



## Modeling the Relationship between River Water Quality and Land Use/Land Cover Using Riparian Zone Approach

S. Salehi<sup>1</sup> and B. Jabbarian Amiri<sup>2\*</sup>

### Abstract

Watershed land use/land cover has great impacts on water quality of rivers. The water quality of rivers can be degraded due to changes in the land use/land cover patterns within watersheds as human activities increase. In this study, to determine the impacts on water quality induced by change in land use/land cover, the relationship between land use and water quality variables has been examined. The effects of land use/land cover changes were investigated in different buffer zones varying between 30 to 120 meters with 30 m incremental intervals. Using geographic information system (GIS) and spatial analysis, 39 watersheds were selected within the Caspian Sea basin and then the relationship between water quality variables and land use/land cover classes in abovementioned river buffer zones, were examined by the Spearman correlation test and multiple linear regression. Due to the fact that two or more independent variables may affect the dependent variable, multiple regression modeling approach was used. The results showed that integrated land use data in intermediate areas could provide the most reliable model for predicting chlorine ( $R^2 = 0.813$ ) and sodium ( $R^2 = 0.77$ ). In addition, in riparian areas with 30 meter buffer, SAR, K, Na, Cl, pH, EC, TDS, Mg, Ca, HCO<sub>3</sub> variables had the highest correlation coefficient with their surrounding land use/land cover. SO<sub>4</sub> showed the best correlation in 60 meter buffer zone.

**Keywords:** Land Use/Land Cover, Riparian Zone, Regression Models.

Received: August 1, 2018

Accepted: March 19, 2019

## مدل‌سازی رابطه بین کیفیت آب رودخانه و کاربری سرزمین با رویکرد مناطق میانگیر

سبحان صالحی<sup>۱</sup> و بهمن جباریان امیری<sup>۲\*</sup>

### چکیده

کاربری سرزمین در حوضه آبخیز تأثیرات زیادی بر کیفیت آب رودخانه‌ها دارد. کیفیت آب رودخانه‌ها به علت تغییر در الگوهای کاربری سرزمین در حوضه آبخیز به دلیل فعالیت‌های انسانی تغییرات زیادی از خود نشان می‌دهند. در این تحقیق برای تعیین میزان اثراتی که تغییر در کاربری سرزمین در حریم رودخانه‌ها بر کیفیت آب آن‌ها می‌گذارد، به مدل‌سازی رابطه بین کاربری و متغیرهای کیفیت آب پرداخته شده است. با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و به کارگیری نقشه کاربری سرزمین؛ درصد کاربری سرزمین در مناطق میانگیر با پهناهای ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ متر برای ۳۹ حوضه آبخیز که در حوضه آبریز دریای خزر قرار گرفته‌اند، تعیین شد و سپس رابطه بین متغیرهای کیفیت آب و ویژگی‌های کاربری سرزمین در هر یک از مناطق میانگیر، از طریق آزمون همبستگی اسپیرمن مورد تحلیل قرار گرفت و برای مدل‌سازی آن از رگرسیون خطی چندگانه با رهیافت گام به گام استفاده شد. نتایج نشان داد که استفاده از داده‌های کاربری سرزمین در مناطق میانگیر می‌تواند مدل‌های قابل اعتمادی را برای پیش‌بینی کلراید ( $r^2=0.81$ ) و سدیم ( $r^2 = 0.78$ ) در اختیار قرار دهد. به علاوه، در مناطق میانگیر با حریم ۳۰ متری متغیرهای SAR، K، Na، Cl، pH، EC، TDS، Mg، Ca، HCO<sub>3</sub>، SA و K دارای بیشترین ضریب همبستگی با کاربری سرزمین اطراف خود بودند و SO<sub>4</sub> در ۶۰ متری از چنین شرایطی برخوردار بود.

**کلمات کلیدی:** کاربری سرزمین، مناطق میانگیر، حریم رودخانه، مدل رگرسیونی.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۵/۱۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۱۲/۲۸

1- M.Sc. Graduate, Environmental Assessment, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran.

2- Associate Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran. Email: jabbarian@ut.ac.ir

\*- Corresponding Author

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه محیط زیست.

۲- دانشیار گروه محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، گروه محیط زیست.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پائیز ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

## ۱- مقدمه

شاخص‌های سیمای سرزمین و کیفیت آب سطحی در مناطق میانگیر حوضه رودخانه هانجیانگ انجام شد و منطقه میانگیر به پهنا ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ متر از رودخانه ایجاد شد و نتایج نشان داد که شاخص‌های انتخابی سیمای سرزمین در مناطق میانگیر، حدود ۶۳ تا ۸۷ درصد تغییرات در کیفیت آب سطحی را تشریح می‌نمایند (Li and et al., 2018). در برزیل بررسی تأثیر پوشش کاربری کل حوضه آبخیز و منطقه میانگیر با پهنا ۳۰ متر بر کیفیت آب انجام شد. در این پژوهش با استفاده از مدل‌های رگرسیونی مشخص شد که اراضی شهری در مناطق میانگیر دارای رابطه مستقیمی با غلظت مواد مغذی معدنی می‌باشند و افزایش شدید غلظت مواد مغذی با افزایش اندک شهرنشینی و رسیدن به حداکثر غلظت مواد مغذی در بازه پوششی ۱۰ تا ۴۶ درصدی پوشش شهری رخ داده است (Tromboni, 2017). بررسی تأثیر تنوع مکانی الگوهای کاربری سرزمین و توپوگرافی بر کیفیت آب‌های سطحی در باچه فوکزیان در چین با استفاده از مناطق میانگیر با پهنا ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ متری انجام شد و نتایج نشان دادند که کیفیت آب در مناطق میانگیر با پهنا ۱۰۰ تا ۲۰۰ متر افزایش می‌یابد. به طور کلی، مناطقی که در حدود ۲۰۰ متری رودخانه‌ها قرار داشتند، مناطق کلیدی محسوب می‌شدند که کیفیت آب رودخانه را تحت تأثیر خود قرار داده‌اند. از این رو، آشکار است که حفاظت از این منطقه میانگیر می‌تواند از ورود آلاینده‌ها تا حد زیادی جلوگیری کند (Dai and et al., 2017). با توجه به اهمیت تأثیر مناطق میانگیر بر کیفیت آب رودخانه و نیز اهمیتی که پهنا ۱۰۰ متری مناطق میانگیر دارند، هدف از این پژوهش مشخص کردن رابطه بین کاربری‌های سرزمین در مناطق میانگیر با پهنا ۱۰۰ متر و کیفیت آب است که به وسیله آن بتوان حریم مناسب و کارآمد در شبکه رودخانه را در حوضه‌های آبخیز مطالعاتی مشخص نمود.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- معرفی منطقه مورد مطالعه

