

## بررسی تأثیر ترکیب کاربری سرزمین و سنجه‌های ساختار سیمای سرزمین در مدل‌سازی کیفیت آب رودخانه‌ها (مطالعه موردی: استان اردبیل)

مه‌دی عالی‌پور<sup>۱</sup> و بهمن جباریان امیری<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دکترای محیط زیست، آمایش محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

<sup>۲</sup> دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(دریافت: ۹۷/۳/۵، پذیرش: ۹۸/۴/۲۳، نشر آنلاین: ۹۸/۴/۲۳)

### چکیده

در دهه‌های اخیر، کیفیت آب رودخانه‌ها تحت تأثیر عوامل متعددی که ناشی از منابع آلودگی نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای می‌باشد، قرار گرفته است. کاربری‌های سرزمین و تغییرات حاصله از آن‌ها در طول زمان، بیشترین تأثیر را بر روی کیفیت آب رودخانه‌ها داشته‌اند. به‌جز کاربری سرزمین، تحلیل ناهمگونی مکانی و ساختاری سیمای سرزمین نیز می‌تواند در بیان و تحلیل تغییرات کیفیت آب مؤثر باشد. در مطالعه حاضر، به‌منظور مدل‌سازی روابط بین ویژگی ترکیب (درصد کاربری سرزمین) و سنجه‌های ساختار سیمای سرزمین با تغییرات کیفیت آب در استان اردبیل از مدل‌سازی رگرسیون چند متغیره گام‌به‌گام استفاده شد. آزمون شاپیرو<sup>۱</sup> در سطح معناداری ۰/۰۵ جهت بررسی نرمال بودن داده‌های کیفیت آب مورد بررسی قرار گرفت. سپس از آزمون همبستگی اسپیرمن<sup>۲</sup> جهت بررسی ارتباط بین متغیرها استفاده شد. پس از برازش مدل‌ها، آزمون آکائیکه<sup>۳</sup> جهت تعیین بهترین مدل برای هر پارامتر کیفیت آب مورد استفاده قرار گرفت. نتایج مطالعه نشان داد که سنجه‌های سیمای سرزمین توانسته‌اند بیش از ۸۰ درصد واریانس را در تغییرات متغیرهای کیفیت آب در رودخانه‌های مورد مطالعه در استان اردبیل نشان دهند. همچنین کاربری‌های کشاورزی، شهری و دیم هم در متغیرهای ویژگی ترکیب (درصد) کاربری سرزمین و هم سنجه‌های ساختار سیمای سرزمین بیشترین تأثیر را در کیفیت آب رودخانه‌ها داشته‌اند. در نهایت برای صحت‌سنجی مدل‌ها، از یازده سنجه شامل سنجه‌های برآورد خطای مطلق مدل، تحلیل کارایی مدل و خطای نسبی مدل استفاده شده است که بر اساس نتایج آن، مدل‌های ابداعی برای هر یک از متغیر کیفیت آب صحت قابل‌قبولی از خود نشان دادند.

**کلیدواژه‌ها:** کیفیت آب رودخانه، سنجه‌های سیمای سرزمین، ویژگی ساختار سیمای سرزمین، کاربری سرزمین، رگرسیون خطی چندمتغیره.

### ۱- مقدمه

روابط میان کاربری سرزمین و کیفیت آب رودخانه‌ها را در حوضه‌های آبخیز مختلف سنجیده‌اند (Jun، ۲۰۱۱؛ Seeboonruang، ۲۰۱۲؛ Jun، ۲۰۱۳؛ Mehaffey و همکاران، ۲۰۰۵؛ Ouyang و همکاران، ۲۰۰۸؛ Nakane و Haidary، ۲۰۱۰؛ Mishra و همکاران، ۲۰۱۰). با این حال، تغییرات کیفیت آب رودخانه‌ها در مقیاس‌های مکانی و زمانی تحت تأثیر افزایش تقاضا به‌منظور تغییرات کاربری سرزمین بوده است (Kearns و همکاران، ۲۰۰۵؛ Omerick، ۱۹۸۷). بدین ترتیب، فعالیت‌های انسانی و عوامل اجتماعی و اقتصادی بر الگوهای کاربری سرزمین و پوشش زمین و در نهایت بر تغییر چرخه آب و کیفیت آب رودخانه‌ها تأثیر می‌گذارند (Kang و همکاران، ۲۰۱۰؛ Lee و همکاران، ۲۰۰۹؛ Wan و همکاران، ۲۰۱۴).

آشکار است که کیفیت آب رودخانه‌ها تحت تأثیر منابع آلودگی نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای قرار دارند (Choi و Wang، ۲۰۰۵). در این بین آلودگی ناشی از منابع غیر نقطه‌ای که در اثر فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد، کیفیت آب و اکوسیستم‌های آبی را بسیار شدیدتر از دیگر منابع تهدید می‌کند (Zaimes و همکاران، ۲۰۰۸؛ Santos، Mailard و Ongley، ۲۰۰۸؛ همکاران، ۲۰۱۰). کاهش کیفیت آب رودخانه‌ها در اثر فعالیت‌های انسانی به‌عنوان نگرانی مهم محیط زیستی مطرح شده است (Lu و Chen، ۲۰۱۴؛ Aalipour و همکاران، ۲۰۱۸). از میان عوامل ناشی از منابع غیر نقطه‌ای، کاربری سرزمین و پوشش سرزمین غالب‌ترین عامل بوده که مطالعات متعددی

1. Shapiro  
2. Spearman  
3. Akaike

\* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۲۶-۳۲۲۲۳۰۴۴

آدرس ایمیل: maalipour@ut.ac.ir (م. عالی‌پور)، jabbarian@ut.ac.ir (ب. جباریان امیری).

سیمای سرزمین تأثیر بسیار زیادی بر روی جریان مواد مغذی در سطح حوضه‌های آبخیز دارد (Amiri و Nakane، ۲۰۰۹؛ Uuemma و همکاران، ۲۰۰۷؛ Wickham و همکاران، ۲۰۰۲؛ Rabalais و Turner، ۲۰۰۳).

مطالعه ساختار سیمای سرزمین تعیین‌کننده روابط فضایی بین شکل‌های مختلف کاربری سرزمین و تکه‌ها درون یک حوضه آبخیز می‌باشد. با توجه به این‌که آلودگی غیر نقطه‌ای به‌عنوان عوامل اصلی آلودگی آب تبدیل شده است، بنابراین بررسی تأثیر منابع غیر نقطه‌ای ناشی از تغییر الگوی سیمای سرزمین بسیار مهم می‌باشد (Basnyat و همکاران، ۱۹۹۹؛ Bhaduri، ۲۰۰۰). همچنین سیمای سرزمین، ناهمگونی مکانی یک حوضه آبخیز مشخص را نشان می‌دهد و الگوهای مختلف در مقیاس‌های مختلف در آن قابل مشاهده است (Herold و همکاران، ۲۰۰۵). درک بهتر از رابطه بین عوامل سیمای سرزمین و شاخص‌های کیفیت آب، می‌تواند باعث افزایش تلاش‌ها در زمینه تحقیقات و مدیریت آب شود (Kearns و همکاران، ۲۰۰۵). از این رو، مطالعه حاضر با هدف بررسی چگونگی روابط میان تغییرات الگوی سیمای سرزمین و کیفیت آب رودخانه، به دنبال تعیین مدل‌های حاکم بر این روابط بوده تا بتوان از آن‌ها در ساماندهی متناسب‌تر کاربری در فرایند آمایش سرزمین بهره‌برداری بشود.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

استان اردبیل در شمال غربی کشور در منطقه آذربایجان واقع شده است. مساحت این استان ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع حدود ۱/۱ درصد از مساحت کل کشور و جمعیت آن بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۰ برابر یک میلیون و ۲۴۹ هزار نفر می‌باشد. توپوگرافی استان اردبیل به‌طور گسترده متأثر از توده آتشفشانی سبلان است. دامنه تغییرات ناهمواری‌ها از ۳۰ متر در بستر رودخانه ارس در ناحیه جنگلی تازه‌کند تا ۴۸۱۱ متر در قله توده سبلان متفاوت است. سبلان در ناحیه مرکزی استان با جهت شرقی- غربی کشیده شده است و رشته‌کوه باغرو نیز به موازات ساحل جنوبی دریای خزر از شمال به جنوب، همانند دیواره‌ای بین بخش‌های مرکزی استان و دریای خزر حائل شده است. از میان رودخانه‌های جاری در منطقه مطالعاتی، ۳۲ رودخانه که دارای ایستگاه‌های هیدرومتری و برنامه پایش کیفیت آب بوده‌اند انتخاب شدند. متوسط ارتفاع از سطح دریای ایستگاه‌های هیدرومتری برای رودخانه‌های مطالعاتی  $1330 \pm 417$  متر است. رودخانه‌های مطالعاتی دارای متوسط  $253/72 \pm 331/87$  کیلومتر مربع مساحت هستند. دشت‌های استان اغلب به صورت جلگه‌های آبرفتی پایکوهی می‌باشند که از میان آن‌ها می‌توان به سه دشت مغان، اردبیل و مشگین‌شهر به‌عنوان مهم‌ترین عرصه‌های زیست و

بنابراین، کنش الگوهای کاربری سرزمین و فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی با همدیگر بر سیستم‌های اکولوژیکی رودخانه اثر گذاشته و باعث تغییر قابل‌توجه کیفیت در آب در حوضه‌های آبخیز می‌شود (Uriarte و همکاران، ۲۰۱۱؛ Liu و همکاران، ۲۰۱۳؛ Teixeira و همکاران، ۲۰۱۴).

مطالعات (Solbe، ۱۹۸۶؛ Mander و همکاران، ۱۹۹۸؛ Su و همکاران، ۲۰۱۲؛ Wan و همکاران، ۲۰۱۴) نشان‌دهنده همبستگی بین کاربری سرزمین و کیفیت آب رودخانه‌ها بوده که این همبستگی تحت تأثیر الگوهای مکانی و نوع کاربری سرزمین می‌باشد. از این رو، بسیاری از مشکلات آلودگی آب به خاطر تغییر در ترکیب کاربری سرزمین در حوضه‌های آبخیز در اثر فعالیت‌های انسانی افزایش می‌یابد (Gikas و همکاران، ۲۰۰۶؛ Amiri و Nakane، ۲۰۰۹؛ Boskidis و همکاران، ۲۰۱۱).

