

## بررسی رابطه میان تغییرات گستره تالاب و رواناب سطحی حوزه آبریز

اکرم نوری کمری<sup>۱</sup>، افشین دانه کار<sup>۲\*</sup>، جواد بذرافشان<sup>۳</sup>

۱ دانشجوی دکترای محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران  
۲ استاد گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران  
۳ دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۹/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۰)

### چکیده

به طور کلی، تجزیه و تحلیل تغییرات وسعت تالاب‌ها و بررسی رابطه آن با تغییرات مقادیر رواناب سطحی حوزه‌های آبریز می‌تواند با درک بهتر رابطه میان این متغیرها، نقش مهمی در کارایی و موفقیت برنامه‌های سازگاری با تغییر اقلیم و حفاظت و توسعه تالاب‌ها داشته باشد. بنابراین، در این مطالعه اقدام به بررسی تغییرات وسعت تالاب کافر استان فارس و رابطه آن با تغییرات رواناب‌های سطحی حوزه آبریز تالاب شد. بدین‌منظور از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های بارندگی در طول یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) استفاده شد و ضمن تهیه سری زمانی تغییرات وسعت تالاب و مقادیر رواناب سطحی حوزه آبریز آن، رابطه میان این دو متغیر با روش رگرسیون خطی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با کاهش مقادیر بارندگی و افزایش ضریب رواناب و به دنبال آن کاهش مقادیر رواناب‌های سطحی حوزه آبریز، وسعت تالاب به میزان قابل توجهی در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸ نسبت به دوره پیش از آن کاهش یافته است به نحوی که در پایان دوره ۳۰ ساله وسعت دریاچه به صفر رسیده است. انطباق میان روند تغییرات وسعت تالاب و مقادیر رواناب سطحی حوزه آبریز سبب شد تا مقدار ضریب همبستگی میان این دو متغیر برابر با ۰/۹۱ شود. در نهایت می‌توان گفت که نتایج حاصل از این تحقیق با فراهم آوردن اطلاعات دقیق در مورد نحوه پاسخ تالاب‌ها نسبت به تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی می‌تواند نقش مهمی در کارایی و موفقیت برنامه‌های کاهش اثرات تغییر اقلیم و حفاظت و توسعه تالاب‌های ایران داشته باشد.

**کلید واژه‌ها:** تالاب، رواناب سطحی، خشکسالی، تصاویر ماهواره‌ای

## سرآغاز

تالاب‌ها با در بر داشتن طیف گسترده‌ای از کارکردهای اکولوژیک گوناگون، منشا خدمات اکولوژیک و محصولات طبیعی مختلفی هستند که نتیجه آن، فراهم آوردن مجموعه‌ای از خدمات اکوسیستمی (تدارکاتی، تنظیمی، فرهنگی و پشتیبانی) مانند ترسیب کربن (Zhuang et al., 2009)، تولید اولیه (Whiting & Chanton, 1993)، کنترل سیلاب (Hruby, 2004)، پردازش مواد مغذی (Nichols, 1983) و تثبیت رسوبی (Mitsch et al., 2014) است و از این طریق، نقش مهمی در تامین رفاه انسانی در سطوح مختلف محلی، منطقه‌ای و جهانی بر عهده دارند (Carpenter et al., 2011). با وجود اهمیت بالای این خدمات اکوسیستمی در تامین نیازهای انسانی، تخریب و از بین رفتن این اکوسیستم‌های منحصر به فرد در طول قرن بیستم در سراسر دنیا شدید بوده و همچنان در حال افزایش است (Carpenter et al., 2011) چنان که بر اساس مطالعه‌های موجود تاکنون بین ۶۴ تا ۷۱ درصد از تالاب‌های جهان دچار تخریب شده‌اند و این روند همچنان ادامه دارد (Davidson, 2014). این تخریب تحت تاثیر عوامل مختلف طبیعی و انسانی گوناگونی مانند وقوع خشکسالی، افزایش دمای هوا، تغییر کاربری اراضی و توسعه زمین‌های زراعی و مناطق مسکونی، سدسازی، بهره‌برداری بیش از حد از منابع آبی و نیز فاضلاب‌های حاوی مواد شیمیایی گوناگون که از محیط‌های شهری، صنعتی و کشاورزی مجاور به درون این اکوسیستم‌های آبی وارد شده‌اند، صورت گرفته است (Perennou et al., 2012; Davidson, 2014). نتیجه مستقیم این تخریب آزادسازی مقادیر عظیمی از کربن ذخیره شده در این اکوسیستم‌ها و به دنبال آن تشدید گرمایش جهانی و سایر تغییرات اقلیمی، کاهش تنوع زیستی و تخریب زیستگاه‌ها و نیز نابودی بخش عمده‌ای از منابع مورد نیاز جوامع انسانی خواهد شد که متکی بر خدمات و محصولات متعدد عرضه شده توسط تالاب‌ها هستند (Maltby & Acreman, 2011).

