ارزیابی کیفیت آب سطحی تحت تاثیر تغییرات کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز مهاباد چای)

جواد اکبری[۱] مجید کاظم‌زاده*[۲] حسن علی‌پور[۳]
۱و۳- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی آبخیز- آب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۲- دانش آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیز - آب، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱
تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۰

چکیده

چالش‌های جهانی سال‌های اخیر از جمله خشکسالی، تغییرات اقلیم، تخریب اراضی، تغییرات کاربری اراضی نه تنها کمیت منابع آب سطحی و زیرزمینی قابل استفاده را تحت تاثیر قرار داده‌اند، بلکه کیفیت آب سطحی و زیرزمینی را نیز متاثر نموده‌اند. بدین منظور برای بررسی تغییرات کاربری اراضی بر کیفیت آب سطحی به ترتیب، تصاویر ماه جولای TM ماهواره لندست ۵ و داده‌های کیفیت آب ماه مذکور برای سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱ تهیه گردید. برای تهیه و پردازش نقشه کاربری اراضی از الگوریتم حداکثر احتمال در محیط نرم افزار ENVI 4.8 و نرم افزار Arc GIS9.3 استفاده شد. همچنین جهت میزان تفکیک‌پذیری کاربری‌ها از شاخص جفریس ماتوسیتا و میزان دقت طبقه‌بندی از شاخص‌های ضریب کاپا و صحت کلی استفاده شد. نتایج نشان داد که مقادیر ضرایب کاپا و صحت کلی به ترتیب برای سال ۱۹۹۲، ۸۴/۲۳ و ۸۷/۷۲ درصد بوده و برای سال ۲۰۱۱، ۹۳/۸۴ و ۹۵/۵۵ درصد بوده است. بیشترین تغییرات کاربری اراضی مربوط به کشاورزی دیم و کاربری مسکونی بوده که به ترتیب ۱/۴۶ و ۲/۴۵ برابر افزایش یافته است. نتایج پارامترهای کیفیت آب نشان داد که مقادیر تغییرات هدایت الکتریکی (EC) و مجموع بار انحلالی (TDS) در طی دوره مورد مطالعه افزایش یافته است و همچنین مقادیر آنها در ایستگاه گرده یعقوب (خروجی حوضه) نسبت به ایستگاه کوتر (در بالا دست حوضه) بیشتر بوده است. دلیل این موضوع را می‌توان به عبور رودخانه مهاباد چای در فاصله بین ایستگاه کوتر و گرد یعقوب از داخل شهر مهاباد و زمین‌های کشاورزی پایین‌دست دانست. می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات کاربری اراضی نقش اساسی در تغییر پارامترهای کیفیت آب سطحی منطقه داشته است و باعث کاهش کیفیت آب رودخانه مهاباد چای طی دوره ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۱ شده است.

واژه‌های کلیدی: پارامترهای کیفیت آب، تصاویر ماهواره، ENVI 4.8، ضریب کاپا

مقدمه

برای مدیریت پایدار منابع طبیعی و محیط‌زیست تهیه نقشه کاربری اراضی ضروری می‌باشد (جلیلی، ۱۳۸۹). نقشه کاربری اراضی نمایانگر شرایط فعلی و توزیع جغرافیایی نحوه استفاده انسان از زمین در فعالیت‌های کشاورزی، مرتع‌داری، شهرسازی و ... می‌باشد (Swain & Davis, 1978). کاربری اراضی در مفهوم کلی آن به نوع استفاده از زمین در وضعیت موجود گفته می‌شود که در برگیرنده تمامی کاربری‌ها در بخش‌های مختلف کشاورزی، منابع طبیعی و صنعت می‌شود به عبارت دیگر شامل تمام فعالیت‌های موجود در منطقه یا ناحیه مانند یک حوضه آبخیز در روی زمین و تخصیص اراضی به فعالیت‌های زراعی، دیم و آبی، مناطق مسکونی، جنگل، مرتع، معدن، تأسیسات صنعتی و همانند آن است (احمدی، ۱۳۷۴). تغییرات کاربری اراضی تأثیر چشم‌گیری بر کیفیت آبهای سطحی می‌تواند داشته باشد، که با توجه به چگونگی تغییرات، به دو صورت کاهش یا به بود کیفیت آب تأثیر خود را اعمال می‌کند. تغییر الگوهای کاربری

[1]* نویسنده مسئول: مجید کاظم زاده Mkazemzadeh@ut.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

زمین، عمدتاً می‌تواند فواید اقتصادی اجتماعی زیادی را ایجاد نماید. با این حال، این تغییرات اثرات نامطلوب زیادی را نیز می‌تواند به محیط‌زیست طبیعی وارد سازد (Lu et al., 2004). تبدیل اراضی کشاورزی، جنگل‌ها، علفزارها و تالابها به مناطق شهری همراه با افزایش سریع و گسترده سطوح غیرقابل نفوذ، شرایط هیدرولوژیکی طبیعی حوضه آبخیز را تغییر می‌دهد. نتیجه این تغییر، به طور کلی در افزایش حجم و مقدار رواناب سطحی، کاهش ذخیره آب زیرزمینی، کاهش جریان پایه، کاهش کیفیت آب در رودخانه‌ها و آب‌های کم‌عمق منعکس می‌شود (Dabboor et al., ؛Engle et al., 2003 2014).

Carlson (2000) در تحقیقی با استفاده از تصاویر TM و AVHRR در شمال شرق آمریکا به بررسی تغییرات کاربری اراضی پرداخته است. در این تحقیق اراضی منطقه بر اساس طبقه بندی نظارت شده به ۴ طبقه (مناطق مسکونی، اراضی جنگلی، اراضی کشاورزی، و آب) تقسیم بندی شده است که نتایج نشان دهنده افزایش اراضی مسکونی و کاهش اراضی کشاورزی بوده است. Tong و همکاران (2002) مطالعه‌ای با عنوان مدلسازی رابطه بین کاربری زمین و کیفیت آب سطحی انجام دادند که نتایج نشان داد با افزایش وسعت اراضی کشاورزی، پارامترهای کیفیت آب کاهش داشته و رابطه بین افزایش سطح اراضی جنگلی با مقادیر مشخصه‌های کیفیت آب عکس می‌باشد. تحقیقی که توسط Hassler (2004) در ایالت کالیفرنیا انجام شد نشان می‌دهد که آب رودخانه‌های این ایالت تحت تاثیر توسعه کشاورزی و فعالیت‌های دامداری و دامپروری آلوده گردیده، به طوری که این اقدامات باعث کاهش کیفیت آب اکثر روخانه‌ها در این ایالت شده است. Ngoye و John (2004) در پژوهشی که در حوضه رودخانه روو در تانزانیا انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که مقدار هدایت الکتریکی و TDS آب در مناطق شهری و کشاورزی به علت ورود نمک‌های محلول از مناطق شهری و کشاورزی در مقایسه با سایر کاربری‌ها بیشتر می‌باشد.