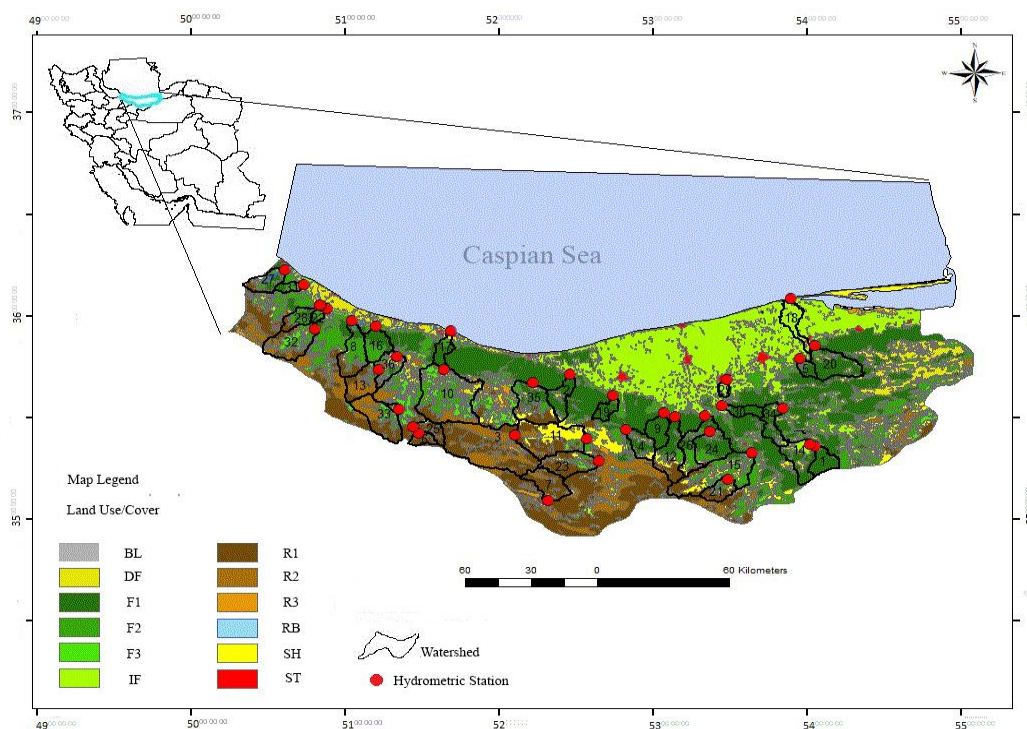
منطقه مطالعاتی در حوضه آبریز جنوبی دریای خزر قرار گرفته است که بین  $23^{\circ}02'50''$  تا  $23^{\circ}34'58''$  شرقی و  $36^{\circ}04'55''$  تا  $36^{\circ}49'36''$  شمالی واقع است. حوضه آبریز دریای خزر یکی از شش حوضه اصلی کشور محسوب می‌شود. در این پژوهش از ۳۹ حوضه آبخیز این حوضه آبریز که مجموعاً ۹۵۳۸ کیلومتر مربع وسعت دارند، استفاده شده است. اطلاعات حوضه‌های آبخیز مطالعاتی در جدول ۱ آمده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوضه‌های آبخیز مطالعاتی و محل نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

مطالعات زیادی نشان داده است که هیدرولوژی حوضه آبخیز به بسیاری از عوامل همچون کاربری سرزمین، آب و هوا و شرایط خاک وابسته است. همچنین مقدار رواناب و جریان آب‌های زیرزمینی و نیز فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی در پهناهای آبی می‌تواند تحت تأثیر کاربری سرزمین قرار گیرند. از این رو، بین انواع استفاده از زمین و کمیت و کیفیت آب رابطه قوی وجود دارد (Tong and Chen, 2002). با توجه به تغییرات سریعی که در کاربری سرزمین بوجود می‌آید، انتشار آلاینده‌ها به یک تهدید جدی برای کیفیت آب رودخانه‌ها تبدیل شده است (Ahearn et al., 2005). لذا درک رابطه بین کاربری سرزمین و کیفیت آب‌های سطحی برای مدیریت مؤثر منابع آب لازم است. مطالعات نشان داده‌اند که تغییر کاربری سرزمین تأثیر زیادی بر کیفیت آب رودخانه و مکانیسم‌های پیچیده آن دارد (Amiri and Nakane, 2008). تغییر در کیفیت آب و بیلان آبی از مهمترین اثرات تغییر کاربری سرزمین در هیدرولوژی حوضه‌های آبخیز می‌باشد. همسو بودن روند تغییرات کاربری سرزمین با تغییرات کیفیت آب مؤید تأثیرات احتمالی آن بر خصوصیات کیفی آب است (Zare-Garizi et al., 2012). گزارش‌های زیادی از همبستگی بین کاربری سرزمین و کیفیت آب در دست است. بررسی تغییرات کیفیت آب تالاب تحت تأثیر ترکیب کاربری سرزمین در هیرووشیما ژاپن نشان داده است که رابطه مستقیمی بین نسبت درصد مناطق شهری در حوضه تالاب‌های مطالعاتی و  $EC$ ،  $TDS$ ،  $TN$ ،  $DON$ ،  $NO_2$  و  $NH_4$  وجود دارد در حالی که رابطه منفی بین نسبت زمین‌های جنگلی در حوضه آبخیز آن تالاب‌ها و  $EC$ ،  $TD$ ،  $DON$ ،  $TN$ ،  $NH_4$  مشاهده شده است (Haidary et al., 2013). پژوهشگران بسیاری (Amiri and Nakane, 2006; Jarvie et al., 2002; Chen et al., 2002; Jones et al., 2001; Sliva and Williams, 2001; Norton and Fisher, 2000; Basnyat et al., 1999; Johnson et al., 1997) با توسعه مدل‌های رگرسیونی، تأثیر تغییر کاربری سرزمین در مناطق میانگیر را بر روی کیفیت آب بررسی کرده‌اند. در پژوهش‌های اخیر، پنج منطقه میانگیر در محدوده ۱۰ کیلومتری حوضه آبخیز تایهو در امتداد ساحل دریا در خلیج بایبانگ در چین ایجاد کردند و به مطالعه ارتباط بین کاربری سرزمین و کیفیت آب با یک مدل نمایشی بر اساس داده‌های ۱۰ ساله از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۶ پرداختند. با تحلیل تفاوت بین مناطق میانگیر، یافته‌ها نشان داد که تأثیر انواع کاربری سرزمین بر کیفیت آب عمدتاً در مناطق میانگیر با پهنا ۲ و ۴ کیلومتر است و اثرات الگوهای مکانی عمدتاً در منطقه میانگیر با پهنا ۸ کیلومتر نشان داده شد (Gluckov and Shtirts, 2015). بررسی رابطه بین

**Table 1- Area, average slope and height of catchments in the study area**

جدول ۱- مساحت، شیب متوسط و ارتفاع حوضه‌های آبخیز منطقه مطالعاتی

Catchment no.	Catchment Area (Km <sup>2</sup> )	Average Catchment Slope (%)	Station Height (m)	Catchment no.	Catchment Area (Km <sup>2</sup> )	Average Catchment Slope (%)	Station Height (m)
1	119	13.56	669	21	119	10.96	1218
2	146	15.01	200	22	33	15.06	130
3	748	9.88	2047	23	236	15.86	1003
4	131	13.85	440	24	214	14.54	221
5	57	12.52	126	25	59	25.6	2209
6	85	28.7	1910	26	404	18.2	93
7	196	9.1	2540	27	135	18.79	100
8	225	16.34	121	28	1176	13.3	1231
9	128	21.2	172	29	107	11.8	130
10	626	12.8	396	30	33	11.9	49
11	236	11.86	172	31	77	12.57	156
12	256	13.01	200	32	138	15.4	306
13	190	10.78	1412	33	50	9.67	30
14	204	11.25	648	34	283	13.58	579
15	562	8.98	523	35	315	14.44	954
16	153	16.2	71	36	140	9.7	248
17	92	13.4	42	37	302	19.2	527
18	131	11.56	20	38	330	10.25	1008
19	79	18.9	201	39	413	9.56	61
20	247	11.02	99				



**Fig. 1- Caspian Sea Sub-basin**

شکل ۱- موقعیت زیرحوضه‌های حوضه آبریز خزر در ایران

## ۲-۲- روش مطالعه

آبخیزداری، (۱۳۸۳) از میانگین پنج ساله داده‌های کیفیت آب رودخانه‌های مطالعاتی استفاده شده است. متغیرهای کیفیت آب شامل EC, pH, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, SAR و TDS که میانگین سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۳ محاسبه گردیده است و نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است.

