

## بررسی نقش عوامل اکوزئومورفولوژی و آنتروپوژنیک بر کیفیت آب رودخانه کارون (حدفاصل سد گتوند تا اهواز)

اکبر هاشمی فرد<sup>۱\*</sup>، پرویز کردوانی<sup>۲</sup> و فریده اسدیان<sup>۳</sup>

### چکیده

دانش اکوزئومورفولوژی از تلفیق دو دانش اکولوژی و ژئومورفولوژی منشأ می‌گیرد که به بررسی موجودات زنده و محل زندگی آنها، با توجه به تأثیرات محیطی زیستگاه‌ها، می‌پردازد. در این تحقیق، هدف اصلی بررسی نقش عوامل مذکور بر کیفیت آب رودخانه کارون در پایین دست سد گتوند تا اهواز می‌باشد. داده‌های تحقیق، شامل داده‌های کیفیت آب رودخانه کارون در چهار ایستگاه پایین دست سد گتوند، و همچنین داده‌های اکوزئومورفولوژی و آنتروپوژنیک محدوده مورد مطالعه است. با توجه به نقش پارامترهای مورد نظر ابتدا در ایستگاه‌های مورد مطالعه نمونه‌برداری از آب انجام شد و سپس با استفاده از نرم‌افزارهای اکسل و Chemistry شاخص‌های کیفیت آب در قالب اشکال و نمودارها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. سپس، با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS10.2 و Expert choice11 نقش عوامل مؤثر در کیفیت آب رودخانه کارون تحلیل فضایی شد و در نهایت، مکان‌های آسیب‌پذیر بر اساس مدل Fuzzy AHP مورد شناسایی قرار گرفتند. نتایج تحقیق نشان داد که علت نامطلوب شدن آب رودخانه کارون از محل تقاطع رودخانه گرگر و شطیط به بعد، روستاهای اطراف و پساب کارخانه‌ها و صنایع نزدیک رودخانه، کشاورزی و همچنین ورود رودخانه دز می‌باشد.

**واژگان کلیدی:** رودخانه کارون، سد، گتوند علیا، سازند گچساران.

**ارجاع:** هاشمی فرد ا. کردوانی پ. و اسدیان ف. ۱۳۹۷. بررسی نقش عوامل اکوزئومورفولوژی و آنتروپوژنیک بر کیفیت آب رودخانه کارون (حدفاصل سد گتوند تا اهواز). مجله پژوهش آب ایران. ۳۱: ۵۱-۵۹.

۱- دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات تهران.

۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات تهران.

۳- استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه آزاد واحد علوم تحقیقات تهران.

\* نویسنده مسئول: [akbar\\_lali2000@yahoo.com](mailto:akbar_lali2000@yahoo.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۲

## مقدمه

آب به‌عنوان یک منبع قابل تجدید، همواره به‌عنوان یک رکن اصلی برای ادامه حیات بشری و توسعه پایدار مطرح بوده است. با افزایش جمعیت و افزایش نیاز آب در بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب، بهداشت و صنعت و نهایتاً افزایش تولید و ایجاد پتانسیل‌های آلودگی، فشار زیادی به منابع آبی وارد شده است (کرامتی و همکاران، ۱۳۸۷). دانش اکوزئومورفولوژی از تلفیق دو دانش اکولوژی و ژئومورفولوژی منشأ می‌گیرد که به بررسی موجودات زنده و محل زندگی آنها با توجه به تأثیرات ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی زیستگاه‌ها می‌پردازد (مقیم، ۱۳۹۱). عوامل آنتروپوژنیک یا تأثیر انسانی بر محیط‌زیست، شامل اثرها در محیط‌های بیوفیزیکی، تنوع زیستی و منابع دیگر می‌باشد (شانی و همکاران، ۲۰۱۰). این متغیرها معمولاً تابع عواملی، نظیر جنس سازندهای زمین‌شناسی حوضه آبریز رودخانه‌ها، ژئومورفولوژی حوضه، رژیم آبدی رودخانه، پساب‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی و ... است (حاجیان‌نژاد و رهسپار، ۱۳۸۹). کیفیت آب، عامل اصلی تهدیدکننده سلامت در جوامع انسانی و اکوسیستم می‌باشد. ویژگی‌های کیفی آب هر منطقه متأثر از عوامل طبیعی و انسانی می‌باشد (سینگ و همکاران، ۲۰۰۴). علاوه بر مواد آلوده‌کننده، مواردی از قبیل افزایش تقاضای آب، معیارهای سطح بالای زندگی و کاهش منابع قابل قبول آب باعث ایجاد وضعیت نامناسب اجتماعی و زیست‌محیطی در سراسر جهان شده است (کاراموز و همکاران، ۱۳۸۴). از میان سامانه‌های آبی، رودها به دلیل حمل پساب‌های شهری و صنعتی و زهاب کشاورزی از آسیب‌پذیرترین منابع به شمار می‌روند (رمضانی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۸). در سال‌های اخیر، به دلیل خشکسالی‌های پیاپی و همچنین افزایش جمعیت و نیاز روز افزون به آب، ایران در مرحله بحران قرار دارد (رحیمی، ۱۳۸۳). با توجه به مطالعات اقلیم‌شناسی انجام‌شده، تغییرات اقلیمی ایجادشده در منطقه باعث ایجاد یک تنش اضافی بر کشورمان خواهد بود و این تنش به صورت تغییرات آب و هوایی و کاهش میزان بارندگی‌ها نمود می‌کند (ضرغامی و همکاران، ۲۰۱۱). بنابراین، مهم‌ترین راه‌حل رفع این بحران (تنش آبی در کشور)، مدیریت مناسب منابع آب کشور می‌باشد که این مهم با داشتن داده‌های جامع و دقیق امکان‌پذیر