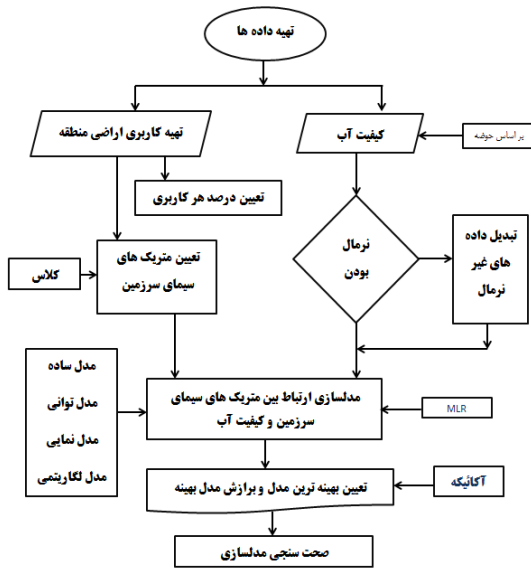
مطالعات تطبیقی نشان‌دهنده تأثیر قابل‌توجه کاربری سرزمین بر کیفیت آب رودخانه می‌باشد (Amiri و Nakane، ۲۰۰۹؛ Amiri و Nakane، ۲۰۰۶؛ Carey و همکاران، ۲۰۱۱؛ Miller و همکاران، ۲۰۱۱؛ Uriarte و همکاران، ۲۰۱۱؛ Zhou و همکاران، ۲۰۱۲؛ Santos و Maillard، ۲۰۰۸).

سنجه‌های سیمای سرزمین از دهه ۱۹۸۰ به منظور تعیین میزان ناهمگونی مکانی و ساختار سیمای سرزمین، از جمله ترکیب و توزیع کاربری‌های سرزمین استفاده شده است. با این حال، روابط بین الگوی سیمای سرزمین و فرایندهای انسان و محیط زیست، مانند کیفیت آب، به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم در تحقیقات سیمای سرزمین باقی‌مانده است (Turner و همکاران، ۲۰۰۱؛ Griffith، ۲۰۰۲). سه ویژگی سیمای سرزمین شامل ساختار، ترکیب و پیکره‌بندی بر اساس اکولوژی سیمای سرزمین است (Amiri و همکاران، ۲۰۱۶؛ Forman و Godron، ۱۹۸۶) که بر اساس سنجه‌های خاص سیمای سرزمین، موردسنجش و آنالیز قرار می‌گیرند (Rutledge، ۲۰۰۳). هر کدام از این ویژگی‌ها به اصول ریزتری تقسیم می‌شوند که این اصول در مجموع اصول عمومی اکولوژی سیمای سرزمین را تشکیل می‌دهند (Forman و Gordan، ۱۹۸۶؛ Farina، ۱۹۹۸).

کارکرد سیمای سرزمین کنش میان عناصر مکانی یعنی جریان‌های انرژی، مواد و گونه‌ها در میان اکوسیستم می‌باشد (Kim، ۲۰۰۵). براساس مفاهیم سیمای سرزمین، مفهوم تکه به عنوان قطعات کوچک‌تر تکه‌تکه شده و یا تقسیم شده از کل منطقه اکوسیستم تکه بیان شده است (Rutledge، ۲۰۰۳).

سیمای سرزمین، چیدمان ترکیبی از اکوسیستم‌های محلی یا کاربری‌های سرزمین در یک منطقه است که در فرم مشابهی تکرار شده‌اند (Apan و همکاران، ۲۰۰۲). تقاضا برای افزایش و تغییرات کاربری سرزمین، اثرات بسیار زیادی بر روی سیمای سرزمین داشته است (Matsushita و همکاران، ۲۰۰۶). ساختار

مدل مفهومی و مراحل مطالعه حاضر را به صورت گام به گام نشان می دهد.

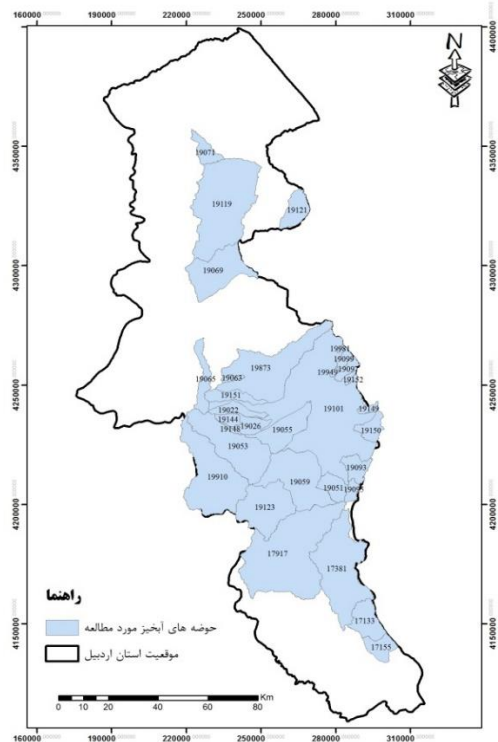


شکل ۲- مدل مفهومی تحقیق

نقشه کاربری سرزمین منطقه از مطالعات آمایش سرزمین استان مربوط به سال ۱۳۹۲ مستخرج و در تجزیه و تحلیل کاربری ها استفاده گردید. مطالعه حاضر بر اساس خط مشی بررسی پوشش زمین در کل حوضه آبخیز (Sliva و Williams, ۲۰۰۱) انجام شد. در این روش از تجزیه و تحلیل مکانی پوشش زمین در کل حوضه آبخیز به عنوان متغیر در مدل سازی استفاده می شود. جدول (۱) آماره توصیفی مربوط پارامترهای کیفیت آب را نشان می دهد.

سیستم اطلاعات جغرافیایی به منظور تسهیل تجزیه و تحلیل مکانی و تعیین کاربری های مختلف سرزمین در هر حوضه آبخیز استفاده شد. پایگاه داده مشترک تحت عنوان یک سیستم جغرافیایی در زمینه ایستگاه های نمونه برداری، کاربری سرزمین و مرزهای مربوط به حوضه های آبخیز تشکیل داده شد. سپس مساحت هر کاربری در هر حوضه بر اساس نقشه های کاربری سرزمین تعیین شد و در جدول (۲) ویژگی ترکیب (درصد) هر کاربری در حوضه های مورد بررسی، مشاهده می شود.

فعالیت در سطح استان اشاره کرد. شکل (۱) موقعیت حوضه های آبخیز مورد مطالعه را در استان اردبیل نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت حوضه های آبخیز مورد مطالعه

### ۳- روش تحقیق

به منظور بررسی ارتباط بین ویژگی ترکیب (درصد) کاربری سرزمین، سنجه های ساختار سیمای سرزمین و کیفیت آب در رودخانه های استان اردبیل، ۵ پارامتر منیزیم (Mg)، سدیم (Na)، کلر (Cl)، هدایت الکتریکی (EC) و نسبت جذب سدیم (SAR) مربوط به ۳۲ ایستگاه هیدرومتری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. میانگین سالانه داده های کیفیت آب در بین سال های ۱۳۹۰-۱۳۹۳ با استفاده از اندازه گیری ماهانه انجام شده توسط شرکت آب منطقه ای اردبیل مورد استفاده قرار گرفت. به منظور تعیین مرز ۳۲ حوضه مورد مطالعه از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه استفاده شد. شکل (۲)

جدول ۱- آماره توصیفی پارامترهای کیفیت آب

پارامتر	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	چولگی
EC	۵۹۸/۳۴۸	۱۲۲۰/۰۱۱	۹۰۹/۱۸۰	۸۶۲/۱۳۲	۲/۶۵۲
Cl	۱/۳۲۲	۲/۹۸۲	۲/۱۵۲	۲/۳۰۲	۲/۷۵۲
Mg	۱/۴۰۰	۲/۴۹۸	۱/۹۴۹	۱/۵۲۳	۲/۵۲۲
Na	۲/۰۵۸	۵/۷۴۲	۳/۹۰۰	۵/۱۰۸	۲/۷۴۳
SAR	۱/۴۴۲	۲/۸۸۷	۲/۱۶۵	۲/۰۰۳	۱/۹۰۸