مطالعه دیگری توسط Saadat و همکاران (2011) به منظور تعیین کاربری اراضی با دقت بالا با الگوریتم حداکثر شباهت برای حوضه سد گلستان انجام شد. آنها در مطالعه خود با استفاده از تحلیل تصاویر ماهواره لندست در سه تاریخ مجزا نشان دادند که ETM+ سنجنده تصویر کاربری اواخر تابستان به ترین نتایج را با دقت کلی 95 درصد دارد. در مطالعه‌ای توسط فلاح و فاخران (۱۳۹۴) کاربری اراضی تالاب انزلی در محیط Arc GIS تعیین و با اندازه گیری پارامترهای کیفی آب، اثر تغییر کاربری اراضی روی کیفیت آب در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۲ بررسی گردیده است. نتایج حاکی از تبدیل شدن بخش زیادی از مساحت کاربری جنگل به کشاورزی و پوشش گیاهی سطح آب و کناره آب و شهر طی این سالها است. در مطالعه‌ای که در حوضه رودخانه جونگجیانگ[۲] با استفاده از فن سنجش از دور و تکنیک‌های آماری چند متغییره توسط Ding و همکاران (2015) انجام گردیده، سه کاربری جنگل، شهری و کشاورزی در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داد که با افزایش مناطق شهری و جنگلی پارامترهای کیفیت آب تغییرات معنی داری از خود نشان می‌دهند. باطنی و همکاران (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای به منظور بررسی اثر الگوی مکانی و تغییرات کاربری اراضی کشاورزی، شهری، شهرک ها و مناطق صنعتی، بر کیفیت آب رودخانه زاینده رود به این نتیجه رسیدند که کیفیت آب رودخانه زاینده رود به طور قابل توجهی از مساحت و الگوی مکانی مناطق شهری متاثر شده است. افزایش مناطق صنعتی اثر منفی بر کیفیت آب بالاخص TDS و COD داشته است.

دریاچه ارومیه به عنوان یکی از بزرگترین دریاچه‌های ایران و جزء تالاب‌های بین المللی تحت کنوانسیون رامسر می-باشد که اهمیت بسیاری در بخش‌های اقتصادی، اجتماعی، گردشگری و محیط زیستی کشور دارد (Tong & Chen, 2002). با توجه به اهمیت و شرایط کنونی حوضه آبخیز دریاچه ارومیه، هدف از پژوهش حاضر، مطالعه تغییرات پارامترهای کیفیت آب سطحی تحت تاثیر تغییرات کاربری اراضی حد فاصل دو مقطع زمانی ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱ میلادی در حوضه آبخیز مهاباد چای (زیر حوضه جنوبی دریاچه ارومیه) می‌باشد.

2 -Dongjiang River

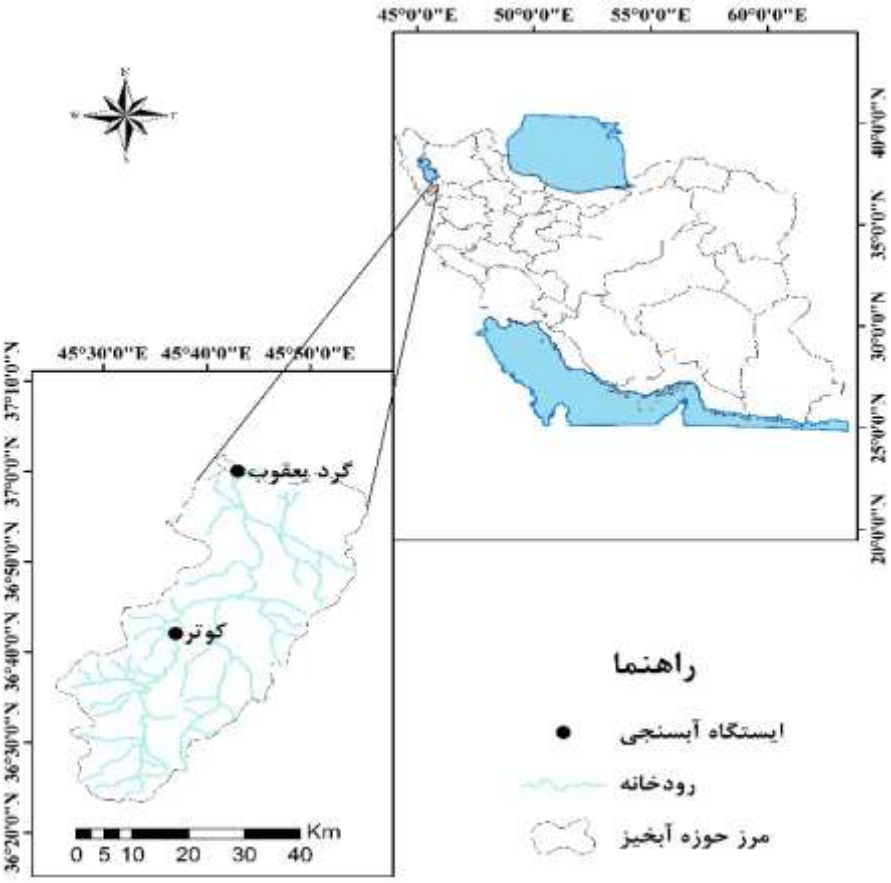
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

رودخانه مهاباد چای از رودخانه‌های مهم و پر آب حوضه آبخیز دریاچه ارومیه می‌باشد که در شهرستان مهاباد و در جنوب غربی حوضه آبخیز دریاچه ارومیه جریان دارد و این منطقه از نظر توپوگرافی بسیار متغیر و کوهستانی می‌باشد. این حوضه در محدوده جغرافیایی "۳۰ '۲۳ °۳۶ تا "۳۶ '۱۰ °۳۷ عرض شمالی و "۵۰ '۲۶ °۴۵ تا "۵۰ '۵۵ °۴۵ طول شرقی قرار دارد و مساحت آن ۱۵۰۶۸۸/۹۶ هکتار می‌باشد. در این تحقیق از داده‌های کیفیت آب دو ایستگاه گرد یعقوب و کوتر استفاده شد که موقعیت این دو ایستگاه در حوضه آبخیز مهاباد چای در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های آبسنجی مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز مهاباد چای از تصاویر TM ماهواره لندست ۵ به شماره گذر ۱۶۸ و ردیف ۳۴ و ۳۵ استفاده گردید و نهایتا تصاویر مذکور در تاریخ ۱۶ جولای ۱۹۹۲ (برابر با ۲۷ تیر ماه ۱۳۷۱) و ۵ جولای ۲۰۱۱ (۱۴ تیر ماه ۱۳۹۰ شمسی) استفاده شد. به منظور تحلیل و ارزیابی نتایج کیفیت آب با تغییرات کاربری اراضی حوضه آبخیز مهاباد چای از داده‌های کیفیت آب دو ایستگاه کوتر و گرد یعقوب در سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱ استفاده شد که داده‌های مذکور از شرکت مدیریت منابع آب ایران تهیه گردیده است.