بر اساس مطالعه‌های گوناگون، تغییرات ایجاد شده در مقادیر بارندگی و رواناب‌های سطحی یکی از مهمترین عوامل تغییر ساختار و عملکرد تالاب‌ها هستند (Wu et al., 2014). در واقع به دلیل ارتباط نزدیکی که میان تالاب‌ها و وقوع بارندگی وجود دارد، هرگونه تغییر در الگوهای بارندگی و جریان‌های آبی سطحی حوضه‌های آبریز تاثیر قابل توجهی بر ساختار و عملکرد تالاب‌ها

دارد (Rebelo et al., 2009). رواناب سطحی وارد شده به تالاب‌ها از حوزه‌های آبریز از طریق کاهش میزان شوری و سولفات‌ها، افزایش تامین مواد مغذی و رسوب‌گذاری در بستر تالاب سبب حفظ ساختار و عملکرد تالاب‌ها می‌شود و وقوع خشکسالی و کاهش بارندگی در حوزه‌های آبریز می‌تواند با ایجاد تغییرات غیرنرمال یا بر هم زدن توازن حجم رواناب‌های ماهانه، فصلی یا سالانه (کاهش رواناب در فصل‌های کم بارش)، تاثیر نامطلوب بر میزان تبخیر و تعرق، ظرفیت نفوذپذیری خاک و رژیم‌های جریان آب‌های سطحی و زیر سطحی در حوزه آبریز سبب کاهش حجم رواناب‌های شیرین ورودی به تالاب و به دنبال آن تضعیف تالاب‌ها شود (Guo et al., 2008; Abdollahi et al., 2017). علاوه بر کاهش مقادیر بارندگی و وقوع خشکسالی، مطالعه‌های موجود نشان داده که تغییرات رخ داده در کاربری/ پوشش اراضی حوزه‌های آبریز همانند توسعه مناطق مسکونی و زیرساخت‌ها، پاک‌تراشی جنگل و توسعه اراضی زراعی نیز از مهمترین عوامل موثر بر میزان رواناب خروجی از حوزه‌ها هستند که با تغییر میزان رسوب‌گذاری، مواد مغذی و حجم آب شیرین ورودی به محیط تالاب‌ها می‌توانند سبب ایجاد تغییرات در گستره و پوشش گیاهی این اکوسیستم‌ها شوند (Parkhurst et al., 2010; Bwangoy et al., 1998). در واقع رواناب سطحی وارد شده به محیط تالاب‌ها از حوزه‌های آبریز از طریق کاهش میزان شوری و سولفات‌ها، افزایش تامین مواد مغذی و رسوب‌گذاری در بستر تالاب‌ها سبب افزایش قابلیت تولید و تنوع بالاتر تالاب‌ها می‌شود و تغییر کاربری/پوشش اراضی حوزه‌های آبریز همراه با وقوع خشکسالی‌ها و افزایش تبخیر و تعرق می‌تواند با ایجاد تغییرات نامطلوب در رژیم هیدرولوژیکی حوزه سبب کاهش حجم رواناب‌های شیرین ورودی به تالاب و ضعف ساختاری تالاب‌ها شود (Abdollahi et al., 2017). بنابراین، به دلیل تاثیر همزمان تغییرات مقادیر بارندگی و تغییر کاربری/پوشش اراضی در سطح حوزه‌های آبریز، تجزیه و تحلیل تغییرات ایجاد شده در گستره تالاب‌ها و بررسی رابطه آن با تغییرات مقادیر رواناب خروجی از حوزه‌های آبریز می‌تواند با درک بهتر رابطه میان این متغیرها، نقش مهمی در کارایی و موفقیت برنامه‌های سازگاری با تغییر اقلیم و حفاظت و توسعه تالاب‌ها داشته باشد (Wu et al., 2014).

کشور ایران با قرار گرفتن در کمربند بیابانی جهان (۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی)، دارای تغییرپذیری شدید اقلیمی بوده و میزان بارش