جدول ۲- ویژگی ترکیب (درصد) هر کاربری در حوضه‌های آبخیز مورد مطالعه

کد حوضه	کشاورزی	دیم	شهری	مرتع درجه ۲	مرتع درجه ۱	جنگل	باغات	سایر کاربری‌ها (شامل بیشه‌زار، بایر، مناطق آبی، بایر، بیرون‌زدگی سنگی و مرتع درجه ۳)
۱۷۱۳۳	۴/۴۴	۲/۷۰	۰	۷۲/۹۱	۱۷/۲۱	۱/۳۶	۱/۳۷	۰
۱۷۱۵۵	۲/۶۸	۵/۷۳	۰	۸۳/۱۳	۸/۳۰	۰	۰/۱۷	۰
۱۷۳۸۱	۴/۶۸	۴/۵۹	۱/۰۳	۸۲/۵۱	۰/۳۹	۵/۵۲	۰/۴۶	۰/۸۱
۱۷۹۱۷	۳/۷۷	۱۶/۵۶	۰/۱۴	۶۵/۹۵	۱۰/۸۷	۱/۰۶	۰/۷۲	۰/۹۲
۱۹۰۲۲	۰	۲۴/۷۱	۰/۶۸	۲/۴۹	۶۵/۰۶	۰	۷/۰۶	۰
۱۹۰۲۶	۷/۴۴	۸۶/۰۱	۰	۰/۵۱	۰/۹۹	۰	۵/۰۵	۰
۱۹۰۵۱	۰	۵۳/۳۵	۰	۴۲/۳۹	۰	۰/۴۶	۳/۸۱	۰
۱۹۰۵۳	۱۰/۴۰	۶۰/۹۲	۰/۲۵	۷/۸۵	۱۶/۲۹	۰	۱/۶۴	۲/۶۵
۱۹۰۵۵	۱۸/۳۰	۶۱/۰۸	۱۸/۲۹	۱/۴۶	۰	۰	۰/۰۵	۰/۸۲
۱۹۰۵۹	۵/۹۲	۶۹/۹۲	۰	۲۳/۴۶	۰	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۵۶
۱۹۰۶۳	۰	۰	۰/۵۳	۱۹/۰۵	۷۶/۹۷	۰	۳/۴۵	۰
۱۹۰۶۵	۷/۳۴	۱۴/۶۸	۰	۳۴/۹۱	۳۵/۳۴	۰	۱/۱۹	۶/۵۳
۱۹۰۶۹	۰	۴۲/۶۷	۰	۵۷/۲۶	۰	۰	۰/۰۷	۰
۱۹۰۷۱	۰	۷۲/۳۸	۰/۸۴	۲۶/۷۷	۰	۰	۰	۰
۱۹۰۹۳	۰/۱۱	۰	۰/۰۲	۹۹/۸۷	۰	۰	۰	۰
۱۹۰۹۵	۰	۰	۰	۸۱/۶۸	۰	۰	۰	۱۸/۳۱
۱۹۰۹۷	۱۱/۵۱	۴۳/۹۷	۰/۰۷	۴/۵۶	۱۸/۳۴	۲۱/۵۶	۰	۰
۱۹۰۹۹	۰	۲۱/۰۵	۰/۹۸	۵۴/۵۰	۲۲/۴۲	۰	۱/۰۵	۰
۱۹۱۰۱	۴۶/۷۰	۲۳/۷۹	۲/۵۸	۲۱/۱۷	۲/۰۱	۱/۷۱	۰/۳۶	۱/۶۷
۱۹۱۱۹	۰/۴۸	۶۳/۵۸	۰/۳۹	۳۴/۲۸	۰/۱۰	۰	۱/۱۰	۰/۰۶۴
۱۹۱۲۱	۰	۵۹/۷۶	۰	۱۷/۵۴	۱۸/۱۸	۱/۶۳	۲/۸۹	۰
۱۹۱۲۳	۴/۴۳	۳۵/۴۷	۰/۰۶	۵۷/۹۹	۱/۹۲	۰	۰/۱۳	۰
۱۹۱۴۴	۰	۱۸/۵۶	۰	۱۱/۱۳	۶۷/۶۴	۰	۲/۶۸	۰
۱۹۱۴۸	۰	۵۵/۹۱	۰	۴/۷۰	۳۹/۳۵	۰	۰/۰۴	۰
۱۹۱۴۹	۵۱/۶۷	۹/۹۴	۳/۲۳	۰	۹/۵۶	۲۵/۵۹	۰	۰
۱۹۱۵۰	۱۷/۸۶	۲۴/۰۳	۰	۳۷/۸۶	۶/۲۰	۱۳/۷۳	۰	۰/۳۲
۱۹۱۵۱	۰/۱۲	۱۷/۰۰	۰/۹۱	۶/۹۰	۷۱/۸۵	۰	۳/۲۳	۰
۱۹۱۵۲	۳۵/۵۴	۰	۰	۰	۰/۰۶	۶۴/۴۰	۰	۰
۱۹۸۷۳	۲۰/۰۱	۳۰/۰۸	۰/۹۱	۳۴/۲۴	۱۲/۵۶	۰/۰۶	۱/۴۱	۰
۱۹۹۰	۹/۶۵	۵۴/۵۰	۰/۵۸	۲۸/۳۱	۶/۵۰	۰	۰/۰۸	۰/۳۸
۱۹۹۴۹	۱۳/۰۶	۶۲/۶۹	۲۴/۲۵	۰	۰	۰	۰	۰
۱۹۹۸۱	۰	۰	۰	۸۲/۲۳	۱۶/۷۷	۰	۰	۰

Value کم‌تر از ۰/۰۵ مورد آزمایش قرار گرفتند (در صورت عدم توزیع نرمال داده‌ها بر اساس روش باکس-کاکس<sup>۳</sup> به توزیع نرمال تبدیل شده و در ادامه مورد استفاده قرار گرفتند). پس از آن آزمون همبستگی اسپیرمن<sup>۴</sup> برای تعیین ارتباط و همبستگی بین متغیرهای کیفیت آب با متغیرهای ترکیب (درصد) کاربری سرزمین استفاده شد. به منظور تعیین ارتباط بین متغیرهای

مقادیر سنجه‌های ساختار سیمای سرزمین هر کاربری سرزمین برای هر حوضه آبخیز مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Fragstate 4.2 (McGarigal و همکاران، ۲۰۱۲) و در سطح کلاس<sup>۱</sup> سیمای سرزمین، سنجه مورد محاسبه قرار گرفته و در آنالیزها استفاده شد. به منظور تجزیه و تحلیل آماری، ابتدا تمامی متغیرهای کیفیت آب با استفاده از آزمون شاپیرو<sup>۲</sup> با مقدار P-

3. Box-Cox  
4. Spearman

1. Class  
2. Shapiro

Gordan و Forman، ۱۹۸۶) اندازه‌گیری می‌کند. این سنجه از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$shp = \frac{1}{N_i} \sum \frac{L_i}{4\sqrt{A_i}} \quad (2)$$

جایی که  $shp$  به‌عنوان سنجه شکل،  $N_i$  تعداد تکه‌های رده  $i$ ،  $L_i$  محیط و  $A_i$  مساحت هر تکه در یک رده خاص است. مقدار سنجه بین ۰ (برای یک‌شکل کاملاً مربع) تا  $\infty$  برای شکل بسیار نامنظم تغییر می‌کند (Rutledge، ۲۰۰۳).

سنجه پیچ‌خوردگی<sup>۱۱</sup>: این سنجه نشان‌دهنده درجه پیچیدگی شکل برای تکه‌های یک طبقه خاص از سیمای سرزمین می‌باشد. مقدار این سنجه در دامنه بین ۱ تا ۲ تغییر می‌کند و پیچیدگی شکل یک‌تکه یا مجموعه‌ای از تکه‌ها (یک کلاس) را اندازه‌گیری می‌کند (Rutledge، ۲۰۰۳؛ Turner و همکاران، ۲۰۰۱). اگر سنجه نزدیک به یک باشد، تکه به‌طور منظم (مربع) شکل است؛ و در بالاترین مقدار سنجه، نشان‌دهنده تکه‌های نامنظم (پیچیده) است (Rutledge، ۲۰۰۳). معادله این سنجه به شرح رابطه (۳) می‌باشد:

$$frac = \frac{2 \ln(0.25 P_{ij})}{\ln a_{ij}} \quad (3)$$

جایی که  $P_{ij}$  محیط (متر) تکه  $ij$  است و  $a_{ij}$  مخفف مساحت (مترمربع) تکه  $ij$  است (McGarigal و Marks، ۱۹۹۵).

سنجه نسبت محیط به مساحت<sup>۱۲</sup>: سنجه نسبت محیط به مساحت نشان‌دهنده نسبت محیط تکه (متر) به مساحت (مترمربع) برای یک طبقه سیمای سرزمین می‌باشد؛ بنابراین، برای یک شکل مشخص، بستگی به مساحت تکه دارد (McGarigal و Marks، ۱۹۹۵؛ Rutledge، ۲۰۰۳). معادله این سنجه به‌صورت رابطه (۴) می‌باشد:

$$para = \frac{P_{ij}}{A_{ij}} \quad (4)$$

جایی که  $P_{ij}$  محیط (متر) تکه  $ij$ ،  $A_{ij}$  مساحت (مترمربع) تکه  $ij$  است و  $i$  و  $j$  شماره ردیف و ستون در شبکه برای تکه می‌باشد. مقدار سنجه در محدوده صفر تا بی‌نهایت در تغییر است.

سنجه دایره‌ای بودن<sup>۱۳</sup>: سنجه دایره‌ای بودن، نحوه پیچ‌خوردگی شکل و نزدیک بودن به شکل باریک یا بلند را اندازه‌گیری می‌کند (Turner و همکاران، ۲۰۰۱). برای تکه‌های پیچیده برابر صفر و برای تکه‌های باریک ۱ می‌باشد (Rutledge، ۲۰۰۳) و به‌صورت رابطه (۵) محاسبه می‌شود:

کیفیت آب و متغیرهای ترکیب (درصد) کاربری سرزمین و سنجه‌های سیمای سرزمین از مدل‌سازی رگرسیون چند متغیره<sup>۱</sup> (MLR) و به‌صورت گام‌به‌گام<sup>۲</sup> استفاده شد. به‌منظور کالیبراسیون مدل‌های رگرسیون چند متغیره از ۷۰ درصد داده‌های موجود استفاده گردید و از ۳۰ درصد باقی‌مانده برای آزمودن مدل‌ها بهره‌برداری شد. چهار مدل رگرسیونی ساده، توانی، نمایی و لگاریتمی برای متغیرهای کیفیت آب مورد برآزش قرار گرفته و بررسی شد. به‌منظور تعیین مناسب‌ترین مدل از بین مدل‌های اشاره‌شده از معیار اطلاعات آکائیکه<sup>۳</sup> (AIC) استفاده شد. معیار اطلاعات آکائیکه، به‌منظور تعیین نزدیک‌ترین مدل به واقعیت سیستم از بین مدل‌های مورد بررسی می‌باشد و برای مقایسه و گزینش مدل به انتخاب مدلی منجر می‌شود که به‌خوبی برآزش شده باشد و درعین‌حال از تعداد متغیرهای کم‌تری برخوردار باشد. فرمول محاسبه این معیار در رابطه (۱) آورده شده است:

$$AIC_c = n \left( \log \frac{RSS}{n} \right) + 2K + \frac{2k(k+1)}{n-k-1} \quad (1)$$

که در آن:

$AIC$  مقدار عددی معیار اطلاعات آکائیکه،  $K$  تعداد متغیرهای مدل که شامل متغیر فاصله از مبدأ مدل نیز می‌شود،  $n$  تعداد نمونه و  $RSS$  مجموع مربعات خطای مدل می‌باشد (امیری، ۱۳۹۵). در صورتی که مدل تعیین‌شده توسط معیار آکائیکه از صحت نامطلوبی برخوردار باشد مدل بعدی انتخاب‌شده در ادامه فرآیند مدل‌سازی استفاده می‌گردد.

هم‌خطی<sup>۴</sup> بین متغیرهای مستقل در مدل‌های به‌دست آمده از طریق ضریب تورش واریانس (VIF)<sup>۵</sup> مورد بررسی قرار گرفت. میزان تورم واریانس در صورت کم‌تر بودن از مقدار ۱۰ نشان‌دهنده مناسب بودن مدل می‌باشد (Neter و همکاران، ۱۹۹۶؛ Chatterjee و همکاران، ۲۰۰۰). برای متغیرهای کیفیت آب، مناسب بودن مدل رگرسیونی بر اساس آماره ضریب تعیین<sup>۶</sup> و  $P$ -value سنجش شد. در نهایت به‌منظور صحت‌سنجی مدل‌های مناسب از ۱۱ ایستگاه (۳۰ درصد داده‌ها) و از سنجه‌های خطای مطلق<sup>۷</sup> مدل، سنجه‌های برآورد خطای نسبی مدل<sup>۸</sup> و سنجه‌های مبتنی بر تحلیل کارایی مدل<sup>۹</sup> بدین منظور استفاده شد.