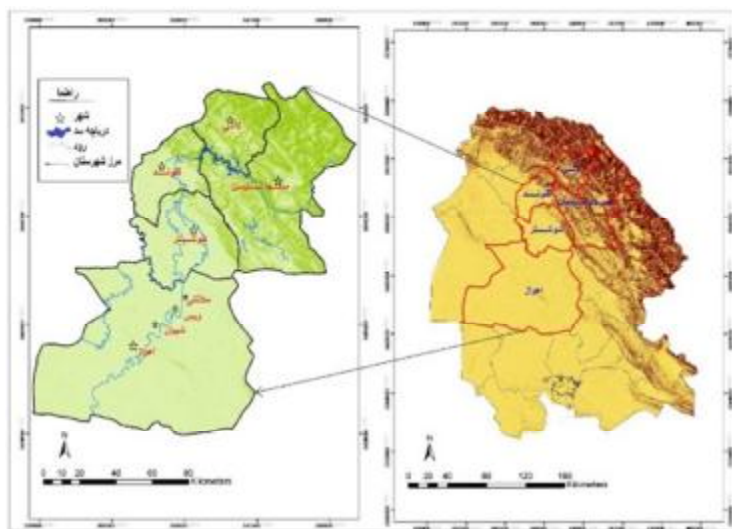
است. در زمینه تأثیرات مواد آلاینده بر کیفیت آب رودها تحقیقات زیادی هم در داخل و هم در خارج از کشور انجام شده است که به برخی از آنها اشاره می‌شود: موسوی و همکاران (۱۳۸۸) کیفیت آب رودخانه نکا، تجن و سفیدرود را بر اساس استانداردهای موجود و نیز توسط برخی روش‌های گرافیکی، از قبیل نمودارهای پایپر، شولر، استیف و ویلکاکس مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که نمونه‌ها در ایستگاه‌های مختلف از نظر کیفی مشابه هستند. در بررسی کیفیت آب رودخانه کتی گانداک هند با استفاده از تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) فاکتورهایی از قبیل درجه شیب، ضعف زهکشی، تبادل یونی، شدت استفاده از حاصلخیزکننده‌ها، آلودگی‌های خانگی مشخص شد که آب در بعضی مناطق، به دلیل افزایش قلیائیت، برای استفاده‌های شرب و آبیاری مناسب نمی‌باشد (باردواج و همکاران، ۲۰۱۰). زهتابیان و همکاران (۱۳۸۲) به بررسی کیفیت آب رودخانه جاجرود در ورامین پرداختند. گلجان و همکاران (۱۳۸۸) برای بررسی و طبقه‌بندی کیفیت آب رودخانه‌های شهرستان نور از دیگرام پایپر استفاده کردند و آثار زیست‌محیطی کیفیت آب رودخانه‌ها را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که هرچه به سمت جنوب دشت ورامین نزدیک‌تر می‌شویم از کیفیت آب رودخانه کاسته می‌شود. در تحقیق دیگری نیز با استفاده از تحلیل همبستگی کانونیک الگوی مناسبی را برای مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب ارائه کردند. برای این منظور، رودخانه سفیدرود به عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب گردید و نتایج بیانگر منشأ انسان‌ساخت پارامترهای آلاینده فیزیکی و شیمیایی بودند (رسولی و همکاران، ۲۰۱۱). در بررسی کیفیت آب رودخانه بانو پاکستان با استفاده از تکنیک‌های آماری چندمتغیره مشخص شد که در این منطقه آب در بعضی مناطق، به دلیل افزایش قلیائیت، برای استفاده‌های شرب و آبیاری مناسب نمی‌باشد. هدف اصلی در این تحقیق، بررسی نقش عوامل محیطی بر کیفیت آب رودخانه کارون در پایین‌دست سد گتوند تا اهواز می‌باشد.

## موقعیت منطقه مورد مطالعه

رودخانه کارون از ارتفاعات سلسله جبال زاگرس سرچشمه گرفته و پرآب‌ترین و طولانی‌ترین رودخانه کشور است، که پس از طی مسیر پر پیچ و خم و کوهستانی در محل سد

(داموغ و زارعی، ۱۳۹۰ و آقائباتی، ۱۳۸۵). به علت استقرار مهم‌ترین طرح‌های توسعه نیشکر استان و همچنین صنایع جانبی در محدوده شهرستان شوشتر تا اهواز، در این پژوهش رودخانه کارون حدفاصل سد گتوند علیا تا اهواز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است (شکل ۱).