مطابق با رده‌بندی صورت گرفته توسط کنوانسیون رامسر، در میان تالاب‌های مهم کشور قرار گرفته و زیستگاه تعدادی از پرندگان مهاجر و بومی استان است (Behrouzirad, 2015). این تالاب در شهرستان اقلید و در ارتفاع ۲۳۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است و محدوده جغرافیایی آن شامل ۳۷ درجه و ۳۴ دقیقه طول شرقی و ۵۲ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی است و تا مرکز استان ۱۰۵ کیلومتر فاصله دارد (شکل ۱). دسترسی به تالاب از طریق سه جاده ارتباطی اصلی ده بید، اقلید-آسپاس و آباده-خسروشیرین که از ضلع شمالی تالاب می‌گذرد، امکان‌پذیر است. منطقه در برگیرنده تالاب تحت تاثیر اقلیم‌هایی شبیه اقلیم شیراز قرار دارد و دارای ۵ ماه خشک در فصل تابستان (از خرداد تا مهر ماه) با مجموع بارندگی به طور میانگین حدود ۸ میلی‌متر و میانگین حرارت ۱۹/۶ درجه سانتی‌گراد و ۲ ماه یخبندان، دی و بهمن به ترتیب با متوسط حداقل ۵/۶- و ۶/۱- درجه سانتی‌گراد است و میانگین بارش سالانه حوزه آن معادل ۴۴۷/۲ میلی‌متر اندازه‌گیری شده است. گیاهان شناسایی شده در تالاب با توجه به شرایط زیستی متفاوت، در چهار گروه گیاهان حاشیه‌ای، گیاهان بن در آب، گیاهان برگ شناور و گیاهان غوطه‌ور تقسیم‌بندی می‌شوند و از میان گونه‌های گیاهی شناسایی شده در تالاب می‌توان گونه‌های جگن و لوئی را نام برد (Behrouzirad, 2015). به لحاظ تنوع جانوری نیز گونه‌های متعددی از پرندگان (۹۰ گونه)، ماهیان (۱۲ گونه)، پستانداران (۲۳ گونه)، دوزیستان (۳ گونه) و خزندگان (۳ گونه) در تالاب و اطراف تالاب شناسایی شده‌اند (Rahimi et al., 2009; Sardashti et al., 2016). تنها رودخانه ورودی به تالاب، رودخانه شادکام است که آب آن از ذوب برف و نیز نزولات جوی در سطح حوزه آبریز تالاب تامین می‌شود.

#### • تهیه سری زمانی تغییرات کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز

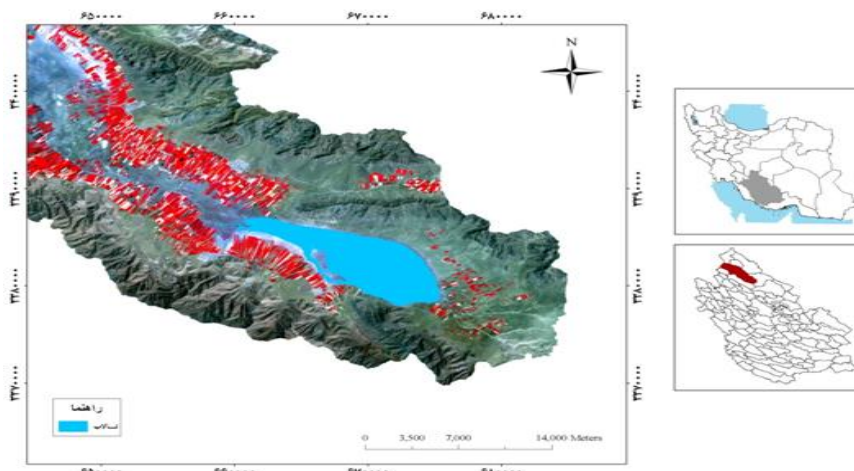
در این مطالعه برای تهیه سری زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) تغییرات کاربری/پوشش اراضی در سطح حوزه آبریز تالاب، بر اساس میزان پوشش تصاویر ماهواره لندست از سطح حوزه آبریز و عدم قرارگیری تمام سطح حوزه در یک تصویر، برای هر سال تعداد دو تصویر و در مجموع از ۶۰ تصویر (دارای ردیف/گذر ۱۶۲/۰۳۹ و ۱۶۳/۰۳۹). استفاده شد. برای بررسی نقشه‌سازی دقیق‌تر تغییرات کاربری/پوشش اراضی از تصاویری استفاده شد

آن در حدود یک‌سوم متوسط جهانی است (UNEP, 1997). از این‌رو، کمبود بارندگی و وقوع خشکسالی با فراوانی و شدت بالایی در ایران وجود دارد (Madani, 2016). این در حالی است که ناسا نیز کاهش قابل توجه حجم منابع آب شیرین در منطقه خاورمیانه و به ویژه ایران را به علت وقوع خشکسالی‌های شدید تا بسیار شدید در سالیان اخیر گزارش نموده است (NASA, 2013). همه مناطق ایران نیز دارای وضعیت یکسانی از وقوع خشکسالی نیستند؛ چنان‌چه در بخش‌های مرکزی و جنوبی کشور، خشکسالی‌های شدید تا بسیار شدید با فراوانی بسیار بیشتری به وقوع می‌پیوندد (Gohari et al., 2017). آن‌چه که در جنوب کشور بیشتر از هر عامل دیگری مانع از ایجاد بارندگی می‌شود، سیستم پرفشار جنب حاره‌ای است که مانع از نفوذ هرگونه سیستم باران‌زا و صعود هوای مرطوب مستقر بر روی خلیج فارس و دریای عمان شده و عملاً وقوع بارندگی را غیر ممکن می‌سازد (Gohari et al., 2017). این کاهش شدید بارندگی و وقوع خشکسالی در بخش‌های مرکزی و جنوبی ایران منجر به کاهش قابل ملاحظه حجم رواناب‌های سطحی و نیز گستره تالاب‌ها در این مناطق شده است (Sardashti et al., 2016; Behrouzirad, 2015). این در حالی است که پایش تغییرات رخ داده در کاهش گستره تالاب‌ها و بررسی رابطه آن با تغییرات رخ داده در الگوهای بارندگی و نیز تغییرات کاربری/پوشش اراضی حوزه‌های آبریز در برگیرنده تالاب‌ها می‌تواند نقش مهمی در کارایی و موفقیت برنامه‌های مدیریت و احیاء تالاب‌ها داشته باشد. بنابراین، هدف این مطالعه نیز بررسی تغییرات ایجاد شده در گستره تالاب کافت استان فارس و رابطه آن با تغییر مقادیر رواناب‌های سطحی حوزه آبریز است. بدین منظور از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های بارندگی در طول یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) و بررسی‌های گستره میدانی استفاده شد و ضمن بررسی تغییرات ایجاد شده در گستره تالاب کافت، رابطه آن با تغییرات رخ داده در میزان رواناب سطحی ناشی از تغییر در مقادیر بارندگی و کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز در برگیرنده آن مورد بررسی قرار گرفت.