داده‌های به کار گرفته شده در این پژوهش شامل داده‌های کیفیت آب (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۹۷) است که برای پرهیز از تغییرات سالانه و رسیدن به نتایج قابل اتکاء و مهمتر از همه، همزمانی با نقشه ملی کاربری و پوشش سرزمین (سازمان جنگل‌ها، مراتع و

**Table 2- Five-year (1378-1383) average for water quality parameters in the catchment**

**جدول ۲- میانگین ۵ ساله (۷۸-۸۳) شاخص‌های کیفیت آب در حوضه‌های آبخیز**

Catchment	Water Quality Variables										
	SAR	K <sup>+</sup> (meq/L)	Na <sup>+</sup> (mq/L)	Mg <sup>2+</sup> (mq/L)	Ca <sup>2+</sup> (mq/L)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mq/L)	Cl <sup>-</sup> (mq/L)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mq/L)	pH	EC (μ mho/cm)	TDS (mg/L)
1	0.34±0.26	0.04±0.02	0.51±0.04	0.86±0.51	5.9±0.2	0.59±0.53	0.46±0.36	3.75±1.26	7.87±0.16	506.14±0.326	331.22±117.48
2	0.37±0.05	0.04±0.01	0.53±0.08	0.89±0.1	3.1±0.2	0.8±0.54	0.4±0.08	3.78±0.39	7.92±0.08	490.94±0.422	321.6±28.68
3	0.4±0.08	0.04±0.01	0.62±0.13	2.03±0.34	2.73±0.39	1.77±0.35	0.4±0.12	3.11±0.45	7.92±0.06	554.48±74.48	362.56±49.15
4	0.36±0.08	0.05±0.02	0.65±0.14	1.76±0.2	4±1.26	2.91±0.26	0.34±0.09	3.42±0.65	7.92±0.1	698.54±184.89	458.78±118.24
5	0.51±0.34	0.04±0.01	0.63±0.15	0.8±0.1	2.47±0.88	0.56±0.49	0.56±0.49	3.81±1.22	7.92±0.13	711.26±126	342.06±117.44
6	0.28±0.3	0.03±0.01	0.34±0.02	2.3±0.1	1.69±0.46	0.45±0.35	0.4±0.09	2.52±0.44	8.14±2.14	348.45±113.85	228.96±72.04
7	0.31±0.11	0.09±0.04	0.46±0.2	1.46±0.36	3.04±0.55	1.87±0.65	0.7±0.24	2.54±0.41	7.8±0.19	476.27±97.38	302.79±63.03
8	0.21±0.07	0.02±0.01	0.25±0.08	0.99±0.24	1.27±0.31	1.8±0.06	0.18±0.07	1.97±0.51	8.08±0.11	255.03±59.18	170.21±38.58
9	0.34±0.06	0.03±0.01	0.45±0.09	1.44±0.17	2.03±0.27	0.38±0.13	0.39±0.07	3.05±0.29	7.87±0.08	407.61±37.18	266.71±24.44
10	0.32±0.06	0.04±0.01	0.45±0.09	1.07±0.3	2.1±0.34	0.58±0.12	0.3±0.08	3.72±0.52	8.12±0.1	441.15±60.83	288.39±41.14
11	0.18±0.05	0.02±0.01	0.2±0.06	0.93±0.24	1.22±0.28	0.18±0.04	0.17±0.06	1.91±0.49	8.08±0.11	244.83±53.42	160.78±34.66
12	0.56±0.1	0.04±0.01	0.77±0.17	1.6±0.32	2.17±0.48	0.47±0.15	0.69±0.2	3.28±0.66	7.92±0.08	471.07±84.18	308.8±54.19
13	0.25±0.06	0.02±0.01	0.24±0.06	0.8±0.19	1.08±0.24	0.2±0.04	0.17±0.05	1.64±0.4	8.23±0.12	222.78±45.84	146.85±30.67
14	0.43±0.33	0.06±0.01	0.72±0.68	2.44±0.58	3.48±1.25	1.42±1.65	0.68±0.71	4.45±0.65	7.86±0.06	683.69±213.54	447.47±139.13
15	0.52±0.08	0.05±0.01	0.78±0.13	1.95±0.33	2.55±0.48	1.04±0.54	0.5±0.11	3.7±0.51	7.94±0.08	545.55±72.29	357.42±51.15
16	0.16±0.04	0.02±0.01	0.15±0.06	0.8±0.26	1.1±0.34	0.13±0.05	0.15±0.08	1.69±0.54	8.07±0.12	215.38±63.25	141.81±41.11
17	0.45±0.07	0.04±0.01	0.62±0.12	1.72±0.35	2.23±0.52	0.57±0.17	0.46±0.18	3.34±0.76	8.07±0.1	475.94±95.73	312±62.2
18	0.97±0.74	0.06±0.02	1.69±1.42	2.44±0.75	2.87±0.71	1.04±0.81	1.3±1.03	4.45±1.12	7.92±0.16	719.09±256.28	470.4±167.61
19	0.32±0.06	0.04±0.01	0.44±0.09	1.67±0.25	2.05±0.28	0.37±0.1	0.32±0.09	3.37±0.41	7.93±0.09	431.45±51.51	281.49±36.44
20	0.26±0.06	0.03±0.01	0.34±0.1	1.42±0.32	2.14±0.43	0.27±0.08	0.31±0.09	3.23±0.63	8.03±0.11	405.12±74.69	268.44±46.69
21	0.25±0.06	0.04±0.01	0.37±0.09	1.78±0.29	2.57±0.31	0.4±0.12	0.33±0.08	3.89±0.46	7.87±0.1	486.87±53.5	319.48±39
22	0.17±0.06	0.02±0.01	0.18±0.07	0.99±0.26	1.34±0.27	0.14±0.05	0.17±0.08	2.12±0.52	8.09±0.26	263.16±57.69	37.81±173.11
23	0.38±0.07	0.04±0.01	0.54±0.12	1.8±0.35	2.32±0.36	1.28±0.31	0.36±0.11	2.92±0.41	7.9±0.09	481.37±70.81	315.16±45.36
24	0.33±0.07	0.03±0.01	0.39±0.1	1.11±0.24	1.52±0.34	0.24±0.12	0.24±0.09	2.34±0.51	7.9±0.1	305.52±64.67	200.44±41.66
25	0.5±0.09	0.06±0.02	0.87±0.01	2.19±0.82	3.66±1.51	3.19±1.8	0.83±0.26	2.58±0.62	8.06±0.12	691.14±40.83	450.52±256.44
26	0.35±0.06	0.03±0.01	0.43±0.08	1.23±0.2	1.6±0.29	0.4±0.08	0.3±0.06	2.5±0.44	7.9±0.06	342.3±52.3	225.38±35.19
27	0.22±0.08	0.03±0.01	0.26±0.11	1.24±0.28	1.62±0.42	0.19±0.1	0.23±0.11	2.61±0.61	8.06±0.11	325.42±77.51	214.31±49.97
28	0.48±0.08	0.05±0.01	0.76±0.15	2.17±0.42	2.85±0.5	2.05±0.42	0.47±0.13	3.21±0.53	7.89±0.08	600.77±95.95	391.48±62.58
29	0.23±0.06	0.02±0.01	0.27±0.08	1.1±0.21	1.43±0.3	0.18±0.04	0.21±0.07	2.3±0.46	8.06±0.12	291.04±55.67	191±35.99
30	0.66±0.28	0.01±0.05	1.09±0.47	2.13±0.38	3.04±0.6	0.75±0.26	0.93±0.48	4.47±0.87	7.87±0.09	644.14±119.4	421.33±77.65
30	0.17±0.06	0.02±0.01	0.21±0.09	1.13±0.31	1.48±0.45	0.16±0.07	0.19±0.09	2.38±0.73	8.11±0.23	295.19±82.55	193.75±53.13
32	0.32±0.07	0.04±0.01	0.49±0.14	1.93±0.59	2.6±0.81	2.15±1	0.11±0.34	2.43±0.59	8.09±0.11	518.71±148.49	340.03±96.71
33	0.3±0.07	0.04±0.01	0.45±0.11	1.87±0.32	2.64±0.31	0.52±0.18	0.41±0.12	2.92±0.48	7.87±0.07	511.33±61.17	334.33±39.73
34	0.35±0.07	0.03±0.01	0.46±0.12	1.53±0.25	1.88±0.4	0.37±0.16	0.29±0.1	3.11±0.54	7.95±0.1	399.82±70.91	262.59±44.23
35	0.24±0.07	0.03±0.01	0.28±0.1	1.13±0.36	1.46±0.51	0.34±0.1	0.22±0.09	2.21±0.8	8.15±0.09	300.31±93.85	197±60.47
36	0.29±0.06	0.03±0.01	0.35±0.09	1.19±0.32	1.55±0.47	0.35±0.1	0.24±0.09	2.38±0.01	8.15±0.09	318.92±87.73	210.68±57.51
37	0.24±0.04	0.03±0.01	0.31±0.06	1.42±0.19	2.01±0.24	0.25±0.08	0.27±0.07	3.12±0.31	7.88±0.09	387.42±37	253.46±23.43
38	0.27±0.06	0.03±0.01	0.34±0.09	1.26±0.19	1.95±0.32	0.24±0.09	0.28±0.09	2.97±0.41	7.89±0.08	372.55±50.39	243.91±32.68
39	0.21±0.08	0.03±0.01	0.26±0.12	1.23±0.3	1.65±0.39	0.18±0.1	0.24±0.11	2.59±0.69	8.06±0.15	325.24±78.46	212.47±51.48