تنظیمی گتوند وارد جلگه خوزستان می‌شود. این رودخانه در شمال شهرستان شوشتر به دو شاخه تقسیم می‌شود و مجدداً در ۶۰ کیلومتری شمال اهواز در محل بند قیر به هم می‌پیوندند؛ در همین محدوده جغرافیایی، رودخانه دز نیز به آن پیوسته و کارون بزرگ را تشکیل می‌دهند. حدود ۶۰ درصد آب جاری در رودخانه کارون بزرگ از کارون و حدود ۴۰ درصد آن از رودخانه دز می‌باشد



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان

ARC GIS10.2 و Expert choice11 نقش عوامل مؤثر در کیفیت آب رودخانه کارون تحلیل فضایی شد و در نهایت، مکان‌های آسیب‌پذیر مورد شناسایی قرار گرفتند. از آنجایی که مطالعه تغییرات کیفی آب رودخانه در طول سال‌های قبل و بعد از آبرگیری سد گتوند مورد توجه بوده است، ایستگاه‌های پایین‌دست سد برای نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی در طول دو دوره قبل و بعد از آبرگیری سد گتوند انجام شده است (۱۳۹۵ تا ۱۳۸۵). کیفیت آب رودخانه، با تحلیل آزمایشگاهی نمونه‌های آب که از مرکز داده‌های آماری و اطلاعات سازمان آب و برق خوزستان گرفته شده‌اند، و با تعیین میزان میانگین غلظت جامدات محلول آب (TDS<sup>1</sup>)، هدایت الکتریکی (EC<sup>2</sup>) و کاتیون‌ها و آنیون‌های شاخص، نظیر یون کلر، کلسیم و ... تحلیل گردیده است. سپس، تأثیر عوامل اکوتومورفولوژیک و آنتروپوژنیک بر خواص فیزیکی و شیمیایی آب رودخانه کارون بررسی شده و

## مواد و روش‌ها

روش این تحقیق مبتنی بر روش توصیفی- تحلیلی است. روش و ابزار جمع‌آوری اطلاعات مبتنی بر دو روش کتابخانه‌ای و میدانی بوده است. در روش کتابخانه‌ای با بهره‌گیری از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰، عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای (ماهواره لندست، ۲۰۱۱) مربوط به بررسی پارامترهای ژئومورفولوژیک مؤثر بر کیفیت آب رودخانه کارون پرداخته شده و در ادامه، انجام بازدیدهای میدانی برای شناسایی عوامل طبیعی و انسانی تأثیرگذار بر کیفیت شیمیایی آب، تعیین نقاط نمونه‌برداری و بررسی سازندهای زمین‌شناسی انجام شده است. با توجه به نقش پارامترهای اکوتومورفولوژیک و آنتروپوژنیک بر هیدروشیمی رودخانه و تعیین شاخص‌های کیفی آب، ابتدا با استفاده از نرم‌افزارهای اکسل و Chemistry شاخص‌های کیفیت آب در قالب اشکال و نمودارها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. سپس، با استفاده از نرم‌افزار

1- Total dissolved solids  
2- Electrical conductivity

در این حالت بر اساس عملگرهای ریاضی زیر دو عدد مثلثی بالا را به صورت معادله (۳) در فرایند تحلیل فازی می‌توان قرار داد:

$$m_1 + m_2 = (L_1 + L_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (۳)$$

مرحله ۶: محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی از طریق معادله زیر:

$$w'(A_i) = \text{Min } V(S_i \geq S_k) \quad (۴)$$

$$k = 1, 2, \dots, n, k \neq i$$

بنابراین، بردار وزن شاخص‌ها به صورت تابع زیر خواهد بود:

$$w' = [w'(c_1), w'(c_2), \dots, w'(c_n)] \quad (۵)$$

### نتایج و بحث

#### تجزیه و تحلیل کیفیت آب رودخانه کارون

در این تحقیق، ابتدا داده‌های کیفیت آب رودخانه کارون در ایستگاه پایین‌دست سد گتوند در دو دوره قبل و بعد از آبیگری سد مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند تا میزان اثر آنها مشخص گردد (جدول ۱). با توجه به جدول مذکور، اختلاف پارامترهای کیفیت آب در قبل از ساخت سد و بعد از آن روند مشخصی را نشان نمی‌دهد و به جز سال‌های ۸۷ تا ۹۰ و ۹۲ تا ۹۴ که خشکسالی بوده است و میزان ریزش‌های جوی کمتر از میانگین بوده، میزان افزایش آن چندان چشمگیر نیست. پس از آبیگری سد و افزایش سطح تماس آب با طبقات و لایه‌های انحلال‌پذیر نمک خصوصاً در توده گچساران، میلیون‌ها تن نمک از این توده حل شده و آب مخزن سد را شور کرده است. با توجه به افزایش چگالی آب ناشی از انحلال نمک، آب‌های با شوری بیشتر در ترازهای پایین مخزن و آب‌های با کیفیت بهتر در لایه‌های بالا قرار گرفته و بدین ترتیب باعث شکل‌گیری لایه‌بندی پایدار در مخزن سد شده است؛ به نحوی که در ترازهای پایین، میزان شوری آب ۳ تا ۴ برابر شوری آب دریا و در ترازهای بالا کیفیت آب مناسب و میزان شوری کمتر از حد مجاز برای انواع مصارف و از جمله آب شرب می‌باشد. شکل ۴، نمونه‌ای از توزیع شوری در عمق مخزن سد گتوند علیا را نشان می‌دهد.

مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در مرحله بعد، برای تعیین مناطق آسیب‌پذیر رودخانه کارون تحت تأثیر عوامل اکوزئومورفولوژیک و آنتروپوژنیک حاکم بر منطقه از مدل FuzzyAHP استفاده شد. روش FuzzyAHP توسط چانگ (۱۹۹۶) ارائه شد. اعداد در این روش، اعداد مثلث فازی است. مفاهیم FuzzyAHP بر اساس تحلیل توسعه‌ای (extent analysis) تشریح می‌شوند. مراحل کلی روش FuzzyAHP به روش چانگ<sup>۱</sup> به شرح زیر است:

مرحله ۱: رسم نمودار سلسله مراتبی  
مرحله ۲: تعریف اعداد فازی برای انجام مقایسه‌های زوجی.  
مرحله ۳: تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با به‌کارگیری اعداد فازی به صورت معادله زیر:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{a}_{12} & \dots & \dots & n_{1n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \tilde{a}_{n1} & \tilde{a}_{n2} & \dots & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (۱)$$

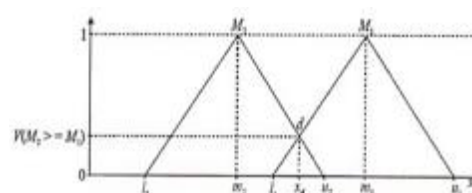
$$\tilde{a}_{ij} = \begin{cases} 1 & i = j \\ \{1, 3, 5, 7, 9 \text{ or } 1^{-1}, 3^{-1}, 5^{-1}, 7^{-1}, 9^{-1}\} & i \neq j \end{cases}$$

مرحله ۴: محاسبه  $S_i$  برای هر کدام از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی از طریق معادله زیر:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (۲)$$

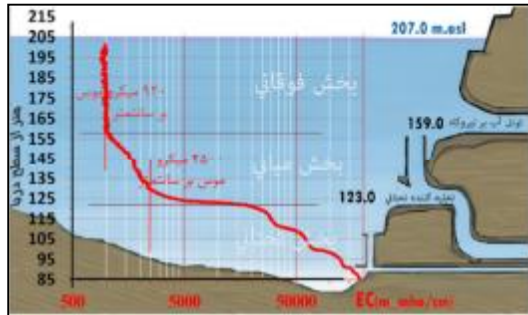
در این معادله  $i$ ، بیانگر شماره سطر و  $j$ ، بیانگر شماره ستون می‌باشد.  $M_{gi}^j$  در این معادله اعداد فازی مثلثی ماتریس‌های مقایسه زوجی هستند.

مرحله ۵: محاسبه درجه بزرگی  $S_i$  ها نسبت به همدیگر طبق شکل زیر:



شکل ۲- درجه بزرگی دو عدد فازی نسبت به هم (چانگ،

(۱۹۹۶)



شکل ۴- توزیع شوری در ترازهای مختلف مخزن سد گتوند در تاریخ نهم اسفند ۱۳۹۳ (مهتاب قدس، ۱۳۹۴)



شکل ۳- موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری

جدول ۱- نتایج آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب رودخانه کارون در ایستگاه سد تنظیمی گتوند