#### مواد و روش‌ها

##### • منطقه مورد مطالعه

تالاب کافت با دارا بودن وسعتی در حدود ۴۴۴۲ هکتار، یکی از بزرگترین و زیباترین تالاب‌های استان فارس محسوب می‌شود که



شکل (۱): تالاب کافت و حوزه آبریز آن در استان فارس

نقشه ترکیب رنگی کاذب باندهای سبز، قرمز و مادون قرمز نزدیک، طبقه‌بندی نظارت شده برای تمامی تصاویر انجام شد و نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی در پنج کلاس شامل تالاب، اراضی زراعی، مراتع، مناطق مسکونی و اراضی لخت تهیه شد. در این مطالعه برای تفکیک دقیق‌تر گستره تالاب از اراضی مجاور، از نمایه تفاوت آبی نرمال اصلاح شده استفاده شد. این نمایه با بهره‌گیری از باند مادون قرمز کوتاه می‌تواند سبب تفکیک دقیق گستره آبی از محیط پیرامون نسبت به باند مادون قرمز نزدیک شود (Xu, 2006). برای حذف پیکس‌های منفرد و یا نویزهای موجود در نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی، فرآیند فیلترینگ مورد استفاده قرار گرفت و نقشه‌های به دست آمده به عنوان نقشه‌های نهایی کاربری/پوشش اراضی در سطح حوزه آبریز تالاب مورد صحت‌سنجی قرار گرفت. برای انجام صحت‌سنجی نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر سال ۲۰۱۶، تعداد ۵۰ نمونه زمینی با ابعاد ۳۰×۳۰ متر (۹۰۰ متر مربع) در سال ۲۰۱۶ از سطح حوزه برداشت شد. همچنین، برای صحت‌سنجی نقشه‌های حاصل از تصاویر مربوط به دیگر سال‌های دوره زمانی، از عکس‌های هوایی سال ۱۳۷۲ در مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای کوئیک برد<sup>(۴)</sup> مربوط به سال ۱۳۸۰ خریداری شده از مطالعه‌های پیشین، استفاده شد. مطابق با مطالعه‌های پیشین انجام شده در زمینه صحت‌سنجی نقشه‌های حاصل از تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌بندی شده برای صحت‌سنجی نقشه‌های نهایی مورد استفاده قرار گرفت و صحت کاربر، صحت تولیدکننده، صحت کلی و ضریب کاپا برای نقشه‌های تهیه شده

که ضمن این که بدون پوشش ابری بودند، تاریخ دریافت تصاویر نیز در پایان فصل تابستان بود تا بدین ترتیب از تفاوت‌های فنولوژیکی<sup>(۱)</sup> ناشی از تغییر فصول جلوگیری شود. نخستین مرحله برای انجام تجزیه و تحلیل تصاویر، انجام تصحیح هندسی بر روی آن‌ها بود. هر چند که تصاویر لندست ۸ دارای دقت هندسی مناسبی است، اما برای دستیابی به حداکثر دقت هندسی تصاویر و نیز صحت بیشتر تجزیه و تحلیل تغییرات وسعت تالاب، با کمک نرم‌افزار ایدریسی و ثبت در مجموع ۶۷ نقطه کنترل زمینی با استفاده از GPS (که دارای پراکنش مناسب در سطح مناطق بودند و در تصاویر نیز قابل تشخیص بودند) تصاویر ماهواره لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۶ با مقدار خطای کمتر از یک پیکسل زمین مرجع شدند. سایر تصاویر نیز با استفاده از شیوه تصویر به تصویر و یافتن عوارض مشترک میان دو تصویر مربوط به دو سال متوالی، مورد تصحیح هندسی قرار گرفتند.