طبقه‌بندی تصاویر

جهت پردازش تصاویر ماهواره‌ای و طبقه بندی تصاویر و تبدیل فرمت لایه‌ها و تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از نرم افزارهای Arc GIS و ENVI 4.8 استفاده شد. همچنین از نرم افزار Google Earth Pro 7.0.3.8542 برای برداشت نقاط

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

کنترلی زمینی استفاده گردید. در این راستا ابتدا به منظور کنترل کیفیت داده‌ها و آگاهی از وجود خطاهای اتمسفری، هندسی و رادیومتری داده‌ها مورد بررسی اولیه قرار گرفتند (Dellepiane & Smith, 1999) و پس از انتخاب نمونه‌های تعلیمی از تصاویری که با آزمون تجزیه به مولفه‌های اصلی[۳]، تجزیه شده بودند، سه باند اصلی به عنوان بهترین باند انتخاب شدند.

میزان تفکیک‌پذیری کاربری‌ها نیز با استفاده از شاخص فاصله جفریس ماتوسیتا[۴] ارزیابی شد (عرفانی‌فرد، ۱۳۹۳). معیار تفکیک‌پذیری جفریس ماتوسیتا (JM) به طور گسترده‌ای به عنوان یک معیار در تشخص الگو و انتخاب یک خصوصیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. این معیار بین دو کلاس w_i و w_j که هر دو عضوی از مجموعه کلاس C (i,j= 1,2,…,C,i≠j) هستند به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود (عدلی و همکاران، ۱۳۹۳):

$$J_{ij} = 2(1 - e^{-dij}) \quad (۱)$$

که در آن d_{ij} فاصله باتاچاریا[۵] بین کلاس w_i و w_j می‌باشد که به صورت رابطه (۲) تعریف می‌شود (Nielsen, 2014، سفانیان و خداکرمی، ۱۳۹۰):

$$d_{ij} = -Ln\left\{\int \sqrt{P\left(\frac{x}{w_i}\right)P\left(\frac{x}{w_j}\right)dx}\right\} \quad (۲)$$

که در آن $P(x/w_i)$ و $P(x/w_j)$ به ترتیب تابع چگالی احتمال شرطی متغیر تصادفی x، با توجه به داده‌های کلاس w_i و w_j هستند. در نهایت جهت طبقه بندی تصاویر از الگوریتم طبقه بندی نظارت شده و روش حداکثر احتمال در محیط نرم افزار ENVI استفاده گردید.

صحت سنجی نقشه‌ها

بررسی صحت، سنجش میزان مطابقت نقشه حاصل از طبقه‌بندی با واقعیت زمینی می‌باشد (فلاح و عرفانی، ۱۳۹۴ ;Lefsky & Cohen, 2003). رایج‌ترین اجزای ارزیابی و بررسی صحت شامل صحت تولید کننده، صحت کاربر، صحت کلی و ضریب آماره کاپا می‌باشد (Foody, 1992; Lim et al., 2001). در صحت کلی که یک معیار ارزش گذاری صحت طبقه بندی است با استفاده از ماتریس درهمی پیشنهادی Dellepiane و Smith (1999) که از مجموع پیکسل‌های صحیح طبقه بندی شده تمامی طبقات به مجموع پیکسل‌های تصویر استفاده می‌شود و در نتیجه این معیار فقط به عنوان صحت کلی لایه تولید شده خواهد بود. ضریب آماره کاپا نیز از معیارهای ارزیابی صحت نقشه است (Stehman, 2004، Dabboor et al., 2014) که این ضریب نشان دهنده توافق حاصل طبقه بندی با واقعیت زمینی می‌باشد و بین صفر تا 1 متغیر است. عدد یک نشان دهنده توافق 100 درصد لایه طبقه بندی شده با واقعیت زمینی می‌باشد (Dabboor et al., 2014 ;Stehman, 2004).

به منظور بررسی صحت نقشه‌های تهیه شده در تحقیق حاضر از دو روش صحت کلی (فلاح و فاخران، ۱۳۹۴) و ضریب کاپا (Dabboor et al., 2014) استفاده گردید به صورت روابط (۳) و (۴) می‌باشد:

$$OA = \frac{1}{N\left(\sum P_{ii}\right)} \quad (۳)$$

$$K = \frac{\left(OA - \frac{1}{q}\right)}{\left(1 - \frac{1}{q}\right)} \quad (۴)$$

3- Principal Component Analysis(PCA)
4- Jeffries-Matusita
5- Bhattacharyya

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

که در آن OA، صحت کلی، N تعداد کل پیکسل‌های آزمایشی، ΣP_{ii} مجموع پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده و K ضریب کاپا می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج صحت سنجی

نتایج طبقه بندی تصاویر با توجه به نمونه‌های تعلیمی آزمایش جفریس ماتوسیتا نشان داد که اراضی مرتعی با کشاورزی دیم و کشاورزی آبی دارای همبستگی کم و بقیه نمونه ها عدم همبستگی در تمامی باندها داشتند که نشان دهنده مناسب بودن سه باند انتخابی برای طبقه بندی کاربری اراضی بودند. با این وجود ارزش و قابلیت استفاده از هر نقشه تولیدی، به میزان صحت آن بستگی دارد. در همین راستا نقشه‌ای موضوعی که از داده‌های واسنجی استخراج می‌شوند همواره دارای صحتی بالا و یکسان نخواهند بود، لذا ضروری است که صحت آنها برآورد گردد (Smith, 1999 & Dellepiane). نتایج صحت سنجی نقشه‌های تولید شده در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱): ضریب کاپا و صحت کلی نقشه‌های تولیدی برای دو دوره مطالعاتی

نقشه تولیدی	ضریب کاپا	صحت کلی
نقشه تولیدی سال ۱۹۹۲	۸۴/۲۳	۸۷/۷۲
نقشه تولیدی سال ۲۰۱۱	۹۳/۸۴	۹۵/۵۵

همان طور که در جدول (۱) مشخص است صحت کلی ضریب کاپا برای نقشه‌های کاربری تهیه شده در سال ۲۰۱۱ بیشتر از صحت کلی و ضریب کاپای نقشه تولید شده برای سال ۱۹۹۲ می‌باشد.

جدول (۲) دقت تولید کننده و کاربر برای تصویر طبقه بندی شده برای هر دو دوره ۱۹۹۲و ۲۰۱۱ و طبقات مختلف طبقه بندی را نشان می‌دهد.

جدول (۲): نتایج صحت کاربر و تولید کننده طبقات مختلف ارضی‌های تهیه شده

سال / طبقات اراضی	۱۹۹۲		۲۰۱۱	
	صحت تولید کننده	صحت کاربر	صحت تولید کننده	صحت کاربر
مرتع	۸۷/۲۳	۷۴/۵۵	۹۵/۲۴	۷۸/۹۵
کشاورزی آبی	۹۳/۷۵	۸۳/۳۳	۹۶/۲۰	۱۰۰
کشاورزی دیم	۶۲/۵۰	۹۳/۷۵	۶۶/۶۷	۹۰/۳۲
مسکونی	۸۸/۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
آب	۹۷/۶۷	۱۰۰	۱۰۰	۹۹/۵۰

همچنان که جدول (۲) نشان می‌دهد بیشترین دقت تولید کننده در سال ۱۹۹۲ مربوط به پهنه سطح آب بوده و برابر با ۹۷/۶۷ می‌باشد و در سال ۲۰۱۱ مربوط به کاربری مسکونی و آب بوده و برابر با ۱۰۰ می‌باشد بیشتر دقت کاربر نیز در سال ۱۹۹۲ مربوط به کاربری آب و مسکونی و در سال ۲۰۱۱ مربوط به کاربری مسکونی می‌باشد که حاکی از همگنی نسبی دو کاربری مربوط به طبقه سطح آب و مسکونی است.