### ۳-۱- سنجه‌های مورد مطالعه

سنجه شکل<sup>۱۰</sup>: این سنجه پیچیدگی شکل تکه را در مقایسه با یک شکل استاندارد (مربع یا تقریباً مربع) در یک اندازه معین

8. Relative error model  
9. Model Efficiency  
10. Shape Index  
11. Fractal Dimension Index  
12. Perimeter-Area Ratio  
13. Related Circumscribing Circle

1. Multi Linear Regression  
2. Stepwise  
3. Akaike  
4. Collinearity  
5. Variance Inflation Factor  
6. R-Square  
7. Absolute error model

پارامتر کیفیت آب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و نتایج آن در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول ۳- نتایج اجرای مدل آکائیکه

متغیر	مدل ساده	مدل توانی	مدل نمایی	مدل لگاریتمی
EC	۱/۰۱ e-۱۳	۰/۰۰۲۷	۶/۲ e-۰۶	۰/۹۹۷۲
Cl	۰/۰۳۶۷	۰/۹۶۳۱	۰/۰۰۰۱	۶/۲ e-۱۱
Mg	۰/۰۳۳۰۱	۰/۹۶۱۰	۰/۰۰۵۹	۶/۹۹ e-۱۵
Na	۰/۰۰۰۳	۰/۹۹۹۰	۰/۰۰۰۵	۰
SAR	۰/۳۱۸۴	۰/۶۸۱۵	۱/۷۸ e-۰۵	۱/۶۶ e-۱۶

پس از تعیین بهینه ترین مدل برای هر پارامتر، رگرسیون خطی چندگانه با رهیافت گام به گام مورد برازش قرار گرفت و مدل های ابداع شده به همراه ضرایب تشخیص مدل و سایر آماره ها در جدول (۴) نشان داده شده اند. به منظور بررسی معناداری روابط رگرسیونی هر یک از متغیرهای کیفیت آب با متغیرهای پیش بینی کننده از آزمون تجزیه واریانس در سطح ۰/۰۵ استفاده شد و مقادیر مربوط به معناداری در جدول (۴) برای هر متغیر پیش بینی کننده آورده شده است. نتایج تجزیه واریانس در سطح معناداری ۰/۰۵ نشان دهنده معناداری رابطه متغیرهای کیفیت آب با متغیرهای مستقل وارد شده در هر رابطه آماری بوده است. مقادیر عامل تورم واریانس نیز جهت شناسایی هم خطی و هم بستگی بین متغیرهای مستقل وارد شده در مدل نیز محاسبه گردید و مقادیر این عامل برای همه مدل های برازش شده (جدول (۴)) نشان از عدم وجود هم خطی چندگانه در بین متغیرهای مستقل وارده در هر مدل بوده است. همچنین مقادیر معناداری آزمون  $t$  در تمامی متغیرهای مستقل و در تمامی مدل های برازش شده کم تر از ۰/۰۵ می باشد و می توان بیان کرد ضرایب متغیرهای مستقل در مدل های رگرسیونی مخالف صفر بوده و متغیرهای مستقل مدل از صحت اطمینان کافی جهت ورود به مدل سازی برخوردار می باشد. مقادیر مشاهده شده در برابر مقادیر پیش بینی شده متغیرهای کیفیت آب در شکل (۳) نشان داده شده است. بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیونی چند متغیره برای متغیرهای کیفیت آب، معادلات و توضیحات هر یک از مدل ها به شرح روابط (۷) تا (۱۱) می باشد:

$$EC = (-0.038 * FRAC_{R2}) + (-1.426 * PARA_{Or}) + (-3.885E - 5 * Or) + (-1.522 * PARA_{Df}) + 0.201 \quad (7)$$

$$Cl = (1.813 * CONTIG_{R2}) + (-0.386 * Or) - 0.01 \quad (8)$$

$$SAR = (2.034 * CIRCLE_{R2}) + (0.196 * PARA_{Or}) - 0.152 \quad (9)$$

$$RCC = 1 - \left( \frac{a_{ij}}{a_{ij}^2} \right) \quad (5)$$

جایی که  $a_{ij}$  مساحت ( $m^2$ ) تکه  $ij$  است و  $a_{ij}^2$  مساحت ( $m^2$ ) کوچک ترین دایره مشخص در اطراف تکه  $ij$  است و  $i$  و  $j$  شماره ردیف و ستون در شبکه برای تکه می باشد (McGarigal و Marks، ۱۹۹۵)

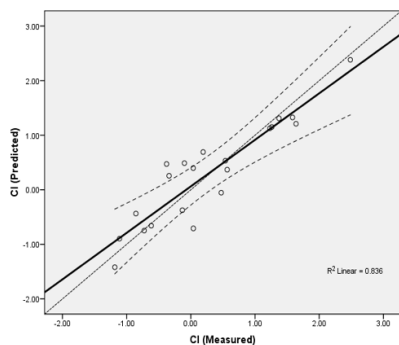
سنجه پیوستگی (مجاورت):<sup>۱</sup> این سنجه برای بررسی وابستگی یا اتصال فضایی سلول ها در یک تکه و در فرمت شبکه استفاده می شود. هم چنین این سنجه اندازه گیری پیکره بندی مرز تکه و شکل تکه را نیز ارائه می دهد (McGarigal و Marks، ۱۹۹۵) و به صورت رابطه (۶) محاسبه می شود:

$$CI = \frac{\left[ \frac{\sum_{r=1}^v C_{ijr}}{a_{ij}} \right] - 1}{v-1} \quad (6)$$

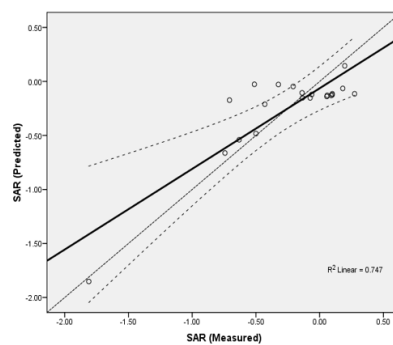
جایی که  $C_{ijr}$  مقدار ارزش وابستگی برای پیکسل  $r$  در تکه  $ij$  است،  $v$  مجموع مقادیر در قالب سلول ۳ در ۳ است و  $a_{ij}$  مساحت تکه  $ij$  با توجه به شماره سلول ها می باشد. برای تکه یک پیکسل،  $CI=0$  و نزدیک و بالاتر از یک به عنوان تکه متصل و یا وابسته، افزایش می یابد (McGarigal و Marks، ۱۹۹۵).

#### ۴- نتایج

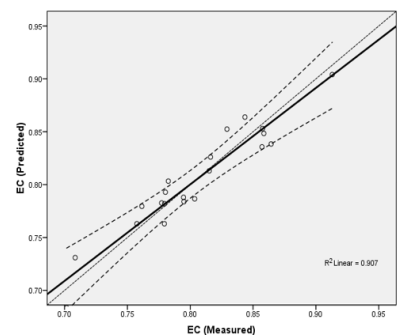
نرمال بودن داده ها از طریق آزمون شاپیرو مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد داده های کیفیت آب دارای توزیع غیر نرمال می باشند که از طریق روش باکس-کاکس تبدیل و به صورت نرمال در فرآیند مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج بررسی آزمون همبستگی اسپیرمن در سطح معناداری ۰/۰۵ بین متغیرهای کیفیت آب و کاربری سرزمین در حوضه های آبخیز نشان داد، از بین ۷ طبقه کاربری سرزمین تنها متغیرهای درصد پوشش دیم و دیگر کاربری ها با متغیرهای کیفیت آب دارای همبستگی معناداری می باشند. متغیر درصد پوشش دیم با میانگین غلظت پارامترهای کیفیت آب شامل منیزیم، سدیم، کلر، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم دارای رابطه مستقیم معناداری می باشد، هم چنین متغیر دیگر کاربری ها با پارامترهای سدیم، کلر، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم دارای رابطه مستقیم می باشد. به بیان دیگر با افزایش درصد کاربری های پوشش دیم و دیگر کاربری ها، غلظت پارامترهای مختلف کیفیت آب تحت تأثیر قرار می گیرد. در زمینه مدل رگرسیونی بین متغیرهای کیفیت آب و ویژگی ترکیب (درصد) کاربری سرزمین و سنجه های سیمای سرزمین چهار مدل ساده، توانی، نمایی و لگاریتمی استفاده شد. روش آکائیکه برای تعیین بهینه ترین مدل برای هر



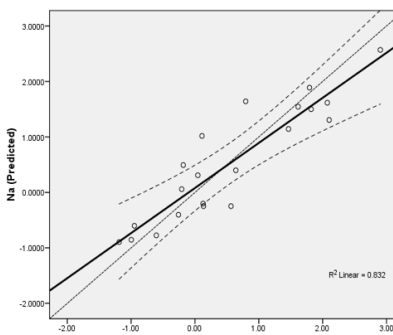
(ت)



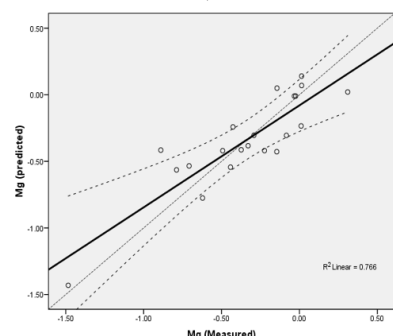
(الف)



(ج)



(ب)



(پ)

شکل ۳- بررسی روابط مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش بینی شده برای متغیرهای کیفیت آب: الف) مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش بینی شده برای متغیر نسبت جذب سدیم، ب) مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش بینی شده برای متغیر سدیم، پ) مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش بینی شده برای متغیر منیزیم، ت) مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش بینی شده برای متغیر کلر، ج) مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش بینی شده برای متغیر هدایت الکتریکی