به طور کلی در میان روش‌های مختلف طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال به عنوان یکی از کارآمدترین روش‌ها در تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی از تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مکانی متوسط همانند تصاویر لندست است (Held et al., 2003; Wang et al., 2004; ; Nguyen et al., 2013). در این مطالعه نیز از روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی تصاویر و تهیه نقشه طبقه‌بندی کاربری/پوشش اراضی در سطح حوزه آبریز تالاب استفاده شد. با در اختیار داشتن نقشه نمایه تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده<sup>(۲)</sup>، نمایه تفاوت آبی نرمال اصلاح شده<sup>(۳)</sup> و نیز تهیه

حوزه‌های آبریز، از ضریب رواناب حوزه استفاده شد (Abdollahi et al., 2017). ضریب رواناب فاکتورهای مختلفی همانند نفوذپذیری، ظرفیت جذب و زبری سطح زمین را مورد استفاده قرار می‌دهد و می‌تواند به عنوان شاخصی برای بررسی اثرات تغییر کاربری/پوشش اراضی بر میزان رواناب‌های سطحی حوزه‌های آبریز مورد استفاده قرار گیرد و از این رو یک پارامتر بحرانی در بررسی تغییرات رواناب سطحی حوزه‌های آبریز است. ضریب رواناب سطح حوزه آبریز از ضریب رواناب برای مناطق نفوذپذیر (C<sub>per</sub>) محاسبه می‌شود (Abdollahi et al., 2017). ضریب رواناب از مجموع وزنی فاکتورهای کاربری اراضی، تیپ خاک و شیب سطح حوزه آبریز محاسبه می‌شود که به صورت رابطه (۱) نشان داده می‌شود:

$$C_{per} = w_1 \left( \frac{0.02}{n} \right) + w_2 \left( \frac{\theta_w}{1 - \theta_w} \right) + w_3 \left( \frac{s}{10 + s} \right) \quad (1)$$

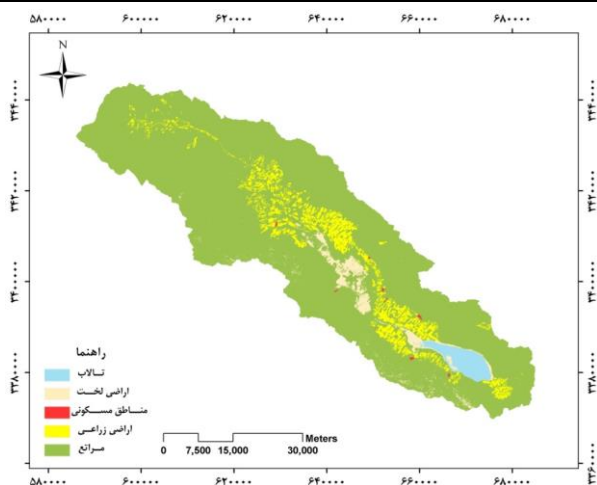
مقادیر ضرایب W<sub>1</sub>، W<sub>2</sub> و W<sub>3</sub> نیز بر اساس مطالعه‌های موجود به ترتیب برابر با ۰/۴، ۰/۳ و ۰/۳ در نظر گرفته شد (Abdollahi et al., 2017). برای تعیین مقادیر ضریب مانینگ مربوط به انواع طبقات کاربری/پوشش اراضی سطح حوزه آبریز، از روش مطالعه‌های پیشین استفاده شد (Kalyanapu et al., 2010). به این ترتیب که برای هر یک از نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی تهیه شده برای هر یک از سال‌های مربوط به دوره زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶)، مقادیر ضریب مانینگ به هر یک از طبقات کاربری/پوشش اراضی اختصاص یافته و با استفاده از توابع موجود در نرم‌افزار ArcGIS، نقشه رستری تغییرات این ضریب برای هر یک از نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی تهیه شد و به این ترتیب، تعداد ۳۰ نقشه رستری (۱۹۸۶-۲۰۱۶) مربوط به تغییرات ضریب مانینگ در سطح حوزه آبریز تهیه شد. در نهایت، با جمع وزنی نقشه‌های رستری تهیه شده برای هر یک از سال‌های دوره زمانی ۳۰ ساله، سری زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) مقادیر ضریب رواناب سطح حوزه آبریز تهیه شد. پس از تهیه نقشه‌های رستری ضریب رواناب، نقشه‌های رستری تغییرات مقادیر بارندگی سالانه برای هر یک از سال‌های سری زمانی ۳۰ ساله با استفاده از داده‌های بارندگی اخذ شده از سازمان هواشناسی کشور و به کارگیری توابع موجود در نرم‌افزار ArcGIS، تهیه شدند. در نهایت، نقشه رستری ضریب رواناب هر سال در نقشه رستری مقدار

محاسبه شد (Eslami-Andargoli et al., 2010; Nguyen et al., 2013). در نهایت، سری زمانی ۳۰ ساله تغییرات وسعت تالاب و در دو دوره زمانی قبل و بعد از سال ۱۹۹۸ به عنوان مقطع میانی دوره ۳۰ ساله مورد بررسی قرار گرفت.