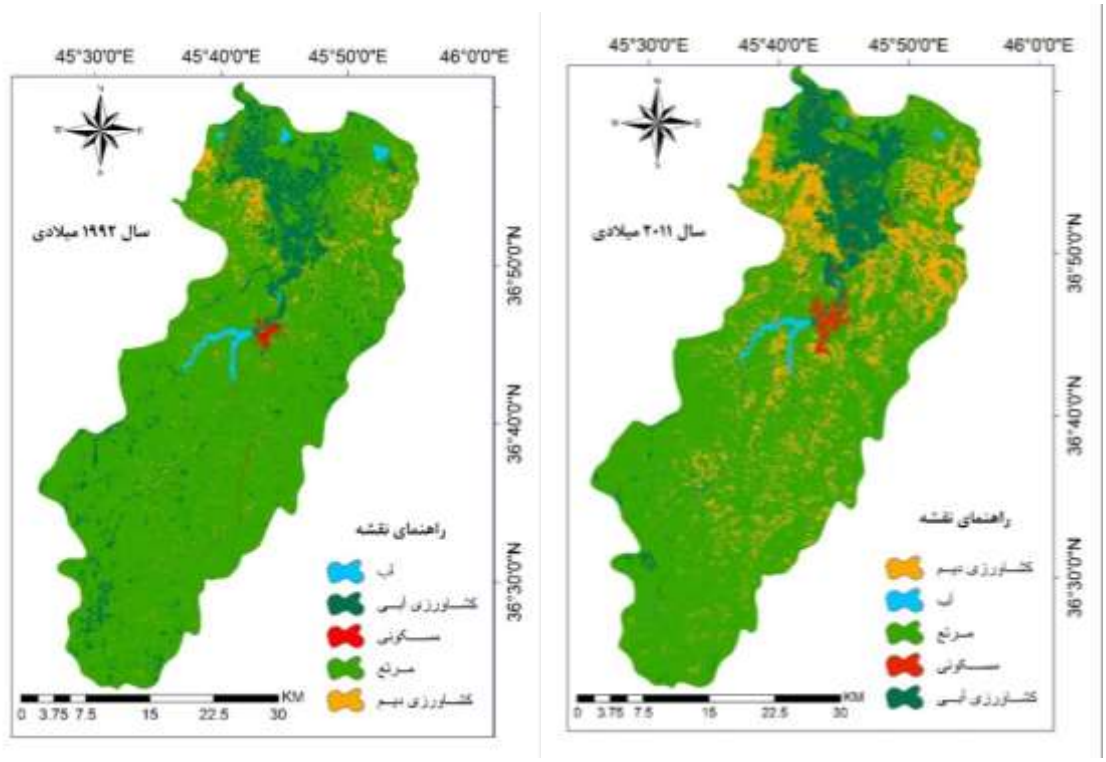
در بعضی موارد صحت طبقه بندی انجام شده کمتر از صحت طبقه‌بندی مورد استفاده کاربر است (مانند"کشاورزی دیم") در هر دو دوره‌ی طبقه بندی در جدول (۲) در حالی که مفهوم دو شاخص صحت تولید کننده و کاربر برعکس

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

این موضوع است عرفانی فرد (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای که به ارزیابی روش‌های طبقه بندی پیکسل- پایه روی تصاویر هوایی پرداخته است نتایج حاکی از این بود که صحت طبقه بندی انجام شده در برخی طبقات در هر سه روش مورد مطالعه کمتر از صحت طبقه بندی کاربر بوده است.

نتایج تغییرات کاربری اراضی طی سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱

اطلاعات مستخرج از نقشه کاربری اراضی برای دو مقطع زمانی ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱ در شکل (۲) و جدول (۳) ارائه شده است.



شکل (۲): نقشه‌های کاربری اراضی تهیه شده برای دو مقطع زمانی ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱

جدول (۳): مساحت طبقات کاربری‌های اراضی طی سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱

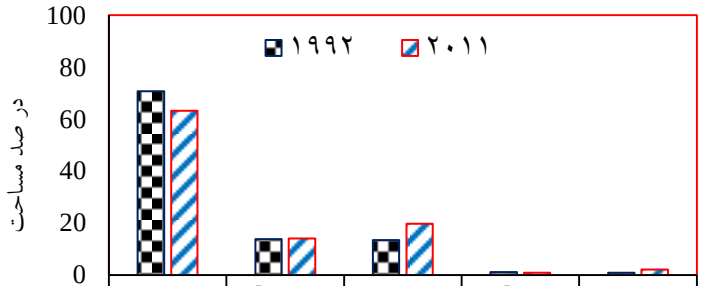
سال / طبقات	۱۹۹۲		۲۰۱۱	
	مساحت هر طبقه (هکتار)	درصد مساحت	مساحت هر طبقه (هکتار)	درصد مساحت
مرتع	۱۰۶۴۸۸/۶	۷۰/۶۷	۹۵۲۷۴/۵	۶۳/۲۳
کشاورزی آبی	۲۰۸۰۴/۳۵	۱۳/۸۱	۲۱۲۵۰/۸۷	۱۴/۱۰
کشاورزی دیم	۲۰۳۲۵/۵۷	۱۳/۴۹	۲۹۶۸۳/۶۶	۱۹/۷۰
مسکونی	۱۴۰۵/۴	۰/۹۳	۳۱۵۷/۹	۲/۰۹
آب	۱۶۶۱/۵	۱/۱۰	۱۳۲۱/۶	۰/۸۸
کل	۱۵۰۶۸۵/۵	۱۰۰	۱۵۰۶۸۵/۵	۱۰۰

نتایج نشان داد که کاربری‌های غالب منطقه مورد مطالعه مرتع، کشاورزی آبی و کشاورزی دیم بوده است. به طوری که در سال ۱۹۹۲ کاربری مرتع با ۷۰/۶۷ درصد (بیشترین مساحت حوضه آبخیز) و کشاورزی دیم و آبی به ترتیب ۱۳/۸۱ و ۱۳/۴۹ درصد از سطح حوضه را شامل شدند. همچنین نتایج نقشه‌های کاربری اراضی در منطقه نشان داد که