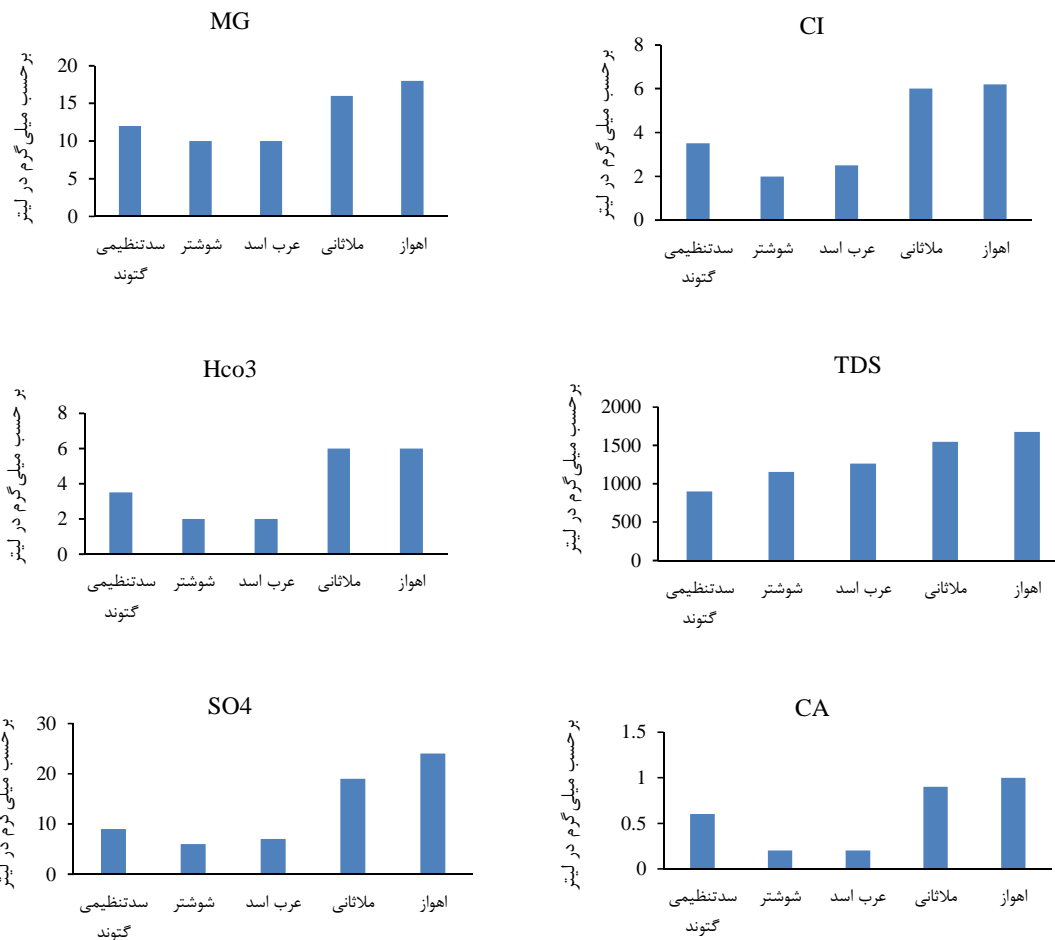
TDS(mg/lit)	So4(mg/lit)	Hco3(mg/lit)	Cl(mg/lit)	CA(mg/lit)	MG(mg/lit)	EC ( $\mu\text{m}/\text{cm}$ )	سال آبی	دوره
۱۲/۰۱	۱۰/۸۱	۲/۷۱	۴/۶۲	۱۰/۸۵	۲/۸۲	۱۱۰۵	۸۵-۸۶	قبل از احداث سد گتوند
۷/۹۲	۱۱/۰۸	۱/۶۷	۶/۲۷	۱۱/۲۴	۳/۹۱	۱۱۱۴	۸۶-۸۷	
۱۱/۳۱	۱۰/۳۵	۴/۰۵	۱/۷۴	۰/۰۷	۱۶/۲۷	۱۵۶۸	۸۷-۸۸	
۷/۶۵	۹/۶۵	۴/۲۷	۱/۶۸	۰/۰۹۵	۱۵/۶۱	۱۴۹۸	۸۸-۸۹	
۷/۷۸	۸/۸۱	۳/۵۲	۲/۹۵	۲/۸۴	۱۱/۷۵	۱۳۵۲	۸۹-۹۰	
۷/۷۲	۶/۹۷	۴/۰۵	۲/۰۶	۰/۰۵	۱۲/۷۶	۱۱۵۴	۹۰-۹۱	بعد از احداث سد گتوند
۷/۷	۹/۴۱	۴/۰۶	۱/۵۵	۰/۰۵	۱۶/۹۱	۱۱۰۲	۹۱-۹۲	
۷/۶۷	۸/۸۸	۵/۵۵	۱/۹۷	۰/۰۴	۱۴/۵۸	۱۳۲۷	۹۲-۹۳	
۷/۷۵	۸/۴۲	۶/۱۵	۱/۴۲	۰/۰۵	۱۶/۴۷	۱۲۵۸	۹۳-۹۴	
۷/۸۶	۹/۲	۶/۱۸	۸/۲	۰/۰۶	۱۳/۲۵	۱۱۵۶	۹۴-۹۵	

شکل ۵). همان‌گونه که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، اختلاف پارامترهای کیفیت آب رودخانه کارون به‌ویژه EC آب از محل سد تنظیمی گتوند تا اهواز دو برابر است (جدول ۲ و شکل ۶).

در مرحله بعد، داده‌های کیفیت آب رودخانه کارون به ترتیب در ایستگاه‌های پایین‌دست سد گتوند تا محل ایستگاه اهواز مورد بررسی قرار گرفته تا میزان تغییرات آب رودخانه کارون و روند آن مشخص گردد (جدول ۲ و

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی کیفیت آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های مورد مطالعه