جدول ۴- مقادیر مدل رگرسیونی برازش شده برای هر متغیر کیفیت آب

Model		Coefficients			R <sup>2</sup>	Collinearity Statistics			
Model type	Variable	B	Std. Error	Beta		t	Sig.	Tolerance	VIF
Mg	Cons.	-۰/۰۱۰	۰/۰۹۲		۰/۸۷۵	-۰/۱۰۸	۰/۹۱۵		
	CONTIG <sub>R2</sub>	۱/۴۴۳	۰/۳۲۳	۰/۵۶۱		۴/۴۶۲	۰/۰۰۰	۰/۸۷۱	۱/۱۴۸
	CONTIG <sub>Other</sub>	-۱/۶۶۲	۱/۶۴۱	-۰/۵۷۱		-۴/۶۸۷	۰/۰۰۰	۰/۹۲۸	۱/۰۷۷
	R <sup>2</sup>	-۰/۳۰۲	۰/۰۷۴	-۰/۳۵۶		-۲/۷۳۶	۰/۰۱۴	۰/۸۱۳	۱/۲۳۱
Na	Cons.	-۰/۳۴۸	۰/۳۲۳		۰/۹۱۲	-۱/۱۱۵	۰/۳۸۰		
	Df	۰/۰۳۰	۰/۰۰۴	۰/۷۰۶		۶/۸۴۹	۰/۰۰۰	۰/۹۲۷	۱/۰۷۹
	PARA <sub>Other</sub>	۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۶۰۹		۵/۶۹۷	۰/۰۰۰	۰/۸۶۲	۱/۱۶۰
	FRAC <sub>Ir</sub>	-۰/۶۲۱	۰/۳۵۲	-۰/۲۷۱		-۲/۴۶۸	۰/۰۲۴	۰/۸۱۵	۱/۲۲۷
EC	Cons.	-۰/۲۰۱	۰/۰۰۷		۰/۹۰۳	۳۰/۸۵۹	۰/۰۰۰		
	FRAC <sub>R2</sub>	-۰/۰۳۸	۰/۰۰۸	-۰/۵۴۸		-۴/۹۹۷	۰/۰۰۰	۰/۹۵۷	۱/۰۴۵
	Or	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	-۰/۴۸۶		-۴/۴۹۶	۰/۰۰۰	۰/۹۸۵	۱/۰۱۶
	PARA <sub>Ur</sub>	-۱/۴۲۶	۰/۴۴۸	-۰/۳۴۷		-۳/۱۸۳	۰/۰۰۶	۰/۹۶۶	۱/۰۳۵
	PARA <sub>Df</sub>	-۱/۵۲۲	۰/۶۳۹	-۰/۲۶۱		-۲/۳۸۳	۰/۰۳۰	۰/۹۵۵	۱/۰۴۸
Cl	Cons.	-۰/۰۱۰	۰/۱۲۰		۰/۷۶۴	-۰/۰۸۷	۰/۹۳۲		
	CONTIG <sub>R2</sub>	۱/۸۱۳	۰/۵۰۷	۰/۵۴۵		۳/۵۷۸	۰/۰۰۲	۰/۹۹۴	۱/۰۰۶
	Or	-۰/۳۸۶	۰/۱۱۹	-۰/۴۹۶		-۳/۲۵۵	۰/۰۰۴	۰/۹۹۴	۱/۰۰۶
SAR	Cons.	-۰/۱۵۲	۰/۱۳۳		۰/۸۶۴	-۱/۱۴۳	۰/۲۶۸		
	CIRCLE <sub>R2</sub>	۲/۰۳۴	۰/۳۵۶	۰/۶۸۱		۵/۷۱۸	۰/۰۰۰	۰/۹۹۳	۱/۰۰۷
	PARA <sub>Or</sub>	۰/۱۹۶	۰/۰۴۹	۰/۴۷۸		۴/۰۱۵	۰/۰۰۱	۰/۹۹۳	۱/۰۰۷

(۱۰) از تمامی متغیرهای مستقل، متغیرهای مرتع درجه دو، سنجه مجاورت در کاربری‌های مرتع درجه دو و دیگر کاربری‌ها معنادار شده‌اند. سنجه مجاورت در کاربری مرتع درجه دو بیشترین تأثیر را در میزان منیزیم در رودخانه‌های حوضه آبخیز داشته‌اند. ضریب تشخیص مدل مذکور ( $r^2=0.875$ ) می‌باشد که نشان می‌دهد متغیرهای مستقل مدل ۸۷ درصد تغییرات میزان غلظت منیزیم را در حوضه‌های مورد مطالعه پیش‌بینی می‌کند. در مدل سدیم (رابطه (۱۱)) از تمامی متغیرهای مستقل وارد شده به مدل، متغیر مرتع درجه ۲، سنجه چین‌خوردگی در کاربری کشاورزی و سنجه نسبت محیط به مساحت در دیگر کاربری‌ها دارای رابطه معناداری با متغیر وابسته می‌باشند. بیشترین تأثیر مربوط به سنجه نسبت محیط به مساحت و کم‌ترین تأثیر را سنجه چین‌خوردگی در میزان سدیم در حوضه‌های مورد مطالعه پیش‌بینی می‌کند. با توجه به ضریب تشخیص مدل مذکور ( $r^2=0.912$ )، متغیرهای مستقل مدل ۹۱ درصد تغییرات میزان غلظت سدیم را در حوضه‌های مورد مطالعه پیش‌بینی می‌کند. به‌منظور صحت‌سنجی مدل‌های برازش شده برای هر پارامتر کیفیت آب از سنجه‌های برآورد خطای مطلق مدل، سنجه‌های مبتنی بر کارایی مدل و سنجه‌های برآورد خطای نسبی مدل و با استفاده از ۳۰ درصد داده‌های باقی‌مانده، استفاده شد و نتایج در جدول (۵) نشان داده شده است. بر اساس جدول (۵) مشخص شده است که تمامی مدل‌های برازش شده برای تمامی پارامترهای کیفیت آب از صحت مناسبی برخوردار می‌باشند و نتایج حاصله از صحت مناسبی برخوردار می‌باشند.

$$Mg = (1.443 * CONTIG_{R2}) + (-7.692 * CONTIG_{Other}) + (-0.202 * R2) - 0.01 \quad (10)$$

$$Na = (0.009 * PARA_{Other}) + (-0.621 * FRAC_{Ir}) + (0.03 * Df) - 0.248 \quad (11)$$

در مدل پیش‌بینی هدایت الکتریکی (رابطه (۷)) از تمامی متغیرهای مستقل، متغیر باغات، سنجه نسبت محیط به مساحت در کاربری شهری و سنجه چین‌خوردگی در کاربری مرتع درجه ۲ معنادار شده‌اند. متغیر باغات بیشترین تأثیر و سنجه نسبت محیط به مساحت کم‌ترین تأثیر را در میزان هدایت الکتریکی در کیفیت آب رودخانه‌های حوضه آبخیز داشته‌اند. ضریب تشخیص مدل مذکور ( $r^2=0.903$ ) می‌باشد که نشان می‌دهد متغیرهای مستقل مدل ۹۰ درصد تغییرات میزان غلظت هدایت الکتریکی را در حوضه‌های مورد مطالعه پیش‌بینی می‌کند. در مدل پیش‌بینی کلر (رابطه (۸)) متغیرهای باغات و سنجه مجاورت در کاربری مرتع درجه ۲ از بین تمامی متغیرهای مستقل معنادار شده‌اند. ضریب تشخیص این مدل ( $r^2=0.764$ ) می‌باشد که نشان می‌دهد متغیرهای مذکور در تغییرات میزان غلظت کلر در حوضه‌های مورد مطالعه ۷۷ درصد تأثیرگذار بوده‌اند.

در مدل نسبت جذب سدیم (رابطه (۹))، سنجه دایره‌ای بودن در کاربری مرتع درجه دو و سنجه نسبت محیط به مساحت در کاربری باغات بیشترین تأثیر و معناداری را در میزان نسبت جذب سدیم در کیفیت آب رودخانه‌های حوضه آبخیز داشته‌اند. ضریب تشخیص مدل مذکور ( $r^2=0.864$ ) می‌باشد که نشان‌دهنده تأثیر ۸۶ درصدی متغیرهای مستقل مدل در تغییرات میزان غلظت نسبت جذب سدیم می‌باشد. در مدل پیش‌بینی منیزیم (رابطه

جدول ۵- نتایج صحت سنجی مدل‌های کیفیت آب

متغیر	سنجه‌های برآورد خطای مطلق مدل				سنجه‌های مبتنی بر تحلیل کارایی مدل			سنجه‌های برآورد خطای نسبی مدل			
	RMSE	ME	MAE	PDIF	R2	CE	IA	RAE	MARE	MRE	RVE
EC	۰/۰۰۷۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵۹	-۰/۰۰۲	۰/۷۷۸	۰/۷۴۶	۰/۹۳۳	۰/۵۳۰۴	۰/۰۱۵۴	۰/۰۱۱	۰/۰۰۴
Cl	۰/۱۹۷	-۰/۰۰۰۶	۰/۱۵۱	۰/۰۸۳	۰/۷۷۸	۰/۷۷۵	۰/۹۳۷	۰/۴۷۹	۰/۳۹۷	۰/۲۳۱	-۰/۰۰۱
Mg	۰/۱۷۸	-۰/۰۰۴۶۹	۰/۱۱۹	-۰/۰۱۴	۰/۸۲۱	۰/۸۰۸	۰/۹۴۶	۰/۳۲۲	۰/۳۳۰۹	۰/۱۰۸	-۰/۰۹۴
Na	۰/۵۱۸	-۰/۰۰۸۶۶	۰/۴۴۵	-۰/۰۶۸۹	۰/۵۴۶	۰/۳۶۲	۰/۸۴۷	۰/۸۳۴	۱/۱۲۷	-۰/۱۵۷	-۰/۱۷۴
SAR	۰/۳۶۰۱	-۰/۲۹۱۶	۰/۳۰۸	-۰/۱۷	۰/۸۰۹	۰/۴۲۲	۰/۸۳۶	۰/۹۳۹	۰/۸۷۳	۰/۷۳۳	-۰/۵۸۸