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

طی سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱ مساحت مراتع و پیکره‌های آبی کاهش و کشاورزی (آبی و دیم) و مناطق مسکونی افزایش یافته است. به عبارتی بیشترین تغییرات کاربری اراضی مربوط به کشاورزی دیم و مراتع بوده که به ترتیب طی سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱ سطح مراتع ۱۱۲۱۴/۱۳ هکتار (۷/۴۴ درصد از مساحت کل) کاهش و کشاورزی دیم ۹۳۵۸/۰۹ هکتار (۶/۲۱ درصد از مساحت کل) افزایش را نشان می‌دهد (شکل ۳). بنابراین می‌توان گفت طی ۲۰ سال گذشته سطح اراضی کشاورزی دیم تقریبا ۱/۴۶ برابر افزایش داشته است که این افزایش با کاهش سطح مراتع همراه بوده است و همچنین می‌توان گفت که تبدیل کاربری از مرتع به کشاورزی دیم با شدت بسیار زیادی در این حوضه آبخیز صورت گرفته است. از طرفی دیگر سطح اراضی مسکونی با ۲/۴۵ برابر افزایش از ۱۴۰۵/۴ هکتار به ۵۴۳۱/۹ هکتار رسیده است. فلاح و فاخران (۱۳۹۴) اثر تغییر کاربری اراضی روی کیفیت آب را در طی دو دوره سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۹۲ در تالاب بندر انزلی مورد مطالعه قرار داد. نتایج حاکی از تبدیل شدن بخش زیادی از مساحت کاربری جنگل به کشاورزی، پوشش گیاهی سطح و شهر طی این سال‌ها است. نصرالهی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تاثیر روند تغییرات کاربری اراضی/ پوشش گیاهی بر وضعیت منابع آب زیر زمینی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در دشت گیلان غرب در سه دوره ۱۳۶۴، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۹ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که کاربری‌های مربوط به کشاورزی آبی و دیم افزایش و کاربری‌های مربوط به جنگل و مرتع کاهش داشته است.

گستره سطح آب در حوضه آبخیز مهاباد چای از ۱۶۶۱/۵ هکتار به ۱۳۲۱/۶ هکتار در سال ۲۰۱۱ رسیده است که بنظر می‌رسد عمده‌ترین دلیل این کاهش ۳۳۹/۹ هکتاری می‌تواند خشک شدن تالاب‌ها و آبگیرهای اطراف دریاچه ارومیه در طی سال‌های اخیر باشد. همان طور که در شکل (۲) نیز ارائه شده کاهش سطح این آبگیرها به خوبی مشهود است. جهان شکیب و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی تغییرات کاربری زمین و تغییر اقلیم در سیمای سرزمین تالاب چغاخور با تاکید بر آثار محیط زیستی آن در دوره ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ پرداختند. در طبقه بندی تصاویر از روش نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد. پردازش اطلاعات در این دوره زمانی حاکی از افزایش سطح اراضی زراعی و مسکونی به ترتیب ۱۸ و ۲۶/۳ درصد و کاهش سطح آب و مرتع به ترتیب ۵۱/۴ و ۴/۲ درصد را گزارش کرده‌اند. نتایج تحقیق حاضر با نتایج جهان شکیب و همکاران (۱۳۹۳)، نصرالهی و همکاران (۱۳۹۳) و فلاح و فاخران (۱۳۹۴) مطابقت دارد. بنابراین همان طور که نتایج تحقیق حاضر نشان داد که طی ۲۰ سال گذشته (۱۹۹۲ تا ۲۰۱۱) اراضی مسکونی بیش از دو برابر افزایش داشته است و در این راستا در بیشتر مناطق دنیا، کاربری شهری یکی از منابع مهم آلودگی غیر نقطه‌ای گزارش شده است (Lu et al., 2004).



	مرتع	کشاورزی آبی	کشاورزی دیم	سطح آب	مسکونی
1992	70/67	13/81	13/49	1/10	0/93
2011	63/23	14/10	19/70	0/88	2/09

شکل (۳): تغییرات کاربری‌های اراضی مختلف طی دو دوره مورد مطالعه

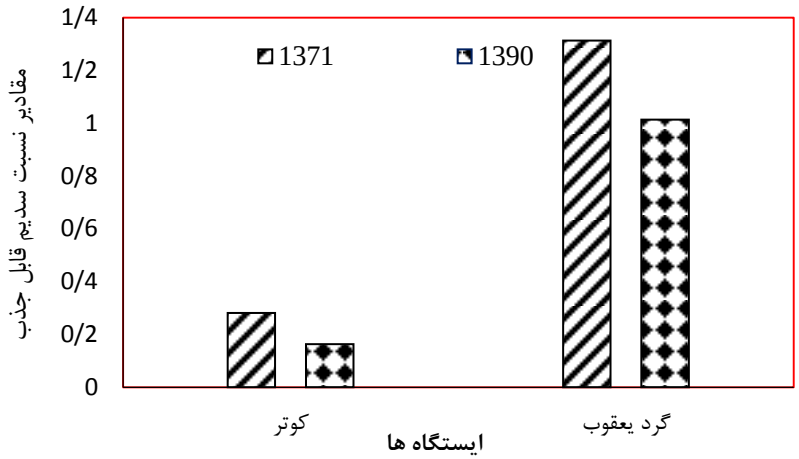
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

ارتباط تغییرات کاربری اراضی با تغییرات پارامترهای کیفیت آب

ارتباط و نتایج تغییرات پارامترهای کیفیت آب سطحی تحت تاثیر تغییرات کیفیت آب به ترتیب در شکل‌های (۴) تا (۸) ارایه شده است.

نسبت سدیم قابل جذب (SAR)

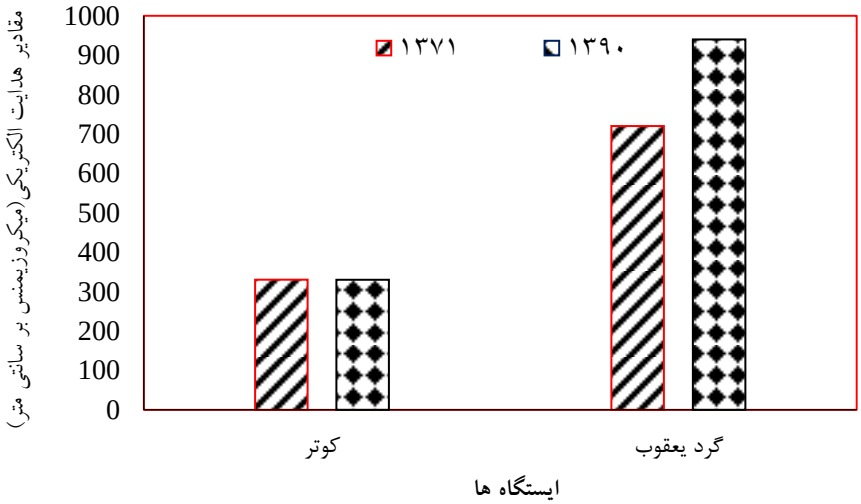
تغییرات نسبت سدیم قابل جذب (SAR) حاکی از کاهش مقدار آن در هر دو ایستگاه مورد مطالعه در دو مقطع زمانی مطالعاتی داشته است (شکل ۴).