### ۳-۲- داده‌های پوشش و کاربری سرزمین

طبقات کاربری سرزمین که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند شامل مناطق مسکونی (ST)، جنگل انبوه (F1)، جنگل نیمه انبوه (F2)، جنگل تنک (F3)، بیشه‌زار و درخت‌زار (SH)، مراتع متراکم (R1)، مراتع نیمه متراکم (R2)، مراتع کم تراکم (R3)، زراعت آبی و باغات (IF)، زراعت دیم (DF)، سرزمین‌های بدون پوشش و بیرون‌زدگی سنگی (BL) و بستر رودخانه (RB) می‌باشند (جدول ۳). برای شبکه رودخانه حوضه‌های آبخیز مطالعاتی در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی با فاصله ۳۰ متری تا ۱۲۰ متر حریم زده شد. علت انتخاب بازه ۳۰ متری برای حریم‌ها، تفکیک‌پذیری مکانی باندهای طیف مرئی در ماهواره Landsat ۷ است که برابر با ۳۰ متر می‌باشد. جدول ۳ درصد طبقات کاربری سرزمین را در حریم‌های ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ متر نشان می‌دهد و شکل ۲ درصد طبقات کاربری سرزمین را در کل حوضه‌های آبخیز نشان می‌دهد.

### ۴-۲- تحلیل‌های آماری

آزمون ضریب همبستگی ابزاری آماری برای تعیین نوع و درجه‌ی رابطه‌ی یک متغیر کمی با متغیر کمی دیگر است. ضریب همبستگی،

یکی از معیارهای مورد استفاده در تعیین همبستگی دو متغیر است بطوری که شدت رابطه و همچنین نوع رابطه (مستقیم یا معکوس) را نشان می‌دهد. ضریب همبستگی پیرسون، روشی پارامتری است و برای داده‌هایی با توزیع نرمال یا تعداد داده‌های زیاد استفاده می‌شود. در صورتی که تعداد داده‌ها کم و فرض نرمال بودن آن‌ها تأمین نباشد، از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده می‌شود. این ضریب همبستگی بر اساس رتبه‌ی داده‌ها محاسبه می‌شود (Norum, 2003). از آنجا که تمامی متغیرهای کاربری سرزمین و بیشتر متغیرهای کیفیت آب از توزیع غیرنرمال برخوردار بودند، لذا از آزمون اسپیرمن برای بررسی همبستگی متغیرها استفاده گردید. به همین منظور، تمامی متغیرهای کیفیت آب و داده‌های کاربری سرزمین با استفاده از آزمون شاپیرو-ویلک در سطح معنی‌داری کمتر از ۰/۰۵ مورد آزمایش قرار گرفتند. برای مدل‌سازی ارتباط بین کاربری سرزمین و کیفیت آب رودخانه، رگرسیون خطی با استفاده از روش گام به گام مورد استفاده قرار گرفت تا مناسب‌ترین مدل برای یک متغیر کیفیت آب تعیین شود. برای یک متغیر کیفیت آب، مدل مناسب رگرسیون، بر اساس آماره‌های نکویی برازش شامل ضریب تعیین، معنی‌دار بودن متغیرهای مدل در سطح معنی‌دار بودن ۰/۰۵ درصد و فاکتور تورم واریانس انتخاب شد.

**Table 3- Land use/land cover in riparian zone in the study catchment**  
جدول ۳- نسبت پوشش/کاربری اراضی در مناطق میانگیر حوضه‌های مورد مطالعه

Riparian zone	Statistics	Land cover / Land use variables (%)											
		BL	DF	F1	F2	F3	IF	R1	R2	R3	RB	SH	ST
30	Max	1.3	34.35	95.28	65.99	26.06	95.77	88.07	47.67	1.56	9.89	26.31	19.21
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	0.08	4.74	31.51	21.95	5.46	15.19	17.16	6.26	0.14	0.8	3.52	2.07
	M.E	0.27	7.43	31.16	19.1	8.01	24.33	25.16	12.93	0.35	2.36	6.89	4.62
60	Max	1.42	34.25	95.19	65.97	26.26	42.46	87.29	46.57	1.62	4.52	26.79	7.39
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	0.1	4.96	33.76	20.41	4.9	9.26	16.25	5.97	0.16	0.26	3.04	0.95
	M.E	0.31	7.68	31.47	17.71	7.5	9.55	23.17	11.86	0.39	0.88	5.85	2.15
90	Max	1.52	34.2	95.14	65.93	26.39	42.04	86.59	45.68	1.62	4.01	26.77	7.32
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	0.12	4.61	29.2	20.87	5.77	9.45	18.32	6.91	0.19	0.27	3.57	0.83
	M.E	0.36	7.69	31.32	18.44	7.84	9.79	24	12.4	0.43	0.82	6.28	2.09
120	Max	1.54	34.18	86.94	62.94	26.43	41.9	73.94	45.43	1.64	3.87	26.76	7.25
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	0.14	4.85	27.19	20.56	6.46	10.07	17.77	7.55	0.19	0.3	3.97	0.95
	M.E	0.39	7.97	29.75	16.95	8.16	9.91	21.04	13.03	0.44	0.85	6.51	2.21

سرزمین‌های بدون پوشش و بیرون‌زدگی سنگی (BL)، زراعت دیم (DF)، جنگل‌های انبوه جنگلی (F1)، جنگل‌های نیمه انبوه (F2)، جنگل‌های تنک (F3)، زراعت آبی و باغات (IF)، مراتع متراکم (R1)، مراتع نیمه متراکم (R2)، مراتع کم تراکم (R3)، و بستر رودخانه (RB)، بیشه‌زار و درخت‌زار (SH)، مناطق مسکونی (ST) Bare lands (BL), Dry farming (DF), Dense forests (F1), Semi-massive forests (F2), Scattered trees (F3), Irrigated farming and orchards (IF), Dense rangelands (R1), Semi-massive rangelands (R2), Low-density rangelands (R3), River beds (RB), Shrublands (SH), Settlements (ST)

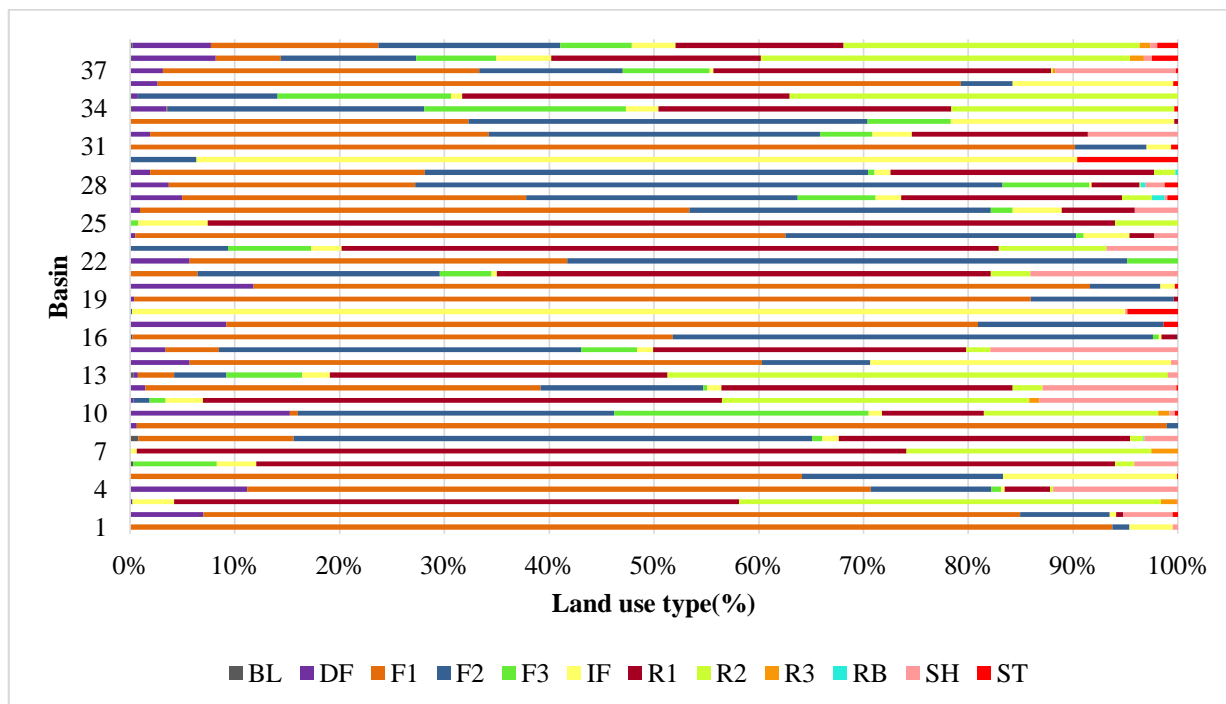


Fig. 2- Land use share in study catchment  
 شکل ۲- نسبت کاربری‌های سرزمین در حوضه‌های آبخیز مطالعاتی