### ۵- بحث و نتیجه‌گیری

بر روش گام‌به‌گام برای توسعه ارتباط بین داده‌های کیفیت آب، ویژگی ترکیب (درصد) کاربری‌ها و سنجه‌های ساختار سیمای سرزمین در سطح کلاس مورد استفاده قرار گرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد، سنجه‌های سیمای سرزمین توانسته‌اند بیش از ۸۰ درصد واریانس متغیرهای کیفیت آب در حوضه‌های استان اردبیل را محاسبه نمایند. به‌هرحال، توانایی پیش‌بینی کنندگی سنجه‌های سیمای سرزمین به‌طور معناداری برای هر متغیر کیفیت آب، تغییر می‌کند. مطالعات Johnson و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که سنجه‌های سیمای سرزمین ۵۶ درصد از واریانس

سلامت و کیفیت آب‌های سطحی تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد، به‌طوری‌که هرکدام از این عوامل محیطی در هر بخش از رودخانه بر روی کیفیت آب رودخانه تأثیر می‌گذارد (Bahar و همکاران، ۲۰۰۸؛ Crim و همکاران، ۲۰۱۲؛ Delpa و همکاران، ۲۰۰۹؛ Abbaspour و همکاران، ۲۰۰۷؛ Turner و Rabalais، ۲۰۰۳؛ Lek و همکاران، ۱۹۹۹؛ میرزائی و همکاران، ۱۳۹۵). مطالعه حاضر با استفاده از داده‌های جغرافیایی و کیفیت آب ۳۲ حوضه آبخیز در استان اردبیل انجام شد. مدل‌سازی MLR مبتنی



- رودخانه زاینده رود"، محیط زیست طبیعی، ۱۳۹۵، ۶۹ (۱)، ۲۰-۱.
- میرزایی م، ریاحی بختیاری ع، سلمان ماهینی ع، غلامعلی فرد م، "مدل سازی ارتباط کیفیت آب های سطحی و سنجه های سیمای سرزمین با استفاده از سیستم استنتاج عصبی- فازی (مطالعه موردی: استان مازندران)"، آب و فاضلاب، ۱۳۹۵، ۱، ۸۱-۹۲.
- Aalipour erdi M, Gasempour H, Mousavi SR, Foroug S, "Surveying drinking water quality (Balikhlou River, Ardabil Province, Iran)", Applied water Science, 2018, 8 (34), 1-7.
- Abbaspour KC, Yang J, Maximov I, Siber R, Bogner K, Mieleitner J, Zobrist J, Srinivasan, R. "Modelling hydrology and water quality in the pre-alpine/alpine Thur watershed using SWAT", Journal of Hydrology, 2007, 333 (2), 413-430.
- Ahearn DS, Sheibley RW, Dahlgren RA, Anderson M, Johnson J, Tate KW, "Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California", Journal of Hydrology, 2005, 313 (3), 234-247.
- Amiri BJ, Nakane K, "Modeling the relationship between land cover and river water quality in the Yamaguchi prefecture of Japan", Journal of Ecology and Field Biology, 2006, 29, 343-352.
- Amiri BJ, Nakane K, "Modeling the linkage between river water quality and landscape metrics in the Chugoku district of Japan", Water Resour Manag, 2009, 23, 931-956.
- Amiri BJ, Junfeng G, Fohrer N, Mueller F, Adamowski J, "Regionalizing Flood Magnitudes using Landscape Structural Patterns of Catchments", Water resources management, 2018, 32 (7), 2385-403.
- Apan AA, Raine SR, Paterson MS, "Mapping and Analysis of Changes in the Riparian Landscape Structure of the Lockyer Valley catchment, Queensland, Australia", Journal of Landscape & Urban Planning, 2002, 59(1), 43-57.
- Bahar MM, Hiroo O, Masumi Y, "Relationship between river water quality and land use in a small river basin running through the urbanizing area of central Japan", Journal of Limnology, 2008, 9 (1), 19-26.
- Basnyat P, Teeter LD, Flynn KM, Lockaby BG, "Relationships between Landscape Characteristics and Nonpoint Source Pollution Inputs to Coastal Estuaries", Environ Manage, 1999, 23 (4), 539-49.
- Bhaduri B, "Assessing Watershed-Scale, Long-Term Hydrologic Impacts of Land-Use Change Using a GIS-NPS Model", Environmental Management, 2000, 26 (6), 643-58
- Boskidis I, Gikas GD, Pisinaras V, Tsihrantzis VA, "Spatial and temporal changes of water quality, and SWAT modeling of Vosvozis River Basin, North Greece", Journal of Environmental Science and Health Part A, 2011, 45 (15), 1421-1440.
- Carey RO, Migliaccio KW, Li Y, Schaffer B, Kiker GA, Brown MT, "Land use disturbance indicators and water quality variability in the Biscayne Bay

تغییرات کیفیت آب را بیان می کند هم چنین مطالعات Xiao و همکاران (۲۰۰۷) به مانند مطالعه حاضر بیان کننده توانایی سنجه های سیمای سرزمین در پیش بینی کنندگی تغییرات کیفیت آب بوده است. سنجه های سیمای سرزمین در مطالعه Xiao حدود ۷۷ درصد واریانس متغیرهای کیفیت آب را نشان داده اند. در بین سنجه های سیمای سرزمین، سنجه مجاورت دارای بیشترین میزان ضریب تعیین از دیگر سنجه ها می باشد. سنجه های نسبت محیط به مساحت و چین خوردگی نیز تأثیرگذاری بیشتری در تغییرات واریانس مربوط به کیفیت آب پارامترهای مختلف آب داشته اند. به طور ساده، سنجه های مجاورت، نسبت محیط به مساحت و چین خوردگی ساختار سیمای سرزمین دارای اهمیت زیادی در پیش بینی کیفیت آب رودخانه های مورد مطالعه داشته اند. در بررسی روابط بین سنجه های سیمای سرزمین در سطح کلاس در هر کاربری با متغیرهای کیفیت آب مشاهده شد که سنجه های مجاورت و چین خوردگی در کاربری های مرتع درجه دو و دیگر کاربری ها دارای روابط معناداری با پارامترهای کلر، منیزیم و هدایت الکتریکی در سطح ۰/۰۵ می باشند.

بررسی نتایج مطالعه نشان دهنده رابطه قوی بین کاربری سرزمین و کیفیت آب بوده است که در تحقیقات مختلف (Maier و Dandy، ۲۰۰۰؛ Ahearn و همکاران، ۲۰۰۵؛ King و همکاران، ۲۰۰۵؛ Haidary و همکاران، ۲۰۱۳؛ Amiri و Nakane، ۲۰۰۹؛ Amiri و Nakane، ۲۰۰۶؛ Carey و همکاران، ۲۰۱۱؛ Miller و همکاران، ۲۰۱۱؛ Uriarte و همکاران، ۲۰۱۱؛ Zhou و همکاران، ۲۰۱۲؛ Maillard و Santos، ۲۰۰۸) نیز این امر به اثبات رسیده است. نتایج مطالعه مذکور نشان دهنده تأثیر بیشتر کاربری دیم در منطقه بر روی کیفیت آب بوده و هم چنین در سطح سنجه های سیمای سرزمین در کاربری کشاورزی مطابق یافته های (Huashan و همکاران، ۲۰۱۶) و کاربری شهری مطابق با نتایج (Xiao و همکاران، ۲۰۱۲؛ باطنی و همکاران، ۱۳۹۵) بوده است. رگرسیون خطی چندگانه، بیشترین کاربرد و بهینه ترین مدل در مدل سازی ارتباط بین پارامترهای کیفیت آب و سنجه های سیمای سرزمین بوده است (Chen و Tong، ۲۰۰۲؛ Shiels، ۲۰۱۰) که نتایج حاصل این تحقیق نیز مبین این امر بوده است. نتایج آنالیز رگرسیونی تحقیق حاضر نشان داد به کارگیری سنجه های سیمای سرزمین برای پیش بینی کیفیت آب رودخانه ها می تواند بسیار مفید باشد که این مورد با نتایج تحقیقات (Amiri و Nakane، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۹؛ Xiao و همکاران، ۲۰۱۲) مطابقت داشته است.

## ۶- مراجع

باطنی ف، فاخران اصفهانی س، سفیانیان ع، میر غفاری ن، "اثر تغییرات الگوی مکانی سیمای سرزمین بر کیفیت آب