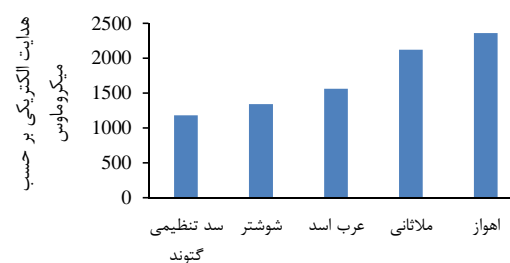
TDS(mg/lit)	So4(mg/lit)	Hco3(mg/lit)	Cl(mg/lit)	CA(mg/lit)	MG(mg/lit)	EC ( $\mu\text{m}/\text{cm}$ )	موقعیت
۸/۱۳	۹/۳۵	۳/۶۳	۳/۲۲	۰/۸۵	۱۲/۴۳	۱۱۸۰	سد تنظیمی گتوند
۸/۹۲	۶/۰۸	۲/۰۳	۳/۸۱	۰/۲۴	۹/۹۱	۱۳۴۰	شوشتر
۹/۳۱	۷/۳۵	۲/۰۵	۳/۷۴	۰/۲۷	۱۰/۲۷	۱۵۶۰	عرب اسد
۲۷/۶۵	۱۸/۸۱	۵/۹۶	۵/۱۷	۰/۹۱	۱۵/۶۱	۲۱۲۰	ملائانی
۳۶/۷۸	۲۴/۸۱	۶/۲۲	۸/۸۲	۰/۹۴	۱۶/۷۵	۲۳۶۰	اهواز



شکل ۵- میانگین پارامترهای کیفیت آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های مورد مطالعه (آمار هیدرومتری سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۹۴)

مهم‌ترین عوامل اکوژئومورفولوژیک و آنتروپوژنیک مؤثر بر کیفیت آب رودخانه کارون بدین شرح است: ژئومورفولوژی و زمین‌شناسی، کاربری اراضی، پساب‌های کشاورزی، پساب‌های صنعتی، فاضلاب‌های شهری، پسماندها، سدسازی و بهره‌برداری شن و ماسه از بستر و حریم رودخانه (مرکز اطلاعات و آمار سازمان آب و برق خوزستان، ۱۳۹۴).

سازند گچساران به علت داشتن خواص پلاستیکی و قابلیت تحرک که معلول خواص ویژه ژئوپیس و نمک است، در مقابل تنش‌های زمین‌ساختی عکس‌العمل شدیدی از خود نشان می‌دهد که اغلب به هم‌زدن توالی طبقات، جمع‌شدگی، نازک‌شدگی، تزریق در لایه‌های فوقانی و ... را سبب می‌شود (آقنابتی، ۱۳۸۵). نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه در شکل ۷ نشان داده شده است.



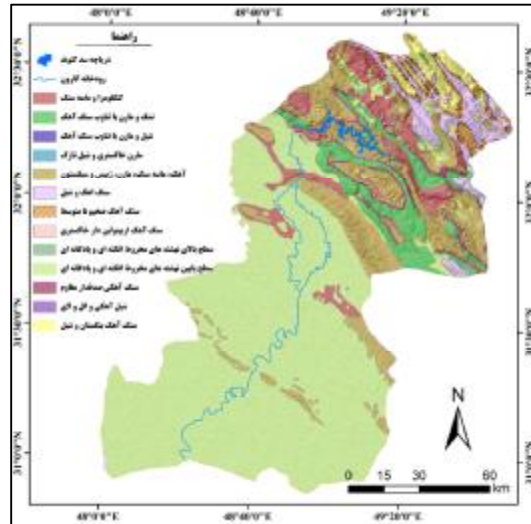
شکل ۶- هدایت الکتریکی آب رودخانه کارون در ایستگاه‌های مورد مطالعه (زمان نمونه‌برداری ۱۳۹۴)

### عوامل اکوژئومورفولوژی و آنتروپوژنیک آلاینده رودخانه کارون

بر اساس یافته‌های آماری موجود در سازمان آب و برق خوزستان و مطالعات میدانی و با توجه به فرایند تولید، وسعت فعالیت‌ها و توزیع جغرافیایی در حوضه کارون

و سپس تجزیه و تحلیل گردید. بدین صورت که ابتدا معیارهای مؤثر بر کیفیت آب رودخانه کارون شناسایی و سپس جدول ارزیابی و امتیازدهی آنها بر اساس روش FuzzyAHP تهیه و بین متخصصین (۱۰ نفر متخصص ژئومورفولوژی، ۱۰ نفر محیط زیست و ۱۰ نفر منابع آب) توزیع گردید تا بر اساس میزان اثر هر کدام از معیارها و زیرمعیارها به آنها امتیاز دهند. معیارها توسط متخصصین بر اساس مقیاس درجه برتری برای مقایسه زوجی در روش FuzzyAHP وزندهی شده و وزنهای تعمیم یافته به هر معیار به نرم افزار Expert Choice 11 معرفی و وزن نهایی هر معیار محاسبه گردید. بنا بر پیشنهاد ساعتی (۱۹۸۰) شاخص نسبت سازگاری وزن‌ها باید کمتر از ۰/۱ باشد. در این تحقیق، شاخص نسبت سازگاری بر اساس معادله (۶)، برابر ۰/۰۸ محاسبه شد (جدول ۳ و شکل ۸).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (۶)$$



شکل ۷- زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

### پهنه‌بندی منابع آلاینده آب رودخانه کارون

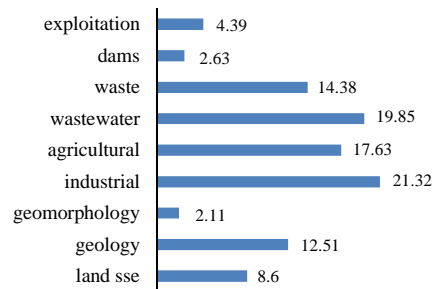
در نهایت، بعد از بررسی نقش عوامل اکوزئومورفولوژی و آنتروپوژنیک بر کیفیت آب رودخانه کارون میزان این اثرگذاری در بخش‌های مختلف رودخانه کارون پهنه‌بندی

