجه به این که از این تعداد، حدود ۲۰ نفر نیروهای متخصص مهاجری می‌باشند که به این منطقه آمده‌اند، شمار افزایش جمعیت حدود ۸۰ نفر است. تعداد کل جمعیت منطقه چادگان طبق سرشماری سال ۱۳۷۵، ۷۲۰۷ نفر می‌باشد که این مقدار حدود ۱٪ جمعیت فعلی منطقه را تشکیل می‌دهد.

دامنه اثر نیروی کار سد بر جمعیت به صورت زیر تعیین می‌گردد:

۱-۵ با نمره ۱، ۱۰-۶ با نمره ۲، بیشتر از ۱۰ با نمره ۳. دامنه اثر نیروی کار سد بر جمعیت در محدوده ۱-۵ درصد قرار گرفته و نمره (۱-) را به خود اختصاص می‌دهد. هم‌چنین اثر آن خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود.

#### اشتغال

دامنه اثر فعالیت‌های مختلف بر زمینه اشتغال به صورت زیر تعریف می‌شود:

بخشی از نیروی کار از داخل و بخشی از خارج منطقه با نمره ۱- تأمین می‌شود. نیروی کار اغلب از داخل منطقه با نمره ۲ تأمین می‌شود، و نیروی کار از داخل منطقه با نمره ۳ تأمین می‌شود.

دامنه اثر فعالیت‌هایی چون خاک‌برداری، حمل و نقل، جاده‌سازی، دفع نخاله‌های ساختمانی، جنگل‌زدایی و بوته‌کنی، خط انتقال نیرو و تلفن، تأمین آب شرب، صنعتی، برق آبی، ورزش‌های آبی، پرورش ماهی، دفع مواد زائد جامد، احداث تصفیه‌خانه آب و خط انتقال آب بر اشتغال به علت این که نیروی کار عمدتاً از داخل منطقه تأمین شده است، با نمره (۲+) و اهمیت اثر خیلی کم با نمره (۱) و در زمینه کشاورزی چون نیروی کار لازم بومی خود منطقه می‌باشند، با نمره (۳) و اهمیت اثر (۵) در نظر گرفته می‌شود.

#### سطح آموزش

با توجه به این که عمده اثر سد زاینده‌رود در افزایش مصرف آب کشاورزی و در نتیجه افزایش سطح زیر کشت زمین‌های کشاورزی که تا تالاب گاوخونی ادامه دارد، می‌باشد و اثر بسیار وسیعی در افزایش سطح زیر کشت

کشاورزی حاشیه زاینده‌رود داشته است و در بعضی مناطق شبکه آبیاری مدرن ایجاد شده است، بنابراین مستلزم افزایش سطح آموزش کشاورزان منطقه در این زمینه است. هم‌چنین ورود نیروی کار جدید بر اثر افزایش سطح آموزش تأثیر می‌گذارد. در این قسمت منظور از سطح آموزش بیشتر آموزش در زمینه شغلی است. به همین منظور دامنه اثر به صورت زیر تعیین می‌گردد:

آموزش ساده با نمره ۱، آموزش فنی با نمره ۲ و آموزش تخصص با نمره ۳.

دامنه اثر فعالیت‌هایی چون نیروی کار (در مرحله ساخت) بر سطح آموزش، ساده و مثبت با نمره (۱+) و اهمیت اثر مهم با نمره (۳) در نظر گرفته شده است. دامنه اثر نیروی کار در مرحله بهره‌برداری بر روی آموزش مثبت با نمره (۲+) و اهمیت آن بسیار مهم با نمره (۵) در نظر گرفته شده است.

#### رفاه

دامنه اثر نیروی کار در مرحله ساخت و تغییرات فرهنگی روی رفاه کم و مثبت با نمره (۱+) و اهمیت اثر آن خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر کنترل سیلاب بر روی رفاه، زیاد و مثبت با نمره (۳+) و اهمیت اثر بسیار مهم با نمره (۵) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر نیروی کار در مرحله بهره‌برداری و تغییرات اقتصادی، متوسط و مثبت با نمره (۲+) و اهمیت اثر مهم با نمره (۳) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر فعالیت قیمت زمین بر روی رفاه کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر خیلی کم با نمره (۱) ارزیابی می‌گردد.

#### مسکن

دامنه اثر نیروی کار در مرحله ساخت و تغییرات فرهنگی بر روی مسکن، کم و مثبت با نمره (۱+) و اهمیت اثر خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر تأمین آب کشاورزی و نیروی کار در مرحله بهره‌برداری و تغییرات اقتصادی، متوسط و مثبت با نمره (۲+) و اهمیت کم با نمره (۲) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر افزایش قیمت زمین بر مسکن کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر خیلی کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود.

#### بهداشت

##### سلامتی

دامنه اثر دریاچه سد به علت این که تاکنون موردی از بیماری‌های منتقله توسط آب گزارش نشده است ولی برای احتیاط کم و منفی با نمره (۱-) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر کنترل سیلاب، به علت ایجاد محیط امن و پائین‌دست، متوسط و مثبت با نمره (۲+) و اهمیت اثر بسیار زیاد با نمره (۵) در نظر گرفته می‌شود. هم‌چنین با توجه به این که احتمال شکست یک سد خوب طراحی شده و مدرن بسیار ضعیف است، ولی باز هم دامنه اثر خطر شکست بر سلامت و ایمنی کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر بسیار مهم با نمره (۵) ارزیابی می‌گردد. دامنه اثر فعالیت‌های تأمین آب شرب و تغییرات فرهنگی و اقتصادی بر سلامت و ایمنی، کم و مثبت با نمره (۱+) و اهمیت اثر بسیار کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود. دامنه اثر فعالیت‌هایی مانند دفع مواد زائد جامد و دفع فاضلاب، بر سلامت و ایمنی، کم و منفی با نمره (۱-) و اهمیت اثر بسیار کم با نمره (۱) در نظر گرفته می‌شود.

##### زیبایی

##### میراث فرهنگی

به علت این که آب خارج شده از سد، از نظر مواد معلق (به علت رسوب این مواد در مخزن سد)، کاهش

#### منابع و مراجع

۱- مجنونیان، ه. (۱۳۷۸). "حفاظت رودخانه، ویژگی‌های بیوفیزیکی، ارزش‌های زیست‌گامی و ضوابط بهره‌برداری"، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست: ۷۳-۷۲.

۲- ارفع، ح. (۱۳۵۰). "مهندسی رودخانه و حمل مواد رسوبی"، موسسه آب‌شناسی ایران، ۶.

۳- آل یاسین، آ. (۱۳۷۵). "رفتار رودخانه و مهندسی محیط زیست"، مجله آب و محیط زیست، ۱۶، ۶۲-۵۸.

4- Rau, J. Wooten David, C., (1980). "Environmental Impact Analysis Handbook", McGraw Hill ; 4-52.

5- Telford, T., (1994). "Environmental Assessment", CIRIA publishing. 267-278.

6- Sinske, B., (1985). "Dam Protects and Environmental Success", Journal International Commission on Large Dam. 37:190-202.

7- Harrop, O. D., Asiey, N. J., (1999). "Environmental Assessment in Practice". Routledge Publishing; 61-62