- Kearns FR, Kelly NM, Carter JL, Resh VH, "A method for the use of landscape metrics in freshwater research and management", *Landscape Ecology*, 2005, 20, 113-25.
- Kim JK, "Exploring the effects of local development regulations on ecological landscape structure", PhD thesis, Texas A&M University, 2005, 184.
- King RS, Matthew E, Baker DF, Whigham DE, Weller TE, Jordan, PF, Martin K, "Spatial considerations for linking watershed land cover to ecological indicators in streams", *Journal of Ecological Applications*, 2005, 15 (1), 137-153.
- Lee SW, Hwang SJ, Lee SB, "Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics", *Landscape and Urban Planning*, 2009, 92 (2), 80-89.
- Lek S, Guiresse M, Giraudel JL, "Predicting stream nitrogen concentration from watershed features using neural networks", *Journal of Water Research*, 1999, 33 (16), 3469-3478.
- Liu Z, Wang Y, Li Z, "Impervious surface impact on water quality in the process of rapid urbanization in henzhen, China", *Environmental Earth Sciences*, 2013, 68 (8), 2365-2373.
- Maillard P, Santos NAP, "A spatial-statistical approach for modeling the effect of non-point source pollution on different water quality parameters in the Velhas river watershed-Brazil", *Journal of Environ Manage*, 2008, 86, 158-70.
- Mander U, Kull A, Tamm V, Kuusemets V, Karjus R, "Impact of climatic fluctuations and land use change on runoff and nutrient losses in rural landscape", *Landscape and Urban Planning*, 1998, 41, 229-238.
- Matsushita B, Xu M, Fukushima T, "Characterizing Changes in Landscape Structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan Using a High-Quality GIS Dataset", *Journal of Landscape and Urban Planning*, 2006, 78 (3), 241-250.
- McCullagh P, Nelder JA, "Generalized Linear Models. Monographs on Statistics and Applied Probability", Chapman & Hall, 1989, London.
- McGargial K, Marks BJ, "Spatial pattern analysis for quantifying landscape structure", 1995, Available from: < [http://www.umass.edu/landeco/pubs/mcgarigal\\_marks.1995.pdf](http://www.umass.edu/landeco/pubs/mcgarigal_marks.1995.pdf)> [online:16.04.2012].
- McGargial K, Cushman SA, Ene E, "Fragstats v4: spial pattern analysis program for categorical and continuous maps. 2012. <https://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.(access ed Oct 22, 2019).
- Mehaffey MH, Nash MS, Wade TG, Ebert DW, Jones KB, Rager A, "Linking land cover and water quality in New York City's water supply watersheds", *Environ Monit Assess*, 2005, 107, 29-44.
- Miller JD, Schoonover JE, Williard KW, Hwang CR, "Whole catchment land cover effects on water quality in the Lower Kaskaskia River watershed", *Water, Air, & Soil Pollution*, 2011, 221, 337-350.
- Mishra A, Singh R, Singh VP, "Evaluation of non-point source N and P loads in a small mixed land use land cover watershed", *Journal of Water Resour Protec*, 2010, 2, 362-72.
- Watershed, Florida", *Ecological Indicators*, 2011, 11, 1093-1104.
- Chatterjee S, Hadi AS, Price B, "The Use of Regression Analysis by Example", JohnWiley and Sons, 2000, New York.
- Chen J, Lu J, "Effects of Land Use, Topography and socio-economic factors on river water quality in a mountainous watershed with intensive agricultural production in east China", *PLoS ONE*, 2014, 9 (8), e102714.
- Crim JF, Schoonover JE, Lockaby BG, "Assessment of fecal coliform and escherichia coli across a land cover gradient in west georgia streams", *Journal of Water Quality, Exposure and Health*, 2012, 4 (3), 143-158.
- Delpa I, Jung AV, Baures E, Clement M, Thomas O, "Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production", *Journal of Environment International*, 2009, 35 (8), 1225-1233.
- Farina A, "Principles and Methods in Landescape Ecology", Chapman and Hall, 1998, 235P.
- Forman RTT, Godron M, "Landscape ecology", Wiley, 1986, New York.
- Gikas GD, Yiannakopoulou T, Tsihrintzis VA, "Water quality trends in a coastal lagoon impacted by non-point source pollution after implementation of protective measures", *Hydrobiologia*, 2006, 563 (1), 385-406.
- Griffith JA, "Geographic techniques and recent applications of remote sensing to landscape-water quality studies", *Water Air Soil Poll*, 2002, 138 (1), 181-97.
- Haidary A, Amiri B J, Adamowski J, Fohrer N, Nakane K, "Assessing the impacts of four land use types on the water quality of wetlands in Japan", *Water Resources Management*, 2013, 27 (7), 2217-2229.
- Herold M, Couclelis H, Clarke K, "The role of spatial metrics in the analysis and modelling of urban land use change", *Computers Environment Urban Systems*, 2005, 29 (4), 369-399.
- Huashan X, Hua Z, Xiaoshu C, Yufen R, Zhiyun O, "Relationships Between River Water Quality and Landscape Factors in Haihe River Basin, China: Implication Environmental Management", *Chinese Geographical science*, 2016, 26 (2), 197-20.
- Johnson LB, Richards C, Host GE, Arthur JW, "Landscape influences on water chemistry in Midwestern stream ecosystems", *Freshwater Biology*, 1997, 37 (1), 193-208.
- Jun TS, "patially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression", *Applied Geography*, 2011, 31, 376-392.
- Jun T, "Spatial Variations in the Relationships between Land Use and Water Quality across an Urbanization Gradient in the Watersheds of Northern Georgia, USA", *Environmental Management*, 2013, 51, 1-17.
- Kang J, Lee SW, Cho KH, Ki SJ, Cha SM, Kim JH, "Linking land-use type and stream water quality using spatial data of fecal indicator bacteria and heavy metals in the Yeongsan river basin", *Water Resources*, 2010, 44, 4143-4157.

- Turner MG, Gardner, RH, O'neill RV, "Landscape ecology in theory and practice: pattern and process", Springer, 2001, New York.
- Turner RE, Rabalais NN, "Linking landscape and water quality in the Mississippi river basin for 200 years", *Journal of BioSciences*, 2003, 53 (6), 563-572.
- Uuemaa E, Roosaare J, Mander U, "Landscape metrics as indicators of river water quality at the catchment scale", *Nordic Hydrology*, 2007, 38 (2), 125-138.
- Uriarte M, Yackulic CB, Lim Y, "Influence of land use on water quality in a tropical landscape: a multi-scale analysis", *Landscape Ecology*, 2011, 26 (8), 1151-1164.
- Wan RR, Cai SS, Li HP, Yang GS, "Inferring land use and land cover impact on stream water quality using a Bayesian hierarchical modeling approach in the Xitiaoxi River Watershed, China", *Journal of Environmental Management*, 2014, 133, 1-11.
- Wang Y, Choi W, "Long -Term Impacts of Land-Use Change on Non-Point Source Pollutant Loads for the St. Louis Metropolitan Area, USA", *Environmental Management*, 2005, 35 (2), 194-205.
- Wickham JD, Wade TG, Riitters KH, O'Neill RV, Smith JH, Smith ER, Jones KB, Uhlenbrook S, Steinbrich A, Tetzlaff D, Leibundgut C, "Regional analysis of the generation of extreme floods", *International Association of Hydrological Sciences Publication*, 2002, 274, 243-249.
- Xia LL, Liu RZ, Zao YW, "Correlation Analysis of Landscape Pattern and Water Quality in Baiyangdian Watershed", *Procedia Environmental Sciences*, 2012, 13, 2188-2196.
- Xiao H, Ji W, "Relating landscape characteristics to non-point source pollution in mine waste-located watersheds using geospatial techniques", *Journal of Environmental Management*, 2007, 82, 111-119.
- Zaimes GN, Schultz RC, Isenhardt TM, "Total phosphorus concentrations and compaction in riparian land uses of Iowa", *Agriculture Ecosystem and Environment*, 2008, 127, 22-30.
- Zhou T, Wu J, Peng S, "Assessing the effects of landscape pattern on river water quality at multiple scales: A case study of the Dongjiang River watershed, China", *Ecological Indicators*, 2012, 23, 166-175.
- Maier HR, Dandy GC, "Neural networks for the prediction and forecasting of water resources variables: A review of modelling issues and applications", *Journal of Environmental Modelling and Software*, 2000, 15 (1), 101-124.
- Nakane K, Haidary A, "Sensitivity analysis of stream water quality and land cover linkage models using Monte Carlo method", *International Journal of Environmental Resources*, 2010, 4, 121-30.
- Neter J, Kutner HM, Nachtsheim CJ, Wasserman W, *Applied Linear Statistical Models*, Irwin, 1996, Chicago.
- Omernik JM, "Nonpoint Source Stream Nutrient Level Relationships: A Nationwide Study", EPA-600/3-77-105. US Environmental Protection Agency, 1977, Corvallis, OR, USA.
- Ongley ED, Zhang XL, Yu T, "Current status of agricultural and rural non-point source Pollution assessment in China", *Environ Pollut*, 2010, 158, 1159-68.
- Ouyang W, Hao FH, Wang XL, "Regional non-point source organic pollution modeling and critical area identification for watershed best environmental management", *Water Air Soil Poll*, 2008, 187, 251-61.
- Rutledge D, "Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process?", Department of Conservation, 2003, New Zealand, DOC Science Internalseries 98, <http://doc.govt.nz/upload/documents/science-and-technical/DSIS98.pdf>. (Nov. 8, 2006).
- Seeboonruang U, "A statistical assessment of the impact of land uses on surface water quality indexes", *Journal of Environmental Management*, 2012, 101, 134-142.
- Sliva L, Williams DD, "Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality", *Water Research*, 2001, 35 (14), 3462-3472.
- Shiels DR, "Implementing landscape indices to predict stream water quality in an agricultural setting: An assessment of the lake and river enhancement (LARE) protocol in the mississinewa river watershed, East-Central Indiana", *Journal of Ecological Indicators*, 2010, 10 (6), 1102-1110.
- Solbe JF, De LG, "Effects of Land Use on Fresh Waters: Agriculture, Forestry, Mineral Exploitation, Urbanization", Ellis Harwood Ltd, 1986, London, UK. 1-352.
- Su SL, Xiao R, Zhang Y, "Multi-scale analysis of spatially varying relationships between agricultural landscape patterns and urbanization using geographically weighted regression", *Applied Geography*, 2012, 32, 360-375.
- Teixeira Z, Teixeira H, Marques JC, "Systematic processes of land use/land cover change to identify relevant driving forces: Implications on water quality", *Science of the Total Environment*, 2014, 470, 1320-1335.
- Tong ST, Chen W, "Modeling the relationship between land use and surface water quality", *Journal of Environmental Management*, 2002, 66 (4), 377-393.

## EXTENDED ABSTRACT

# Investigating the Effects of Land Use/Land Cover Composition on River Water Quality

Mehdi Aalipour, Bahman Jabbarian Amiri \*

Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 27 May 2018; Accepted: 15 July 2019

---

### Keywords:

Rivers water quality, Landscape metrics, Landscape Structure, Land use, Multivariate Linear regression.

---

## 1. Introduction

Point and nonpoint sources of pollution both affect water quality (Wang and Choi, 2005). Among the factors of non-point source, land use and land cover are the most important resources, which numerous research studied relationships between land use and water quality in different watersheds (Jun, 2011; Seeboonruang, 2012; Jun, 2013). There is a significant correlation between land use and water quality (Su et al. 2012; Wan et al., 2014) and this relationship is influenced by types and their spatial patterns land use.

Landscape metrics have been used since 1980s to determine the degree of heterogeneity of spatial and landscape structure, including composition and configuration. Three features of the landscape are structure, composition and configuration based on landscape ecology (Amiri et al., 2016; Forman and Godron, 1986), which can be measured and analyzed based on the specific landscape metrics (Rutledge, 2003). Landscape structure has a great influence on the flow of nutrients at the catchment area (Amiri and Nakane 2009; Turner and Rabalais 2003). Due to the fact that non-point pollution has contributed to water pollution, the effect of non-point sources due to the change in landscape patterns is very important (Basnyat et al. 1999; Bhaduri, 2000). Moreover, landscape shows spatial heterogeneity of specific basin, and different patterns can be observed at various scales (Herold et al., 2005). A better understanding of the relationship between landscape metrics and water quality indicators can increase efforts in water management and research (Kearns et al., 2005).