برابر صفر شود به معنی یک مدل کامل است. سنجه ضریب تعیین نیز تعیین می‌کند که مدل چه نسبتی از واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده را تشریح می‌کند. مقدار عددی این سنجه بین صفر تا یک تغییر می‌کند، به طوری که هر چه مقدار آن به یک نزدیک‌تر شود، نشان دهنده آن است که واریانس خطا کمتر است. سنجه ریشه میانگین مربع خطا که میزان همخوانی کلی میان مجموعه داده‌های مقادیر مشاهداتی و مدل‌سازی شده را نشان می‌دهد نیز محاسبه شد. این سنجه حد بالایی ندارد و برای یک مدل کامل، مقدار آن برابر صفر است (Dawson et al., 2007). در زیر فرمول‌های محاسبه سنجه‌های مذکور آورده شده است:

$$CE = 1 - \frac{\sum (O_i - P_i)^2}{\sum (O_i - \bar{O})^2} \quad (1)$$

$$IA = 1 - \frac{\sum (O_i - P_i)^2}{\sum ([P_i - \bar{O}] + [O_i - \bar{O}])^2} \quad (2)$$

$$PI = 1 - \frac{\sum (O_i - P_i)^2}{\sum (O_i - O_{i-1})^2} \quad (3)$$

$$r^2 = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (O_i - P_i)^2}{n}} \quad (5)$$

در نهایت، مدل‌های مناسب رگرسیون آماری ابداع شده، با ترسیم نمودارهای یک-به-یک و محاسبه رگرسیون خطی ساده داده‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده مورد ارزیابی قرار گرفت (Ahearn et al., 2005). هم خطی میان متغیرهای مستقل مدل‌های پیش‌بینی کننده کیفیت آب، با توجه به فاکتور تورم واریانس (VIF) مورد بررسی قرار گرفت و یکی از متغیرهای مستقلی که فاکتور تورم واریانس آن بیشتر ۱۰ بوده اند، حذف شد و فرایند مدل‌سازی برای آن فاکتور کیفیت آب دوباره مدل‌سازی شد (Amiri, 2017). تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم‌افزارهای Excel 2016 و SPSS انجام گردید.

#### ۲-۵- اعتبارسنجی مدل

با استفاده از سنجه‌های اعتبارسنجی، مقادیر سنجه‌های ضریب کارایی (CE)، شاخص همخوانی (IA)، ضریب ماندگاری (PI) و ضریب تعیین ( $r^2$ ) برای هر یک از مدل‌ها محاسبه شده است. سنجه ضریب کارایی بین  $-\infty$  و یک متغیر است، چنانچه برابر یک شود نشان دهنده همخوانی کامل میان نقاط اندازه‌گیری شده و نقاط مدل‌سازی شده است. چنانچه مقدار شاخص همخوانی برای یک مدل برابر یک شود مبین همخوانی کامل میان مقادیر داده‌های اندازه‌گیری شده و داده‌های مدل‌سازی شده است. سنجه ضریب ماندگاری بسیار مشابه سنجه ضریب کارایی بوده و مقدار عددی بین صفر و یک متغیر است، چنانچه

## ۲-۶- تحلیل حساسیت مدل

رودخانه ( $r = -0.5, p \leq 0.01$ )، همبستگی معنی‌داری داشتند. به غیر از کاربری سرزمین زراعی و باغات، چهار کاربری دیگر با شاخص‌های کیفیت آب همبستگی منفی داشتند. آنیون سولفات با پوشش جنگل‌های تنک و درصد زمین‌های زراعت آبی و باغات همبستگی معنی‌داری نداشت. همچنین آنیون بی‌کربنات با درصد زمین‌های زراعت آبی و باغات و pH با درصد زمین‌های زراعت آبی و باغات و درصد زمین‌های بستر رودخانه همبستگی معنی‌داری نداشتند و در جدول ۴ نتایج آزمون نرمال بودن ارائه شده است.

برای تحلیل حساسیت مدل‌های توسعه یافته از روش تحلیل حساسیت مشروط استفاده شد. در این روش، ابتدا مقدار اسمی میانگین متغیرهای ورودی مدل تعیین شد. در گام بعد، یک متغیر برای تحلیل حساسیت مشروط انتخاب شد. در حالی است که سایر متغیرهای مدل روی مقادیر اسمی‌شان (میانگین) ثابت نگه داشته شدند، با تغییر در مقدار متغیر انتخابی، مقدار متغیر وابسته (متغیرهای کیفیت آب) محاسبه شد. سپس با استفاده مقادیر متغیر وابسته شبیه‌سازی شده، مقدار متوسط شیب تغییرات جزئی محاسبه شد. به طوری که هرچه مقدار متوسط شیب تغییرات جزئی هر متغیر بیشتر باشد، نشان‌دهنده حساسیت بیشتر خروجی مدل به آن متغیر مفروض است (Amiri, 2017). این فرایند برای تمام متغیرهای یک مدل تکرار شد.

## ۳- نتایج

### ۳-۱- همبستگی و مدل‌سازی رگرسیونی

روابط ۶ تا ۱۶ مدل‌های ابداع شده برای پیش‌بینی پارامترهای کیفیت آب رودخانه‌های مطالعاتی با بکارگیری متغیرهای پوشش و کاربری سرزمین در مناطق میانگیر را به شرح زیر بیان می‌کند:

نتایج آزمون نرمال بودن نشان داد که متغیرهای کاربری سرزمین در مناطق میانگیر از توزیع نرمال برخوردار نیستند. همچنین ۵۰٪ داده‌های کیفیت آب شامل متغیرهای SAR، Na، SO<sub>4</sub>، Cl و pH نیز از توزیع نرمال برخوردار نیستند. در نتیجه برای بررسی همبستگی بین متغیرها از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شده است. نتایج آزمون نرمال بودن نشان داد که تمامی متغیرهای کیفیت آب با سرزمین‌های بدون پوشش و بیرون زدگی سنگی ( $r = -0.42, p \leq 0.01$ )، جنگل نیمه انبوه ( $r = -0.38, p \leq 0.01$ )، جنگل تنک ( $r = -0.6, p \leq 0.01$ )، سرزمین‌های زراعی و باغات ( $r = 0.34, p \leq 0.05$ ) و بستر

$$\text{SAR} = 0.005\text{IF} + 0.008\text{SH} - \quad (۶)$$

$$0.002\text{F2} + 0.238$$

$$\text{K} = 5 \cdot 10^{-5}\text{F2} + 3 \cdot 10^{-5}\text{R1} - 0.016\text{BL} + \quad (۷)$$

$$5 \cdot 10^{-4}\text{R2} + 0.44$$

$$\text{Na} = 0.01\text{IF} + 0.013\text{SH} - 0.005\text{F2} - \quad (۸)$$

$$0.005\text{R2} - 0.19\text{BL} + 0.471$$

$$\text{Mg} = -0.013\text{F2} + 0.007\text{IF} + 0.02\text{SH} - \quad (۹)$$

$$0.01\text{R2} - 0.434\text{BL} + 1.748$$

Table 4- Correlation between water quality parameters and land use/land cover variables