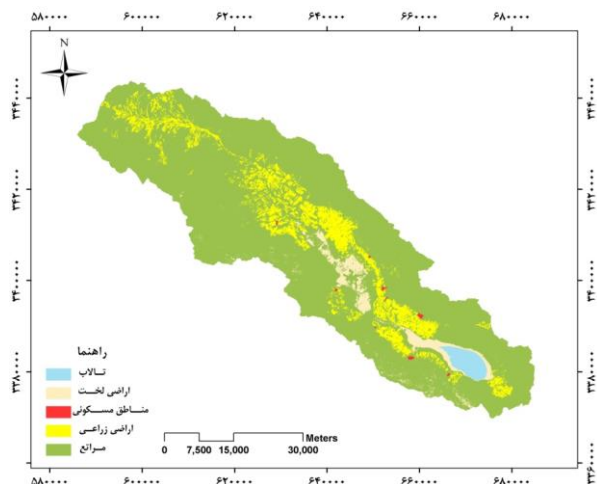
### • تهیه سری زمانی تغییرات رواناب سطحی در حوزه‌های آبریز

در این مطالعه، به دلیل عدم دسترسی به داده‌های بلند مدت مقدار دبی رودخانه شادکام، اقدام به بررسی تغییرات رواناب سطحی حوزه آبریز شد که می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات آب شیرین ورودی به تالاب باشد. برای بررسی تغییرات میزان رواناب‌های سطحی

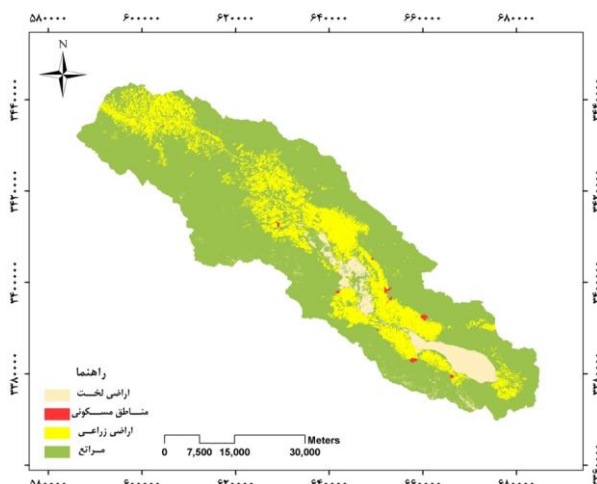
که در این رابطه: n: ضریب زبری مانینگ که وابسته به نوع کاربری/پوشش اراضی است؛  $\theta_w$ : محتوای حجمی آب موجود در خاک در نقطه پژمردگی و s: شیب حوزه آبریز به درصد است (Saxton & Rawls 2006; Kalyanapu et al., 2010; Dhakal et al., 2011). برای تهیه نقشه شیب حوزه آبریز از نقشه رقومی ارتفاع تهیه شده از نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شد. بدین‌منظور با بهره‌گیری از توابع موجود در نرم‌افزار ArcGIS، نقشه درصد شیب سطح حوزه آبریز با در نظر گرفتن آستانه شیب ۳۵ درصد، در پنج کلاسه کمتر از ۳۵، ۳۵ تا ۴۵، ۴۵ تا ۵۵، ۵۵ تا ۶۵، ۶۵ تا ۷۵ و بزرگتر از ۷۵ درصد تهیه شد. مقدار  $\left( \frac{\theta_w}{1 - \theta_w} \right)$  با استفاده از نقشه بافت خاک حوزه‌های آبریز محاسبه شد. به این ترتیب که برای هر یک از تیپ‌های خاک موجود در سطوح حوزه آبریز و بر اساس نتایج حاصل از مطالعه‌های قبلی در زمینه مقادیر متناظر  $\left( \frac{\theta_w}{1 - \theta_w} \right)$  مشخص شد و ضمن بهره‌گیری از توابع موجود در نرم‌افزار ArcGIS، نقشه رستری تغییرات  $\left( \frac{\theta_w}{1 - \theta_w} \right)$  در سطح هر حوزه آبریز تهیه شد (Jordán & Martínez-Zavala, 2008; Abdollahi et al., 2017). همچنین برای اجتناب از خطا در برآورد ضریب رواناب در نواحی بدون شیب، آستانه ۳۵ درصد به عنوان حداقل مقدار در طبقه‌بندی شیب حوزه آبریز در نظر گرفته شد (Jordán & Martínez-Zavala, 2008; Abdollahi et al., 2017).



شکل (۲): نقشه کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز تالاب کافتی در سال ۱۹۸۶



شکل (۳): نقشه کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز تالاب کافتی در سال ۱۹۹۸



شکل (۴): نقشه کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز تالاب کافتی در سال ۲۰۱۶

بارندگی مربوط به همان سال ضریب شد و نقشه رستری تغییرات رواناب سطحی در حوزه آبریز برای هر یک از سال‌های سری زمانی ۳۰ ساله تهیه شد. مقدار میانگین رواناب سطحی مربوط به نقشه رستری نهایی نشان‌دهنده حجم تبدیل میزان بارندگی سالانه به رواناب سطحی است. به این ترتیب سری زمانی ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) میزان رواناب سطحی حوزه آبریز تهیه شده و از آن در بررسی رابطه میان تغییرات رواناب سطحی حوزه‌های آبریز و تغییرات وسعت تالاب کافتی استفاده شد.