جدول ۳- مقایسه زوجی عوامل آلاینده کارون در محدوده مورد مطالعه بر اساس نظر کارشناسان

وزن نهایی	بهره‌برداری شن و ماسه	سدسازی	پسماندها	فاضلاب‌های شهری	پساب‌های کشاورزی	پساب‌های صنعتی	ژئومورفولوژی	زمین شناسی	کاربری اراضی	معیارها
۸/۶	۰/۹	۰/۸	۰/۳	۰/۱	۰/۴	۰/۲	۲	۰/۵	۱	کاربری اراضی
۱۲/۵۱	۰/۷	۲	۰/۴	۰/۳	۰/۷	۰/۶	۴	۱	-	زمین شناسی
۲/۱۱	۰/۹	۰/۸	۰/۴	۰/۶	۰/۳	۰/۲	۱	-	-	ژئومورفولوژی
۲۱/۳۲	۳	۴	۳	۰/۵	۳	۱	-	-	-	پساب‌های صنعتی
۱۷/۶۳	۶	۵	۲	۰/۷	۱	-	-	-	-	پساب‌های کشاورزی
۱۹/۸۵	۷	۶	۳	۱	-	-	-	-	-	فاضلاب‌های شهری
۱۴/۳۸	۲/۵	۲	۱	-	-	-	-	-	-	پسماندها
۲/۶۲	۰/۵	۱	-	-	-	-	-	-	-	سدسازی
۴/۳۹	۱	-	-	-	-	-	-	-	-	بهره‌برداری شن و ماسه

در نهایت، وزن نسبی هر یک از معیارهای مشخص شده در هر کدام از لایه‌های فازی در محیط نرم‌افزار Arc Gis10.2 تأثیر داده شده و اجرای نهایی مدل فازی بر اساس گامای ۰/۹ انجام شد.

با توجه به نقشه پهنه‌بندی نهایی (شکل ۹)، میزان اثر عوامل اکوزئومورفولوژی و آنتروپوژنیک بر کیفیت آب رودخانه کارون در محل تلاقی رودخانه دز، گرگر و شطیپ به سمت پایین دست تا اهواز بسیار زیاد می‌شود. در



شکل ۸- وزن محاسبه شده معیارها

کارون از محل تقاطع رودخانه گرگر و شطیپ به بعد، روستاهای اطراف و پساب کارخانه‌ها و صنایع نزدیک رودخانه، کشاورزی و ورود رودخانه دز می‌باشد که فاضلاب‌های شهرهای دزفول و شوش و به‌ویژه آب برگشتی از کشت و صنعت‌های نیشکر، امام خمینی، میان آب، هفت تپه و ۷۰ درصد کشت و صنعت کارون به آن وارد می‌شود. همچنین، میزان اثر عوامل اکوتومورفولوژی و آنتروپوژنیک بر کیفیت آب رودخانه کارون در محل تلاقی رودخانه دز، گرگر و شطیپ به سمت پایین‌دست تا اهواز بسیار زیاد است. در بخش‌های بالادست، میزان تأثیر عوامل مذکور به نسبت پایین‌دست کمتر است. در سایر بخش‌ها نیز هرچه فاصله از رودخانه کارون بیشتر می‌شود، بر میزان اثرگذاری این عوامل کاسته می‌شود. با توجه به این واقعیت‌ها ساماندهی رودخانه کارون از محل سد تنظیمی گتوند تا اهواز به منظور ارتقای کیفیت آب رودخانه کارون بزرگ یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

#### منابع

- آقائباتی س. ع. ۱۳۸۵. زمین‌شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۷۰۸ ص
- حاجیان‌نژاد م و رهسپار ا. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر رواناب‌ها و پساب تصفیه‌خانه فاضلاب بر پارامترهای کیفی آب رودخانه زاینده‌رود. تحقیقات نظام سلامت. ۶: ۸۲۱-۸۲۸.
- داموغ ن. و زارعی ح. ۱۳۹۰. گزارش نهایی پروژه پژوهشی: بررسی مشکلات انحلال لایه‌های نمکی سازند گچساران در مخزن سد گتوند علیا، شرکت سهامی آب و برق خوزستان، کد پروژه: KUD-84001، شرکت سهامی آب و برق خوزستان. ۱۴۶ ص.
- رحیمی آ. ۱۳۸۳. شبکه‌های پایش کیفیت آب. مجله آب و محیط‌زیست. ۵۱: ۳۰-۵۱.
- رضانی‌مقدم س. هاشمی ح. ۱۳۸۸. تعیین مدل رگرسیونی مناسب بین غلظت کل املاح (TDS) و آبدهی رود کارون برای سری‌های زمانی مختلف. چهارمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه. اردیبهشت ۱۳۸۸. دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

بخش‌های بالادست میزان تأثیر عوامل مذکور کمتر می‌شود. در سایر بخش‌ها نیز هرچه فاصله از رودخانه کارون بیشتر می‌شود، بر میزان اثرگذاری این عوامل کاسته می‌شود.