جدول ۴- همبستگی بین شاخص‌های کیفیت آب و متغیرهای پوشش/ کاربری سرزمین

W.Q Variables	Land use/land cover variables				
	RB	IF	F3	F2	BL
SAR	-0.506**	0.33*	0.431*	-0.554**	-0.411**
K <sup>+</sup>	-0.519**	0.334*	-0.429*	-0.654**	-0.418**
Na <sup>+</sup>	-0.499**	0.324*	-0.445**	-0.586**	-0.432**
Mg <sup>2+</sup>	-0.485**	0.366*	-0.322*	-0.578**	-0.411**
Ca <sup>2+</sup>	-0.489**	0.321*	-0.391*	-0.626**	-0.421**
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-0.512**	0.09	0.111	-0.678**	-0.368*
Cl <sup>-</sup>	-0.512**	0.383*	-0.483**	-0.683**	-0.33*
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.445**	0.119	-0.431*	-0.387*	-0.429**
pH	0.212	0.141	-0.57**	-0.42**	-0.446**
EC	-0.495**	0.372*	-0.384*	-0.588**	-0.436**
TDS	-0.495**	0.367*	-0.375*	-0.593**	-0.436**

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

\*Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

$$\text{Ca} = -0.027\text{F}_2 - 0.029\text{R}_2 - 0.832\text{BL} - 0.007\text{F}_1 + 1.748 \quad (10)$$

$$\text{SO}_4 = 0.01\text{ST} + 0.129\text{BL} + 0.007\text{R}_2 - 0.121\text{R}_3 + 0.002\text{F}_2 + 0.004\text{DF} + 7.885 \quad (11)$$

$$\text{Cl} = 0.008\text{IF} - 0.003\text{F}_2 - 0.006\text{R}_2 + 0.003\text{R}_1 - 0.157\text{BL} + 0.365 \quad (12)$$

$$\text{HCO}_3 = 0.037\text{IF} + 0.02\text{F}_1 + 0.067\text{SH} + 0.044\text{DF} + 0.012\text{R}_1 + 1.279 \quad (13)$$

$$\text{pH} = 0.007\text{R}_2 + 0.002\text{F}_2 - 0.125\text{R}_3 + 0.143\text{BL} + 0.005\text{DF} + 7.888 \quad (14)$$

$$\text{EC} = -4.021\text{F}_2 + 2.151\text{IF} - 151.99\text{BL} - 3.495\text{R}_2 + 523.468 \quad (15)$$

$$\text{TDS} = -2.621\text{F}_2 + 1.542\text{IF} + 3.889\text{SH} - 2.162\text{R}_2 - 82.226\text{BL} + 324.661 \quad (16)$$

طبق یافته‌های (Sangani et al., 2013) میان درصد سطوح زمین‌های بایر و متغیرهای Mg و HCO<sub>3</sub> رابطه مستقیم معنی‌داری وجود دارد که یافته‌های این پژوهش خلاف این نتایج را گزارش می‌دهد که می‌تواند به علت مؤلفه‌های گوناگون محیط زیستی (اقلیم، خاک، و ویژگی‌های زمین‌شناسی) منطقه مطالعاتی ایجاد شده باشد (Pratt and Chang, 2012). همچنین، یک رابطه مستقیم معنی‌داری بین اراضی کشاورزی، بیشه‌زار و متغیرهای SAR، Na، Mg، Cl، EC و HCO<sub>3</sub> مشاهده شد، البته مدل‌های Cl و EC با اراضی بیشه‌زار قابل پیش‌بینی نبودند. اراضی کشاورزی و بیشه‌زار که خود دارای مواد مغذی هستند، به واسطه آبخوبی کودهای آلی و معدنی مازاد بر بر مصرف گیاهان زراعی باعث تغییر در کیفیت آب‌های سطحی و رودخانه‌ها می‌شوند (Wantzen and Mol, 2013).

### ۳-۲- نتایج اعتبارسنجی مدل‌های رگرسیونی در نمودارهای یک-به-یک

برای اعتبارسنجی تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی، مقادیر مشاهده شده در مقایسه با مقادیر پیش‌بینی شده (شکل ۳) توسط مدل‌های مربوطه قرار گرفت و رابطه بین مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده متغیرهای کیفیت آب رودخانه در منطقه مورد مطالعه در شکل نشان داده شده است.

### ۳-۳- نتایج اعتبارسنجی مدل‌های رگرسیونی با استفاده از سنج‌های کارایی مدل

جدول ۶ نشان می‌دهد که بر اساس مقادیر سنج اعتبارسنجی، مدل کلراید (Cl) برای منطقه میانگیر ۳۰ متر مناسب‌ترین مدل است. در مدل‌های رگرسیونی این پژوهش مدل کلراید (Cl) با مقدار عددی ۰/۸۰۹ بالاترین ضریب را در بین مدل‌های رگرسیونی برای سنج ضریب کارایی (CE) داشت.

همانند سنج ضریب کارایی، مقدار عددی مدل کلراید برای سنج شاخص همخوانی (IA) نسبت به مدل‌های دیگر بیشتر بوده و برابر ۰/۹۱۹ است. تمامی مدل‌ها به جز مدل SAR برای سنج ضریب ماندگاری (PI) مقادیر نزدیک به صفر داشتند. سنج ضریب تعیین (r<sup>2</sup>) برای مدل‌های رگرسیونی بکار گرفته شد و نتایج نشان داد که مدل کلراید با مقدار عددی ۰/۹۰۲ بالاترین ضریب را در بین مدل‌های رگرسیونی دارد.

مدل‌های ابداع شده نشان می‌دهند که رابطه معکوس معنی‌داری بین اراضی جنگلی و مراتع نیمه متراکم با سطوح Na، Mg، Ca، Cl، EC و TDS وجود دارد، البته متغیر وابسته SAR نیز با اراضی جنگلی نیمه متراکم نیز دارای رابطه معکوس است. این نتایج به این معنی است که با افزایش سطوح جنگل و مرتع نیمه متراکم میزان متغیرهای ذکر شده در حوضه آبخیز کاهش می‌یابد.