شکل (۴): نمودار تغییرات سدیم قابل جذب (SAR)

هدایت الکتریکی (EC)

مقادیر هدایت الکتریکی (EC) در طول دوره مورد مطالعه در ایستگاه کوتر تقریبا ثابت بوده ولی در ایستگاه گرد یعقوب افزایش یافته است (شکل ۵).

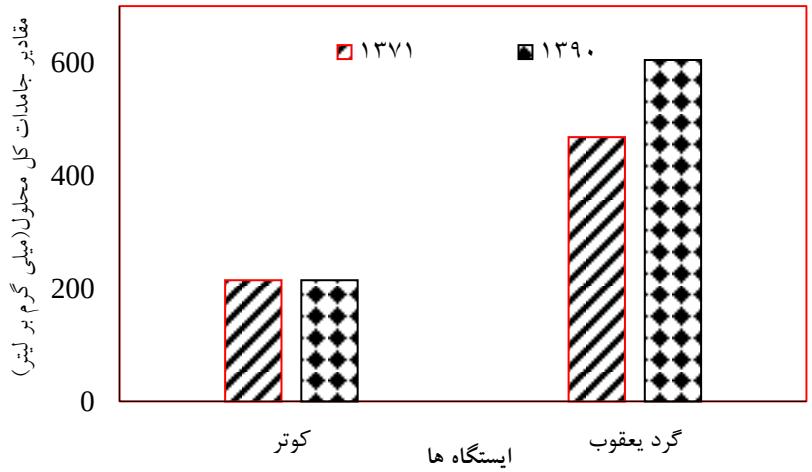


شکل (۵): نمودار تغییرات هدایت الکتریکی (EC)

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

مجموع بار انحلالی (TDS)

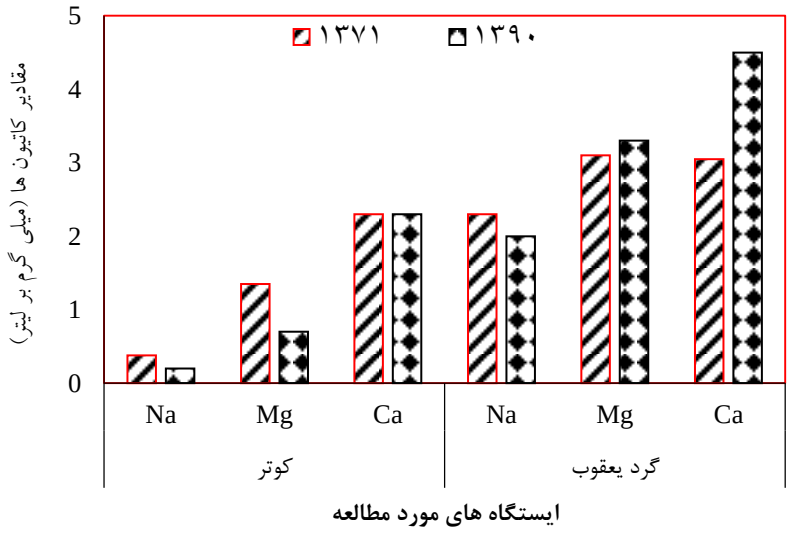
مقادیر کل جامدات محلول (TDS) در دو مقطع زمانی در ایستگاه گرد یعقوب افزایش و در ایستگاه کوتر ثابت بوده است (شکل ۶).



شکل (۶): نمودار تغییرات مقادیر کل جامدات محلول (TDS)

کاتیون‌ها

کاتیون‌های مورد مطالعه شامل کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg) و سدیم (Na) می‌باشد، که در طی دوره زمانی مورد مطالعه مقادیر سدیم در هر دو ایستگاه کاهش و مقادیر منیزیم در ایستگاه کوتر کاهش ولی در ایستگاه گرد یعقوب افزایش یافته است این در حالی است که مقادیر کلسیم در ایستگاه کوتر ثابت ولی در ایستگاه گرد یعقوب افزایش یافته است. به طور کلی مقادیر کاتیون‌ها در ایستگاه گرد یعقوب که تقریبا در خروجی حوضه قرار دارد نسبت به ایستگاه کوتر که در بالا دست حوضه می‌باشد بیشتر است (شکل ۷).

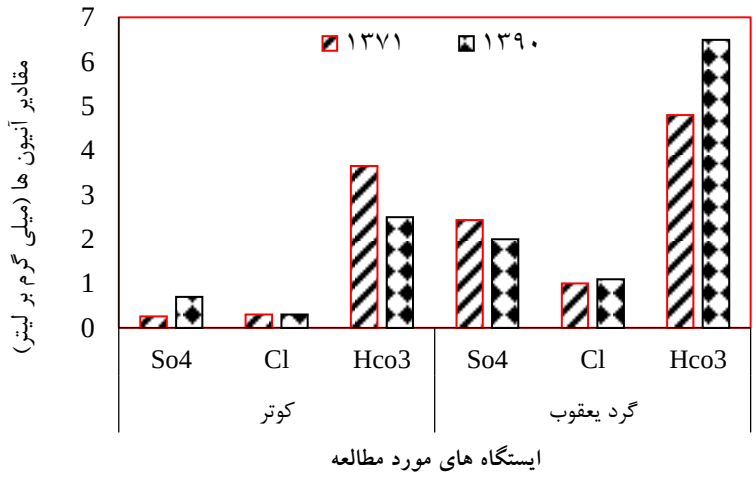


شکل (۷): نمودار تغییرات کاتیون ها در مقطع زمانی و ایستگاه‌های مورد مطالعه

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

آنیون‌ها

مهمترین آنیون‌ها موجود در رودخانه مهاباد چای می‌توان به بی‌کربنات (HCo_3)، سولفات (So_4) و کلرورها (Cl) اشاره کرد، که در طی دوره زمانی مورد مطالعه مقادیر سولفات در ایستگاه کوتر افزایش و در ایستگاه گرد یعقوب کاهش یافته، مقادیر کلرور در ایستگاه کوتر ثابت و در ایستگاه گرد یعقوب افزایش بسیار جزئی داشته است، تغییرات مقادیر بیکربنات در ایستگاه کوتر کاهش و در ایستگاه گرد یعقوب افزایش یافته است. شکل (۸) نمودار تغییرات مقادیر آنیون‌ها را در دوره مورد مطالعه در ایستگاه کوتر و گرد یعقوب نشان می‌دهد. مقادیر آنیون‌ها در ایستگاه کوتر که در بالا دست حوضه قرار دارد کمتر از ایستگاه گرد یعقوب است که در خروجی حوضه قرار دارد (شکل ۸).