جدول ۴- نتایج پهنه‌بندی محدوده مورد مطالعه از لحاظ میزان آسیب‌پذیری مواد آلاینده

میزان آسیب‌پذیری	مساحت (کیلومتر مربع)
بسیار زیاد	۳۸۶۳/۴۲
زیاد	۲۶۲۵/۰۱
متوسط	۴۳۲۷/۹۶
کم	۴۲۸۹/۵۷
بسیار کم	۲۶۴۷/۳۴



شکل ۹- پهنه‌بندی آسیب‌پذیری کیفیت آب رودخانه کارون تحت تأثیر عوامل اکوتومورفولوژی و آنتروپوژنیک

#### نتیجه‌گیری

با توجه به بررسی‌های به عمل آمده و نقشه‌های موجود و مشاهده میدانی علت نامطلوب‌شدن رودخانه کارون از محل سد تنظیمی گتوند تا شوشتر، ورود رودخانه شور دشت عقیلی و احداث حوضچه‌های پرورش ماهی به وسعت ۱۷۰۰۰ هکتار و آب برگشتی از آنها به داخل رودخانه گرگر و همچنین ورود بخشی از فاضلاب‌های شهرستان شوشتر و روستاهای اطراف می‌باشد؛ همچنین، در شاخه رودخانه شطیپ ورود بخشی از فاضلاب شهرستان شوشتر و حدود ۳۰ درصد آب برگشتی از کشت و صنعت نیشکر کارون موجب افزایش حدود ۶۰۰ واحد EC از سد تنظیمی گتوند تا محل بند قیر در شاخه رودخانه شطیپ می‌شود. علت افزایش EC آب رودخانه



16. Shaney S. Benton M. J. and Ferry P. A. 2010. Links between global taxonomic diversity. Ecological diversity and the expansion of vertebrates on land. *Biology Letters*. 6(4): 544-547.
17. Singh K. P. Malik A. Mohan D. and Sinha S. 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)-a case study. *Water Res.* 38(18): 3980-92.
18. Zarghami M. Abdi A. Babaeian I. Hasanzadeh Y. and Kanani R. 2011. Impacts of climate change on runoffs in east Azerbaijan. Iran. *Global and Planetary Change*. In Press. Corrected Proof. Available online 30 June 2011.
۶. زهتابیان غ. رفیعی ا. علوی پناه س ک. و جعفری م. ۱۳۸۲. بررسی کیفیت آب رودخانه جاجرود در ورامین. نشریه بیابان ۸(۲): ۱۶۴-۱۷۷.
۷. شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس. ۱۳۹۴. گزارش مطالعات زمین‌شناسی توده نمک عنبل (مخزن سد) فصلنامه مهتاب قدس (خبری- آموزشی). ۴(۱): ۸۰۹-۸۲۶.
۸. کرامتی ح. محوی ا. کیان‌مهر م و عطاردی. ع. ۱۳۸۷. بررسی کیفیت فیزیکی و شیمیایی آب شرب شهر گناباد در سال ۱۳۸۶. یازدهمین همایش ملی بهداشت محیط. زاهدان. دانشگاه علوم پزشکی زاهدان. ۸۸-۹۹.
۹. کارآموز م. کراچیان ر. زهرایی ب. و جعفرزاده حقیقی فرد ن. ۱۳۸۴. برنامه‌ریزی برای تدوین طرح‌های جامع کاهش آلودگی آب سیستم‌های رودخانه‌ای مطالعه موردی: سیستم رودخانه‌های کارون- دز. نشریه تحقیقات منابع آب ایران. ۱(۱): ۲۸-۱۲.
۱۰. گلجان ف. کرباسی ع. حاجی‌زاده ذاکر ن. و نبی بیدهدندی غ. ۱۳۸۸. تعیین کلاس کیفی آب رودخانه‌های شهرستان نور. فصلنامه تحقیقات علوم آب. ۱(۱): ۳۵-۴۸.
۱۱. مقیمی ا. ۱۳۹۱. اکوژئومورفولوژی و حقوق رودخانه. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۱۸ ص.
۱۲. موسوی ر. میرگلوی بیات ر. معروفی ص. و زارع‌ابیان ح. ۱۳۸۸. ارزیابی کیفیت آب و تیپ هیدروشیمیایی رودخانه‌های نکا. تجن و سفیدرود از نظر شرب و کشاورزی. همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی.
13. Bhardwaj V. Singh. D. S. and A. K. Singh. 2010. Water quality of the Chhoti Gandak River using principal component analysis. *Ganga Plain. India. Hydrogeochemical*. 119: 117-127.
14. Chang D. 1996. Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*. No. 95. pp. 649-655.
15. Rasuli A. Noori R. Vesali-Naseh M. R. Nazariha M. and Kiaghadi A. 2011. Determination of the Relationship Between Physical and Chemical Pollutant Parameters in the Sefidrood River Basin Based on Canonical Correlation Analysis. May 23- 24. Tehran. Iran.