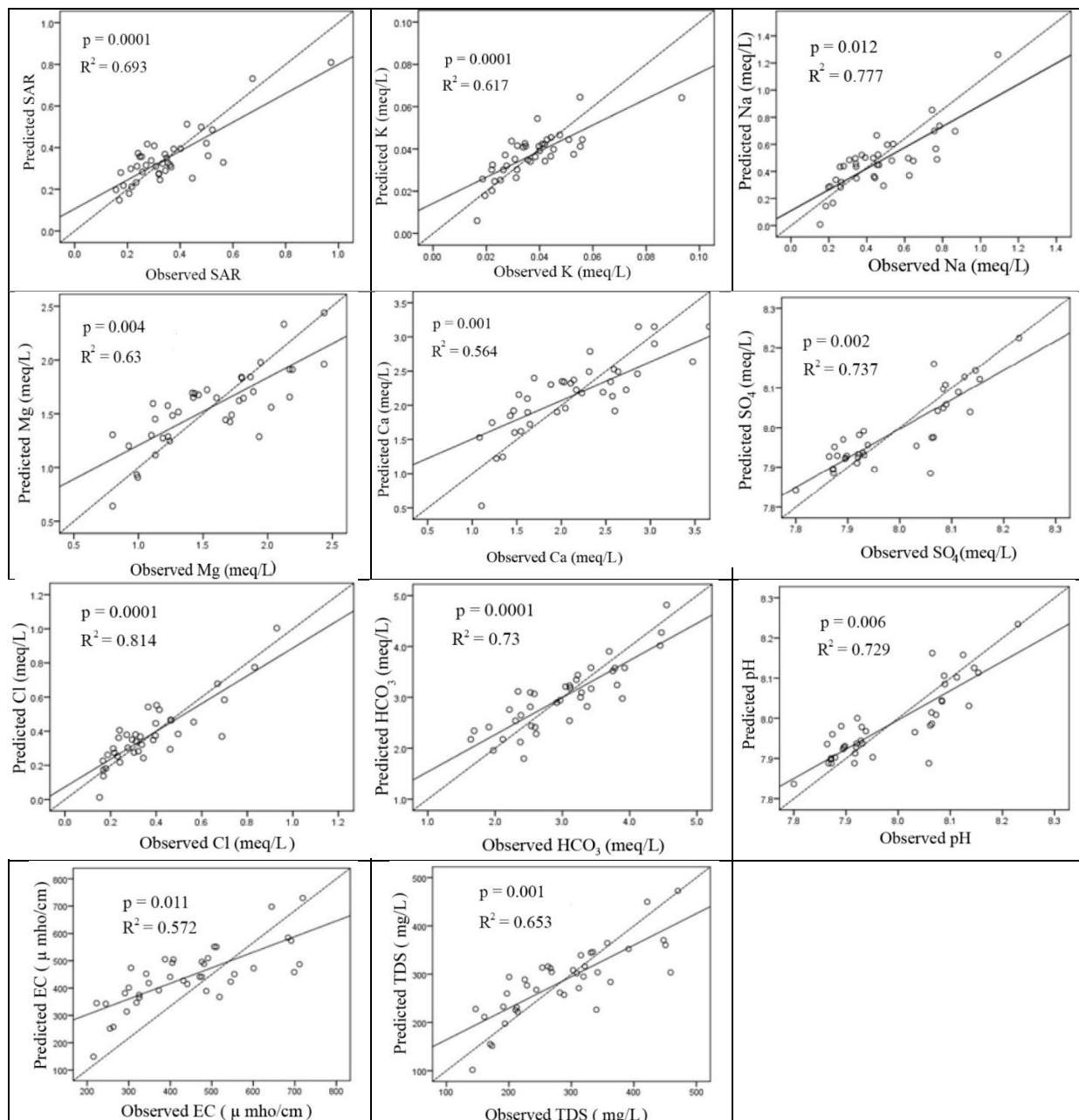
طبق یافته‌های محققین (Li and Zhang, 2008; Pratt and Chang, 2012)، افزایش در سطح پوشش جنگلی می‌تواند به کاهش EC آب منجر شود؛ زیرا ممکن است در این اراضی شاهد کاهش نرخ فرسایش و در نتیجه جلوگیری از ورود مواد مغذی به داخل آب‌های سطحی باشیم (Amiri and Nakane, 2006). بر اساس تحقیقات پژوهشگران (Pratt and Chang, 2012; Zhou et al., 2012) اراضی مناطق مسکونی حوضه آبخیز با سطوح EC و TDS رابطه مستقیم معنی‌داری دارند، به این معنی که با افزایش سطوح شهری، میزان EC و TDS آب افزایش می‌یابد و همچنین بین درصد اراضی شهری و سطوح Ca، Cl، EC، pH و Mg نیز رابطه مستقیم معنی‌داری وجود دارد؛ اما یافته‌های این پژوهش با نتایج کار این پژوهشگران تطابق نداشت و تنها درصد سطوح شهری در پیش‌بینی مدل SO<sub>4</sub> بکار گرفته شد و مشخص شد بین درصد سطوح شهری و SO<sub>4</sub> رابطه مستقیم معنی‌داری وجود دارد. نتایج نشان داد که یک رابطه معکوس معنی‌دار بین درصد اراضی بدون پوشش سنگی و متغیرهای K، Na، Mg، Ca، Cl، EC و TDS وجود دارد در حالی که با متغیرهای pH و SO<sub>4</sub> دارای رابطه مستقیم بود.



**Table 5- Results of the multi-regression between water quality and land use**

جدول ۵- نتایج مدل سازی رگرسیون چندگانه بین کیفیت آب و کاربری سرزمین

Variables		Statistics				Riparian width (m)
Dependent	Independent	S.E	R	VIF	p	
<b>SAR</b>	Cons.	0.238	0.693		0.000	30
	F2	0.002		2.091		
	IF	0.005		1.28		
	SH	0.008		1.179		
<b>K</b>	Cons.	0.44	0.617		0.000	30
	F2	0.0001		1.208		
	R1	0.00003		1.207		
	BL	0.016		1.52		
	R2	0.0005		1.123		
<b>Na</b>	Cons.	0.471	0.777		0.012	30
	IF	0.01		1.243		
	SH	0.013		1.52		
	F2	-0.005		1.323		
	R2	-0.005		1.104		
	BL	-0.19		1.47		
<b>Mg</b>	Cons.	1.748	0.63		0.004	30
	F2	-0.013		1.325		
	IF	0.007		1.242		
	SH	0.02		1.053		
	R2	-0.01		1.104		
	BL	-0.434		1.05		
<b>Ca</b>	Cons.	3.151	0.564		0.001	30
	F2	-0.027		1.144		
	R2	-0.029		1.424		
	BL	-0.832		1.036		
	F1	-0.007		1.341		
<b>SO4</b>	Cons.	7.885	0.737		0.002	60
	ST	0.01		1.705		
	BL	0.129		1.225		
	R2	0.007		1.625		
	R3	-0.121		1.821		
	F2	0.002		1.89		
	DF	0.004		1.492		
<b>Cl</b>	Cons.	0.365	0.814		0.000	30
	IF	0.008		1.272		
	F2	-0.003		1.524		
	R2	-0.006		1.014		
	R1	0.003		1.265		
	BL	-0.157		1.054		
<b>HCO3</b>	Cons.	1.279	0.73		0.000	30
	IF	0.037		1.576		
	F1	0.02		2.295		
	SH	0.067		1.175		
	DF	0.044		1.492		
	R1	0.012		2.205		
<b>pH</b>	Cons.	7.88	0.729		0.006	30
	IF	0.007		1.545		
	F1	0.002		1.175		
	SH	-0.125		1.595		
	DF	0.143		1.05		
	R1	0.005		1.06		
<b>EC</b>	Cons.	523.468	0.572		0.011	30
	F2	-4.021		1.323		
	IF	2.151		1.241		
	BL	-151.99		1.023		
	R2	-3.495		1.104		
<b>TDS</b>	Cons.	324.661	0.653		0.001	30
	F2	-2.621		1.323		
	IF	1.542		1.243		
	SH	3.889		1.052		
	R2	-2.162		1.104		
	BL	-82.226		1.047		



**Fig. 3- Observed vs model predicted water quality parameters**  
**شکل ۳- مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده مدل‌ها برای فاکتورهای کیفیت آب**

مدل‌های رگرسیونی  $K$ ،  $SO_4$  و  $pH$  مراتع نیمه متراکم ( $R^2$ ) به ترتیب با شیب‌های  $+0/005$ ،  $+0/083$  و  $+0/082$  دارای بیشترین حساسیت است. در مدل‌های رگرسیونی  $Na$ ،  $Cl$  و  $HCO_3$  اراضی زراعت آبی و باغات (IF) به ترتیب با شیب‌های  $+0/2$ ،  $+0/16$  و  $+0/742$  دارای بیشترین حساسیت است و در نهایت در مدل‌های رگرسیونی  $Mg$ ،  $Ca$ ،  $EC$  و  $TDS$  پوشش جنگلی نیمه انبوه (F2) به ترتیب با شیب‌های  $-0/232$ ،  $-0/482$ ،  $-0/718$  و  $-0/468$  دارای بیشترین حساسیت است.

### ۴-۳- نتایج تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت برای هر کدام از مدل‌های رگرسیونی انجام شد و همانگونه که در جدول ۷ مشخص است برای هر متغیر، هرچه متوسط شیب جزیی مربوط به آن متغیر مستقل بیشتر باشد، خروجی مدل به آن متغیر مستقل حساس‌تر است. در مدل رگرسیونی SAR، پوشش بیشه زار و درخت‌زار (SH) با شیب خط  $+0/05$  نسبت به پوشش جنگلی نیمه انبوه (F2)، از حساسیت بیشتری برخوردار است. در

**Table 6- Model performance measures**

جدول ۶- محاسبه مقادیر سنج‌های اعتبارسنجی مدل

W.Q. Variable	Model Performance Measures				
	CE	PI	IA	r <sup>2</sup>	RMSE
SAR	0.533	0.846	0.785	0.832	0.105
K	0.645	0.00	0.865	0.647	0.406
Na	0.776	0.00	0.898	0.881	0.138
Mg	0.627	0.00	0.836	0.792	0.272
Ca	0.563	0.00	0.814	0.750	0.467
SO <sub>4</sub>	0.589	0.00	0.876	0.758	7.584
Cl	0.809	0.00	0.919	0.902	0.105
HCO <sub>3</sub>	0.725	0.00	0.866	0.852	0.392
pH	0.725	0.00	0.885	0.852	0.055
EC	0.570	0.00	0.806	0.756	94.5
TDS	0.651	0.00	0.849	0.807	53