شکل (۸): نمودار تغییرات آنیون ها در مقطع زمانی و ایستگاه‌های مورد مطالعه

مطالعه حاضر نشان می‌دهد که مقادیر تغییرات هدایت الکتریکی (EC) و مجموع بار انحلالی (TDS) در دوره مورد مطالعه افزایش چشمگیری داشته است. همچنین در ایستگاه گرد یعقوب که در خروجی حوضه قرار دارد نسبت به ایستگاه کوتر که در بالا دست حوضه قرار دارد مقادیر پارامترهای مذکور افزایش می‌یابد. این موضوع می‌تواند بخاطر عبور رودخانه مهاباد چای در فاصله بین ایستگاه کوتر و گرد یعقوب از داخل شهر مهاباد و زمین‌های کشاورزی پایین دست می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که کاربری اراضی نقش اساسی در تغییر پارامترهای کیفیت آب سطحی دارد، که این افزایش با افزایش زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی در سال ۲۰۱۱ شدیدتر شده است و باعث کاهش کیفیت آب رودخانه مهاباد چای شده است. در نمودارهای شکل‌های (۵) و (۶) این تغییرات به خوبی نشان داده شده است. با توجه به تغییرات شدید کاربری رخ داده در منطقه (به طور مثال، کاهش در سطح مراتع به ترتیب در دو دوره مطالعاتی از ۷۰/۶۷ درصد به ۶۳/۲۳ درصد و افزایش مناطق مسکونی از ۰/۹۳ درصد در سال ۱۹۹۲ به ۲/۰۹ درصد در سال ۲۰۱۱ و افزایش کشاورزی دیم از ۱۳/۴۹ به ۱۹/۷۰ در از سطح کل) می‌توان تغییرات کاربری اراضی را یکی از مهمترین علل در کاهش کیفیت آب این منطقه عنوان کرد. Chessman و Townsend (2009) در تحقیقی بیان کردند که در حوضه‌های با کاربری کشاورزی زیاد، نسبت به حوضه‌هایی که درصد این کاربری در آنها کمتر است، میزان TDS بالاتر است. Hatt و همکاران (2004)، در نتایج کار خود بیان کردند که گسترش اراضی شهری با افزایش شوری آب رودخانه در ارتباط است. نتایج تجزیه و تحلیل تغییرات کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی با نتایج دو مطالعه ذکر شده مطابقت دارد.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر تغییرات کاربری اراضی در طی ۲۰ سال گذشته در حوضه رودخانه مهاباد چای و اثرات این تغییرات بر روی کیفیت آب سطحی این رودخانه مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور تصاویر TM ماهواره لندست ۵ در دو مقطه زمانی ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱ تهیه شده و همچنین داده‌های مربوط به کیفیت آب طی این سال‌ها انتخاب شدند. نقشه‌ای تغییر کاربری اراضی با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال در محیط نرم افزار ENVI 4.8 تهیه شد و برای پردازش تصاویر از نرم افزار Arc GIS 9.3 استفاده شد. همچنین میزان تفکیک‌پذیری کاربری‌های اراضی با استفاده از شاخص جفریس ماتوسیتا ارزیابی شد. برای سنجش دقت طبقه‌بندی از شاخص‌های ضریب کاپا و صحت کلی استفاده گردید. نتایج نشان داد که مقادیر ضرایب کاپا و صحت کلی به ترتیب برای سال ۱۹۹۲، ۸۴/۲۳ و ۸۷/۷۲ درصد، برای سال ۲۰۱۱، ۹۳/۸۴ و ۹۵/۵۵ درصد بوده است. بیشترین تغییرات کاربری اراضی مربوط به کشاورزی دیم و اراضی مسکونی بوده که به ترتیب ۱/۴۶ و ۲/۴۵ برابر افزایش یافته است. البته بیشترین تغییرات به لحاظ مساحت (هکتار) مربوط به مراتع بوده اما به دلیل سطح زیاد مراتع تغییرات بر حسب درصد در مراتع کمترین مقدار می‌باشد. بیشترین تغییرات کیفیت آب مربوط به پارامترهای (کل جامدات محلول در آب) TDS و EC بود که هر دو پارامتر در ایستگاه کوتر در دوره مطالعاتی ثابت بوده ولی در ایستگاه گرد یعقوب به دلیل تاثیر کاربری کشاورزی و شهری افزایش یافته است و کیفیت آب سطحی رودخانه مهاباد چای را تحت تاثیر قرار داده است. با توجه به اینکه در هر دو ایستگاه مقادیر دبی تقریبا ثابت بوده و تغییرات بسیار ناچیزی داشته است بنابراین می‌توان گفت تغییرات کیفیت آب تحت تاثیر تغییرات دبی نبوده است.

منابع

۱. احمدپور، ا.، ک. سلیمانی،م. شکری و ق. قربانی (۱۳۹۰). مقایسه کارآیی سه روش رایج طبقه بندی نظارت شده داده‌های ماهواره‌ای در مطالعه پوشش گیاهی. مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۲(۲):۸۱-۶۹.

۲. احمدی، ر. (۱۳۷۴). نقش کاربری اراضی در ایجاد و تشدید حرکات توده‌ای جنگلی، پایان نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۲۴ صفحه.

۳. باطنی، ف.، س. فاخران اصفهانی، ع. سفانیان و ن. میر غفاری (۱۳۹۵). اثر تغییرات الگوی مکانی سیمای سرزمین بر کیفیت آب رودخانه زاینده رود، محیط زیست، منابع طبیعی ایران، ۶۹(۱): ۲۰-۱.

۴. جلیلی، ش. (۱۳۸۹). تحلیل طیفی سری زمانی تراز دریاچه ارومیه و اثر متغیرهای اقلیمی و هیدرولوژیکی بر آن. رساله دکترا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۵. عدلی، ر.، س. خروشی، ی. نعمتی و ا. قربانی (۱۳۹۳). نقشه‌برداری استفاده از زمین با استفاده از تصاویر موجود از Google Earth و GIS (مطالعه موردی: استان اردبیل و نامگذاری آبخیزداری دامودارن)، کنفرانس روز جهانی محیط زیست، تهران، ۱۳۹۳.

۶. جهانی، ش.، ب. ملک‌محمدی، ا.ر. یاوری، ی. شریفی و ف. عادلی (1393). ارزیابی روند تغییرات کاربری زمین و تغییر اقلیم در سیمای سرزمین تالاب چغاخور با تأکید بر آثار محیط‌زیستی. محیط شناسی, ۴۰(۳): ۶۳۱-۶۴۳.

۷. عرفانی فرد، ی. (۱۳۹۳). کاربرد ROC در ارزیابی روش‌های طبقه بندی پیکسل-پایه روی تصاویر هوایی Ultra cam-d برای تفکیک تاج درختان در توده‌های خالص بلوط ایرانی در جنگل‌های زاگرس، فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۲(۴): ۶۶۳-۶۴۹.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

۸. سفانیان، ع. و ل. خداکرمی (۱۳۹۰). تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی فازی، آمایش سرزمین، ۳(۴).
۹. کیانی، و.، ا. شعبانی و ع. نظری سامانی (۱۳۹۲). ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصویر ماهواره IRS-P6 با استفاده از پایگاه اطلاعاتی Google Earth به منظور تهیه نقشه پوشش/ کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز طالقان)، فصلنامه علمی_ پژوهشی اطلاعات جغرافیایی،۲۳(۹۰).
۱۰. فلاح، م. و س. فاخران اصفهانی (۱۳۹۴). اثرات تغییر کاربری بر کیفیت آب تالاب بین المللی انزلی، مجله اقیانوس شناسی، ۶(۲۴)، ۵۳-۵۹.
۱۱. نصرالهی م.، م. ممبنی، س. ولی‌زاده و ح. خسروی (۱۳۹۳). بررسی تاثیر روند تغییرات کاربری اراضی/ پوشش زمین بر وضعیت منابع آب زیرزمینی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: دشت گیلان غرب)، ۲۳(۹۱).