## 2. Methodology

Five river water quality variables, including EC, Cl, Na, Mg and SAR, which are related to 32 hydrometric stations in Ardabil province, were obtained from the regional water authority. Land use/land cover map was acquired from the Ardebil land use planning. Landscape structure metrics including Shape, Fractal Dimension Index, Perimeter-Area Ratio, Related Circumscribing Circle, and Contiguity indices were calculated by the Fragstate 4.2 at Class level for each land use category. Geographic Information System (GIS) and the topographic map (scale 1: 50000) were used to determine the boundaries of 32 basins. For statistical analysis, all the water quality variables were first tested using a Shapiro test with a P value of less than 0.05 (in the case of non-normal distribution, data was converted using the Box-Cox method). Spearman correlation test was used to determine correlation between water quality variables and land use characteristics. Multivariate Linear regression modeling (MLR) was used to determine relationship between water quality variables and land use characteristics and landscape metrics. For multivariate regression test, 70% of available data was used. Four simple regression models, including power, exponential and logarithmic, and linear for water quality variables were fitted and evaluated. Akaike Information Criteria (AIC) was used to determine most appropriate model. Collinearity between independent variables in obtained models was investigated by variance inflationary

---

\* Corresponding Author

E-mail addresses: maalipour@ut.ac.ir (Mehdi Aalipour), Jabbarian@ut.ac.ir (Bahman Jabbarian Amiri).

factor (VIF). This factor examines correlation between two independent variables. For a given water quality variables, the appropriateness of a given regression model was determined based on r2 and P statistics. Finally, in order to validation the appropriate models, model absolute error, model efficiency and model relative error metrics were used for this purpose.

### 3. Results and discussion

Normality test was examined by Shapiro's test, according to which all the water quality data were transformed using by Box-Cox. The results of Spearman correlation test showed that out of seven land use/land cover categories, the percent area of dry farming has a direct significant relationship with average concentration of water quality variable including EC, Cl, Na, Mg and SAR.. Four regression model types, including linear, power, exponential and logarithmic models were used for fitting the models, by which the relationship between water quality variables and land use characteristics and landscape metrics are explained. The Akaike Information Criteria was then calculated to determine optimal model for the each of water quality parameters. The results of Akaike Information Criteria are shown in Table 1.

**Table 1.** Akaike Model Results

Variable	Linear	Power	Exponential;	Logarithmic
EC	1.01E-13	0.0027	6.2E-06	0.9972
Cl	0.0367	0.9631	0.00011	6.2E-11
Mg	0.033	0.961	0.0059	6.99E-15
Na	0.0003	0.999	0.0005	0
Sar	0.318	0.6815	1.78E-05	1.66E-16

Having determined the optimal model for the each of water quality parameters, a multivariable linear regression model was fitted using with stepwise approach. Table 2 shows the results of fitting the most appropriate model type for the each of river water quality parameters. The results of analysis of variance showed a significant relationship between water quality variables and independent variables at significance level of 0.05. The values of variance inflation factor were also calculated for identifying whether there is any collinearity between independent variables. The values of this factor for all the fitted models (Table 2) indicated that there was no multiple collinearity among independent variables. Moreover, the significant values of t for all the independent variables and for all the fitted models are less than 0.05. It can be stated that the coefficients of independent variables in the regression models are opposite zero and independent variables of model have sufficient reliability.

**Table 2.** Regression Model Results for each water quality variable

Model		Coefficients			Collinearity Statistics				
Model type	Variable	B	Std. Error	Beta	R2	t	Sig.	Tolerance	VIF
Mg	(Constant)	-.010	.092		0.875	-.108	.915		
	CONTIG R2	1.443	.323	.561		4.463	.000	.871	1.148
	CONTIG Other	-7.692	1.641	-.571		-4.687	.000	.928	1.077
	R2	-.202	.074	-.356		-2.736	.014	.813	1.231
Na	(Constant)	-.248	.223		0.912	-1.115	.280		
	Df	.030	.004	.706		6.849	.000	.927	1.079
	PARA Other	.009	.002	.609		5.697	.000	.862	1.160
	FRAC Ir	-.621	.252	-.271		-2.468	.024	.815	1.227
EC	(Constant)	.201	.007		0.903	30.859	.000		
	FRAC R2	-.038	.008	-.548		-4.997	.000	.957	1.045
	Or	.000	.000	-.486		-4.496	.000	.985	1.016
	PARA Ur	-1.426	.448	-.347		-3.183	.006	.966	1.035
	PARA Df	-1.522	.639	-.261		-2.383	.030	.955	1.048
Cl	(Constant)	-.010	.120		0.764	-.087	.932		
	CONTIG R2	1.813	.507	.545		3.578	.002	.994	1.006
	Or	-.386	.119	-.496		-3.255	.004	.994	1.006
Sar	(Constant)	-.152	.133		0.864	-1.143	.268		
	CIRCLE R2	2.034	.356	.681		5.718	.000	.993	1.007
	PARA Or	.196	.049	.478		4.015	.001	.993	1.007

In order to validate the fitted models for the each of water quality parameter, model absolute error, model efficiency and model relative error indices were calculated (Table 3).

**Table 3.** Water quality variables verification results

Variable	absolute error of the model				performance analysis of model			relative error of model			
	PDIFF	MAE	ME	RMSE	R2	CE	IA	RAE	MARE	MRE	RVE
EC	-0.002	0.0059	0.002	0.0072	0.778	0.746	0.933	0.5304	0.0154	0.011	0.004
Cl	0.083	0.151	-0.0006	0.197	0.778	0.775	0.937	0.479	0.397	0.231	-0.001
Mg	-0.014	0.119	-0.0469	0.178	0.821	0.808	0.946	0.372	0.3309	0.108	-0.094
Na	-0.689	0.445	-0.0866	0.518	0.546	0.362	0.847	0.834	1.127	-0.857	-0.174
Sar	-0.17	0.308	-0.2916	0.3601	0.809	0.422	0.836	0.939	0.873	0.733	-0.588

#### 4. Discussion and Conclusions

The present study was carried out using geographic data and water quality on 32 watersheds in Ardebil province. The MLR modeling was based on a stepwise approach to develop relationship between water quality data, land use/land cover characteristics and landscape metrics at class level. The results of this study showed that land scape metrics can explain more than 80% of variance of water quality variables in Ardabil provinces. Johnson et al., 2007 showed that landscape metrics represent the 56 percent of the variance of water quality changes. Moreover, Xiao et al., 2007 demonstrated landscape metrics showed about the 77% of the variance of water quality variables. Out of the landscape metrics, the Contiguity Index has the highest  $r^2$  value in comparison with other metrics. Para and Fractal indices also have a greater influence on the variance of water quality variables. Contiguity index and Fractal dimension index for rangeland, and other land use/ land cover categories have significant relationships with the mean measure of Cl, Mg and EC concentrations at  $p \leq 0.05$  level.

The findings of the present study show consistency with those of Amiri and Nakane (2009) and Zhou et al. (2012). Moreover, it indicated that dry farmland category have contributed to river water quality, which are in line with those of Huashan et al., (2016) and also and urban Xiao et al., (2012) in relation to the contribution of agricultural land use and urban land uses on river water quality, respectively. The results of regression analysis of this study also showed that landscape metrics can play a significant role in in predicting river water quality, which is consistent with the findings of Xiao et al., (2012) and Amiri and Nakane (2009).

#### 5. References

- Amiri BJ, Nakane K, "Modeling the linkage between river water quality and landscape metrics in the Chugoku district of Japan", *Water Resour Manag*, 2009, 23, 931-956.
- Amiri BJ, Junfeng G, Fohrer N, Mueller F, Adamowski J, "Regionalizing Flood Magnitudes using Landscape Structural Patterns of Catchments", *Water resources management*, 2016, <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1935-3>.
- Basnyat P, Teeter LD, Flynn KM, Lockaby BG, "Relationships between Landscape Characteristics and Nonpoint Source Pollution Inputs to Coastal Estuaries", *Environ Manage*, 1999, 23 (4), 539-49.
- Bhaduri B, "Assessing Watershed-Scale, Long-Term Hydrologic Impacts of Land-Use Change Using a GIS-NPS Model", *Environ Manage*, 2000, 26 (6), 643-58
- Forman RTT, Godron M, "Landscape ecology", Wiley, 1986, New York.
- Herold M, Couclelis H, Clarke K, "The role of spatial metrics in the analysis and modelling of urban land use change", *Computers Environment Urban Systems*, 2005, 29 (4), 369-99.
- Huashan X, Hua Z, Xiaoshu C, Yufen R, Zhiyun O, "Relationships Between River Water Quality and Landscape Factors in Haihe River Basin, China: Implication Environmental Management. *Chinese Geographical science*, 2016, 26 (2), 197-20
- Johnson LB, Richards C, Host GE, Arthur JW, "Landscape influences on water chemistry in Midwestern stream ecosystems", *Freshwater Biology*, 1997, 37 (1), 193-208.
- Jun T, "Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression", *Applied geography*, 2011, 31, 376-392.
- Kearns FR, Kelly NM, Carter JL, Resh VH, "A method for the use of landscape metrics in freshwater research and management", *Landscape Ecol*, 2005, 20, 113-25.
- Rutledge D, "Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process?", Department of Conversation, 2003, New Zealand. DOC Science Internalseries98, <http://doc.govt.nz/upload/documents/science-and-technical/DSIS98.pdf>. (Nov. 8, 2006).

- Seeboonruang U, "A statistical assessment of the impact of land uses on surface water quality indexes", *Journal of Environmental Management*, 2012, 101, 134-142.
- Su SL, Xiao R, Zhang Y, "Multi-scale analysis of spatially varying relationships between agricultural landscape patterns and urbanization using geographically weighted regression", *Applied Geography*, 2012, 32, 360-375.
- Turner RE, Rabalais NN, "Linking landscape and water quality in the Mississippi river basin for 200 years", *Journal of BioSciences*, 2003, 53 (6), 563-572.
- Wan RR, Cai SS, Li HP, Yang GS, "Inferring land use and land cover impact on stream water quality using a Bayesian hierarchical modeling approach in the Xitiao River Watershed, China", *Journal of Environmental Management*, 2014, 133,1-11.
- Wang Y, Choi W, "Long-Term Impacts of Land-Use Change on Non-Point Source Pollutant Loads for the St. Louis Metropolitan Area, USA", *Environ Manage*, 2005, 35 (2), 194-205.
- Xiao H, Ji W, "Relating landscape characteristics to non-point source pollution in mine waste-located watersheds using geospatial techniques", *Journal of Environmental Management*, 2007, 82,111-119.
- Zhou T, Wu J, Peng S, "Assessing the effects of landscape pattern on river water quality at multiple scales: A case study of the Dongjiang River watershed, China", *Ecological Indicators*, 2012, 23, 166-175.