**Table 7- Sensitivity analysis of slopes of land use variable in regression models**

جدول ۷- شیب متغیرهای کاربری سرزمین در تحلیل حساسیت مدل‌های رگرسیونی

W.Q. Variables	Land use Variables	Slope	W.Q. Variables	Land use Variables	Slope
SAR	SH	0.05	Cl	IF	0.16
	F2	0.04		R2	-0.071
K	R2	0.005	HCO <sub>3</sub>	R1	0.068
	BL	-0.003		F2	-0.065
	F2	0.0009		BL	-0.042
Na	R1	0.0007	pH	IF	0.742
	IF	0.2		F1	0.625
	BL	-0.19		SH	0.379
	F2	-0.089		DF	0.327
	SH	0.073		R1	0.274
Mg	R2	-0.058	EC	R2	0.082
	F2	-0.232		R3	-0.043
	IF	0.14		BL	0.038
	BL	-0.117		DF	0.037
	R2	-0.117		F2	0.035
Ca	SH	0.113	TDS	F2	-0.718
	F2	-0.482		IF	0.431
	R2	-0.339		BL	-0.411
	BL	-0.224		R2	-0.41
SO <sub>4</sub>	F1	-0.219	F2	IF	-0.468
	R2	0.083		R2	0.31
	R3	-0.046		IF	-0.253
	BL	0.039		R2	-0.222
	F2	0.035		BL	0.221
	DF	0.031		SH	
	ST	0.021			

به طور کلی در مناطق میانگیر ۳۰ تا ۶۰ متر، پوشش مراتع نیمه متراکم (R2)، اراضی زراعت آبی و باغات (IF) و پوشش جنگلی نیمه انبوه (F2) دارای بیشترین حساسیت در ارتباط با مدل‌های رگرسیونی داشتند و این متغیرها بیشترین تأثیر را در تغییرپذیری متغیرهای وابسته مدل دارند.

#### ۴- بحث و نتیجه گیری

استفاده از پوشش کاربری سرزمین کل حوضه و به کارگیری مناطق میانگیر ممکن است به عنوان گزینه‌ای برای مدل‌سازی ارتباط بین کاربری سرزمین و کیفیت آب رودخانه مورد توجه قرار گیرد. لازم به ذکر است که مدل‌های رگرسیون توسعه یافته ممکن است تحت تأثیر نوسانات سالانه شرایط هیدرولوژیکی قرار نگیرند؛ زیرا میانگین غلظت سالانه همه متغیرهای کیفیت آب رودخانه برای توسعه مدل‌های رگرسیون برای پیش‌بینی متغیرهای کیفیت آب در منطقه مورد استفاده قرار می‌گیرد (Amiri and Nakane, 2008). اگر چه مدل‌های رگرسیون چندگانه در این مطالعه یک ضریب تعیین در یک سطح متوسط ( $0/8 < r^2 < 0/5$ ) است و محدود به حوضه‌هایی هستند که مساحت آن‌ها کوچک تا متوسط است؛ زیرا تغییرات محلی ممکن است نقش مهمی در حوضه‌های کوچکتر ایفا کنند که این تغییرات را نمی‌توان در مقیاس بزرگ شناسایی کرد.

#### ۵- مراجع

- Ahearn D S, Sheibley R W, Dahlgren R A, Anderson M, Johnson J, & Tate K W (2005) Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. *Journal of Hydrology* 313(3-4):234-247
- Amiri B J, Nakane K (2006) Modeling the relationship between land use and river water quality in the Yamaguchi Prefecture of Japan. *Journal of Ecology and Field Biology* 29(4):343-352
- Amiri B J & Nakane K (2008) Entire catchment and buffer zone approaches to modeling linkage between river water quality and land cover - A case study of Yamaguchi Prefecture, Japan. *Chinese Geographical Science* 18(1):85-92
- Amiri B J (2017) Environmental modeling. University of Terhran Press 3883:83-87 (In Persian)
- Basnyat P, Teeter L D & Flynn K M (1999) Relationships between landscape characteristics and nonpoint source pollution inputs to coastal estuaries. *Environmental Management* 23(4):539-549
- Chen L, Fu B & Zhang S (2002) A comparative study on nitrogen-concentration dynamics in surface water in a heterogeneous landscape. *Environmental Geology* 42:424-432
- Chen J & Lu J (2014) 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* 9(8):1-12
- Dai X, Zhou Y, Ma W & Zhou L (2017) Influence of spatial variation in land-use patterns and topography on water quality of the rivers inflowing to Fuxian Lake , a large deep lake in the plateau of southwestern China. *Ecological Engineering* 99:417-428
- Dawson C W, Abrahart R J & See L M (2007) HydroTest: a web-based toolbox of evaluation metrics for the standardised assessment of hydrological forecasts. *Environmental Modelling & Software* 22(7):1034-1052
- Gluckov A & Shtirts Y (2015) Interaction between habitat characteristics and insect diversity using ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and Ants (Hymenoptera: Formicidae) within a variety of agricultural habitats. *Applied and Environmental Research* 13(3):819-831
- Haidary A, Amiri B J, Adamowski J, Fohrer N & Nakane K (2013) Assessing the impacts of four land use types on the water quality of wetlands in Japan. *Water Resources Management* 27(7):2217-2229
- Hamby D M (1994) A review of techniques for parameter sensitivity analysis o f environmental models. *Environmental Monitoring and Assessment* 32(2):135-154
- Jarvie H P, Oguchi T & Neal C (2002) Exploring the linkage between river water chemistry and watershed characteristics using GIS-based catchment and locality analyses. *Regional Environment Change* 3:36-50
- Jones K B, Neale A C & Nash M S (2001) Predicting nutrient and sediment loadings to streams from landscape metrics: A multiple watershed study from the United States Mid-Atlantic Region. *Landscape Ecology* 16:301-312
- Johnson L B, Richards C & Host G E (1997) Landscape influences on water chemistry in midwestern stream ecosystems. *Freshwater Biology* 37(1):193-208
- Norum F (2003) Figures reproduced from: Cohen J, Cohen P, West SG, & Aiken LS (2003) Applied multiple regression/correlation analysis for the behavioral sciences (3rd ed.). Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 691p
- Norton M M & Fisher T R (2000) The effects of forest on stream water quality in two coastal plain watersheds of the Chesapeake Bay. *Ecological Engineering* 14:337-362
- Li K, Chi G, Wang L, Xie Y, Wang X & Fan Z (2018) Identifying the critical riparian buffer zone with the strongest linkage between landscape characteristics

- Tong S T Y & Chen W (2002) Modeling the relationship between land use and surface water quality. *Journal of Environmental Management* 66(4):377-393
- Tromboni F (2017) Relationships between land use and stream nutrient concentrations in a highly urbanized tropical region of Brazil: Thresholds and Riparian Zones. *Environ Manage* 60(1):30-40
- Zare A, Saad al-din A & Mahini A (2012) Investigation spatial and temporal relationship between land use / land cover and surface water quality of Chehelchai Golestan province. *Iran Water* 10(6) (In Persian)
- Zhou T, Wu J & Peng S (2012) Assessing the effects of landscape pattern on river water quality at multiple scales: a case study of the Dongjiang River watershed, China. *Ecological Indicators* 23:166-175
- Wantzen K & Mol J (2013) Soil erosion from agriculture and mining: A threat to tropical stream ecosystems. *Agriculture* 3:660-683
- and surface water quality. *Ecol Indic* 93(May):741-52
- Li S & Zhang Q (2008) Geochemistry of the upper Han River Basin, China, 1: spatial distribution of major ion compositions and their controlling factors. *Appl Geochem* 23(12):3535-3544
- Pratt B & Chang H (2012) Effects of land cover, topography, and built structure on seasonal water quality at multiple spatial scales. *J Hazard Mater* 209-210:48-58
- Sangani M H, Amiri B J, Ashrafi S (2015) Modeling relationships between catchment attributes and river water quality in southern catchments of the Caspian Sea. *Environmental Science and Pollution Research* 22:4985-5002
- Sliva L, Williams D D (2001) Buffer zone versus entire catchment approaches to studying land use impact on river water quality. *Water Research* 35(14):3462-3472