12. Carlson T.N. *(2000). The impact of land use-land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: a satellite perspective*, Global and Planetary Change, *25: 49-65*
13. Chessman B.C. and Townsend S. *(2009). Differing effects of catchment land use on water chemistry explain contrasting behavior of a diatom index in tropical northern and temperate southern Australia.*
14. Dabboor M. Howell S. Shokr M. and Yackel J. (2014). The Jeffries–Matusita distance for the case of complex Wishart distribution as a separability criterion for fully polarimetric SAR data. International Journal of Remote Sensing, 35(19): 6859-6873.
15. Dellepiane S.G. and Smith P.C. (1999). Quality assessment of image classification algorithms for, land cover mapping: A review and a proposal for a cost based approach. International J. Remote Sensing, 20: 1461-1486.
16. Ding J. Jiang Y. Fu L. Liu Q. Peng Q. and Kang M. (2015). Impacts of land use on surface water quality in a Subtropical River Basin: a case study of the Dongjiang River Basin, Southeastern China. Water, 7(8): 4427-4445.
17. Engle B. A. Choi J. Y. Harbor J. and Pandey S. (2003). Web-based DSS for hydrologic impact evaluation of small watershed land use changes. Computers and electronics in agriculture, 39: 241-249.
18. Foody G.M. *(1992). On the compensation for chance agreement in Image classification accuracy assessment.* Photogrammeteric Engineering and Remote Sensing, *58: 1459-1460.*
19. Hassler M. *(2004). Animal grazing effects on runoff water quality in a semiarid grassland*. Tur. Environ. Gual. *21(5):102-105.*
20. Hatt B.E., Fletcher T.D., Walsh C.J. and Taylor S.L. (2004). The influence of urban density and drainage infrastructure on the concentrations and loads of pollutants in small streams. Environmental management, *34(1): 112-124.*
21. Saadat H., Adamowski J., Bonnell R., Sharifi F., Namdar M. and Ale-Ebrahim S. *(2011). Land use and land cover classification over a large area in Iran based on singledate analysis of satellite imagery*. Volume 66, Issue 5, September, Pages *608-619*.
22. Lefsky M.A. and Cohen W.B. *(2003). Selection of remotely sensed data, P 13-46. In: Wulder, M.A., and Franklin, S.E. (eds.), remote sensing of forest environments: concepts and case studies*, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
23. Lim K.J., Engel B.A., Kim Y., Bhadori B. and Harbor J. *(2001). Development of the long term hydrologic impact assessment (LTHIA) WWW systems*. This paper was peer- reviewed for scientific content. Pages 1018- 1023. In: D. e. Stott, R.H. Mohtar and G.C. Steinhardt (eds). Sustaining the global farm. Selected papers from the 10th international soil conservation organization meeting held May 24- 29, 1999 at Purdue University and the USDA- ARS national soil erosion research laboratory.
24. Lin Y.P., Hong N.M., Wu C.F. and Verburg P.H. *(2007). Impacts of land use change scenarios on hydrology and land use patterns in the Wu-Tu watershed in northern Taiwan*. Landscape and Urbane Planning. *(80): 111-126*.
25. Lu D., Mausel P., Brondi'Zio E. and Moran E. *(2004). Change detection techniques*. International J. Remote Sensing, *25: 2365-2407.*

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

26. Montserud R.A. and Leamans R. *(1992). Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic*, Ecological Modeling, 62: 275-293.
27. Ngoye E. and John F.M. *(2004). The influence of land use patterns in the Ruva river watershed on water quality in the river system*. Www. Elsevier. Com/ located/ pce. PHysics and chemistry of the Earth *29, 1161- 1166.*
28. Nielsen F. *(2014). Generalized Bhattacharyya and Chernoff Upper Bounds on Bayes Error Using Quasi-Arithmetic Means*. Pattern Recognition Letters *42 (1): 25–34.*
29. Saadat H., Adamowski J., Bonnell R., Sharifi F., Namdar M. and Ale-Ebrahim S. *(2011). Land use and land cover classification over a large area in Iran based on single date analysis of satellite imagery*. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, *66(5): 608-619.*
30. Stehman S.V. *(2004). A critical evaluation of the normalized error matrix in map accuracy assessment*. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, *70: 743-751.*
31. Swain P.H. and Davis S.M. *(1978). Remote Sensing: The Quantitative Approach*. New York: McGraw-Hill.
32. Tang Z., Engel B.A., Lim K.J., Pijianowski B.C. and Harbor J. *(2005). Minimising the impact of urbanization on long term runoff*. Journal of the American Water Resources Association. *(41): 1347-1359.*
33. Tong S.T.Y. and Chen W. *(2002). Modeling the relationship between landuse and surface water quality*. Journal of Environmental Management. *66: 377- 393.*

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]

Surface Water Quality Evaluation under Land Use Changes (Case study: Mahabad Chai Watershed)

Javad Akbari[1] Majid Kazemzadeh[2] Hassan Alipour[3]
[1&3]MSc. Department of watershed managment.Natural Resource Faculty.University of Tehran.Iran
[2]PhD. Department of watershed managment.Natural Resource Faculty.University of Tehran.Iran
Received: 2019/01
Accepted: 2020/01

Abstract

Not only have recent global challenges including drought, climate change, land degradation and land use change impacted the quantity of available surface water and groundwater, but also water quality has been affected as well. To study this impact, Landsat 5 satellite images and water quality data were obtained to compare the effects of land use changes on surface water quality between July of 1992 and 2011. The maximum likelihood algorithm was used for preparing and processing land use maps in ENVI 4.8 and Arc GIS9.3. For land use classification, the Jeffreys–Matusita, Kappa coefficient, and overall accuracy indexes were used. The results showed that the values of Kappa coefficients and overall accuracy were 84.23 and 87.72% for 1992 and 93.84% and 95.55% for 2011, respectively. Most land use changes were related to dryland agriculture and residential land use, which increased 1.46 and 2.45 times, respectively. The results for water quality parameters showed that electrical conductivity (EC) and total dissolved solids (TDS) increased during the study period and that their values at Gardeh Yaghub station (basin outlet) were higher relative to the Cotter station (upstream). This observation can be explained by the fact that the Mahabad River flows through agricultural lands between Cotter and Gardeh Yaghub stations. It can be concluded that land use changes have played a major role in changing surface water quality parameters in the region and have reduced water quality of the Mahabad River during the period from 1992 to 2011.

Keywords: Water quality, land use, Mahabad Chai, Kappa Coefficient

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-09-11]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1398.7.4.1.5]