### • بررسی رابطه میان تغییرات مقادیر رواناب سطحی وسعت تالاب

با توجه به این که هدف اصلی این مطالعه بررسی رابطه میان تغییرات رخ داده در وسعت تالاب و تغییر مقادیر رواناب‌های سطحی حوزه آبریز تالاب بود بنابراین، رابطه میان سری زمانی ۳۰ ساله مقادیر وسعت تالاب حاصل از تجزیه و تحلیل تصاویر ماهواره لندست و سری زمانی ۳۰ ساله مقادیر رواناب سطحی حوزه آبریز حاصل از تجزیه و تحلیل تغییرات کاربری/پوشش اراضی و تغییرات ضریب رواناب سطحی حوزه آبریز مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از نرم‌افزار SPSS و اجرای روش رگرسیون خطی ساده استفاده شد. علاوه بر بررسی رابطه میان تغییرات وسعت تالاب و تغییرات مقادیر رواناب سطحی حوزه آبریز در طول دوره ۳۰ ساله، مقادیر متوسط تغییرات وسعت تالاب در دوره‌های زمانی قبل و بعد از سال ۱۹۹۸ مورد بررسی قرار گرفت.

### نتایج

#### • تغییرات کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز تالاب کافتی در طول دوره ۳۰ ساله

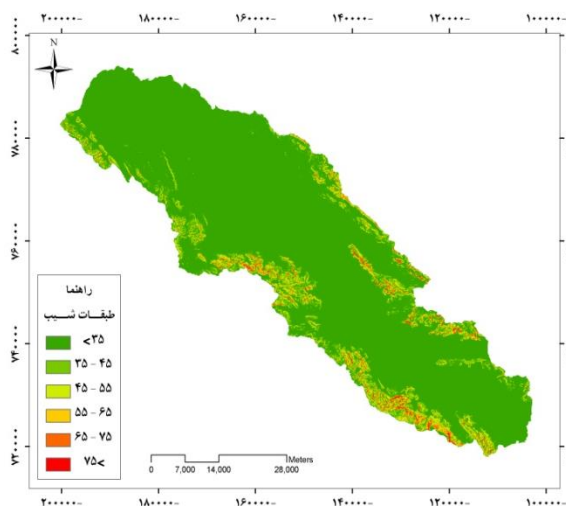
همان‌طور که بیان شد پس از تهیه نقشه‌های کاربری/پوشش اراضی و ضمن بهره‌گیری از نقشه‌های شیب و بافت خاک حوزه آبریز تالاب، سری زمانی نقشه‌های تغییرات مقادیر ضریب رواناب حوزه در طول دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) تهیه شد. شکل‌های (۲ تا ۴) تغییرات رخ داده در کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز تالاب کافتی را در سه نمونه مقطع زمانی ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶ (به عنوان سال‌های ابتدا، میانه و انتهای دوره ۳۰ ساله) نشان می‌دهد.

هکتار در سال بر وسعت اراضی زراعی در طول دوره ۳۰ ساله افزوده شده است. همچنین، علاوه بر اراضی زراعی، مناطق مسکونی و اراضی لخت موجود در حوزه نیز به ترتیب دارای افزایش وسعتی برابر با ۱۰/۳۶ و ۱۹۱/۲۶ هکتار در سال بوده‌اند. نتایج همچنین نشان می‌دهد که در طول دوره ۳۰ ساله و همزمان با افزایش وسعت اراضی زراعی و مناطق مسکونی، از وسعت مراتع موجود در سطح حوزه آبریز به میزان ۱۱۰۸ هکتار کاسته شده است که نشان‌دهنده تغییرات رخ داده در کاربری/پوشش اراضی سطح حوزه آبریز در اثر فعالیت‌های انسانی است.

همان‌طور که نقشه‌های تغییرات مقادیر کاربری/پوشش اراضی مربوط به سال‌های ۱۹۸۶، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۶ نشان می‌دهد، در فاصله زمانی میان این مقاطع زمانی بر وسعت اراضی زراعی، نواحی مسکونی و اراضی لخت موجود در حوزه آبریز تالاب کافتی افزوده شده است و در مقابل از وسعت تالاب کافتی به میزان قابل توجهی کاسته شده به گونه‌ای که در پایان دوره ۳۰ ساله، وسعت آن به صفر رسیده است. جدول (۱) نیز تغییرات رخ داده در وسعت هر یک از کاربری‌ها و پوشش‌های اراضی موجود در حوزه آبریز تالاب کافتی را در سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶ نشان می‌دهد. همان‌طور که جدول (۱) نشان می‌دهد، سالانه به میزان ۱۰۹۸/۸

جدول (۱): تغییرات وسعت انواع کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز تالاب کافتی در سالهای ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶

سال	۱۹۸۶	۱۹۹۸	۲۰۱۶
نوع کاربری/پوشش اراضی			
تالاب	۵۷۴۶	۵۶۳۷	۰
اراضی لخت	۷۶۹۸	۷۴۳۱	۱۳۴۳۶
مناطق مسکونی	۲۵۲	۳۷۷	۵۶۳
مرتع	۲۲۶۲۲۳	۲۱۶۹۴۰	۱۹۲۹۸۳
اراضی زراعی	۱۹۵۶۹	۲۹۱۰۸	۵۲۵۳۳



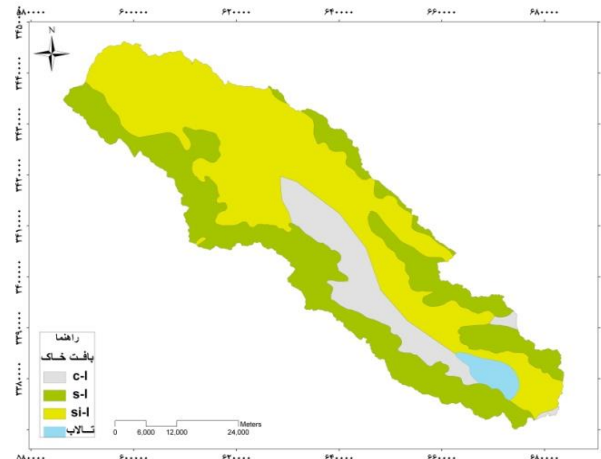
شکل (۶): نقشه شیب حوزه آبریز تالاب کافتی

نتایج نشان داد که مطابق با تغییرات مقادیر بارندگی و ضریب رواناب سطح حوزه آبریز، رواناب‌های سطحی حوزه آبریز تالاب در طول دوره ۳۰ ساله با نوساناتی همراه بوده است. بر این اساس که در دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۸، با افزایش مقادیر بارندگی و کاهش ضریب رواناب ناشی از تغییر کاربری/پوشش اراضی در سطح حوزه آبریز، بر مقدار رواناب‌های سطحی آن افزوده شده است و در دوره

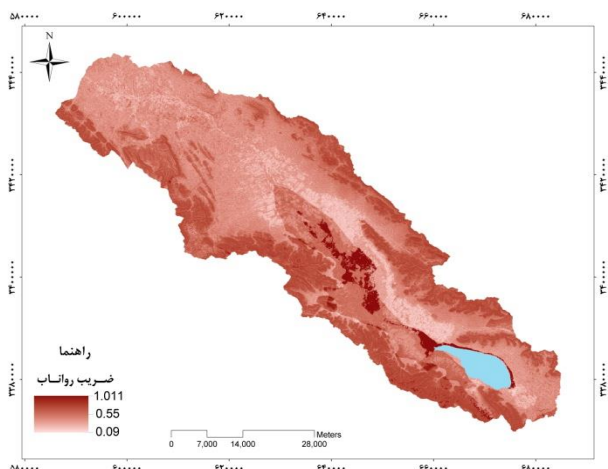
### تغییرات رواناب سطحی حوزه آبریز تالاب کافتی در

#### طول دوره ۳۰ ساله

همان‌طور که بیان شد، با تلفیق نقشه‌های شیب، بافت خاک و کاربری/پوشش اراضی سطح حوزه در طول دوره ۳۰ ساله، سری زمانی ۳۰ ساله مربوط به تغییرات ضریب رواناب سطحی حوزه آبریز تالاب کافتی تهیه شد. شکل‌های (۵) و (۶) نقشه‌های شیب و بافت خاک حوزه آبریز را نشان می‌دهد.



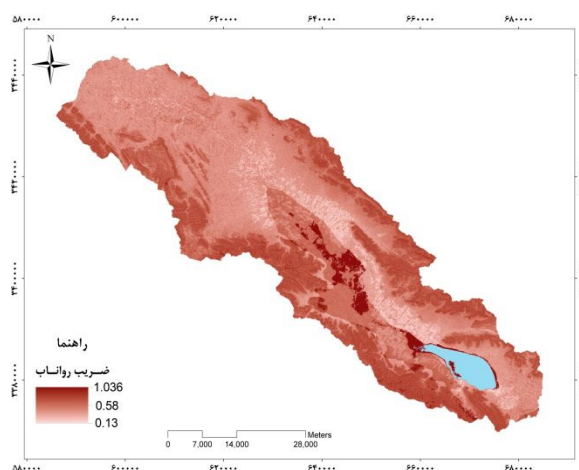
شکل (۵): نقشه تیپ خاک حوزه آبریز تالاب کافتی



شکل (۸): تغییرات مقادیر ضریب رواناب در سطح حوزه آبریز تالاب در سال ۱۹۹۸

مقدار صحت کاربر و صحت تولیدکننده برای تمامی طبقه‌بندی‌های انجام شده بر روی تصاویر بیشتر از ۸۵ بودند که نشان‌دهنده صحت بالای نقشه‌های طبقه‌بندی شده کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز تالاب بود. تجزیه و تحلیل سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که تفاوت قابل ملاحظه‌ای میان تغییرات وسعت تالاب کافت در دوره‌های زمانی قبل و بعد از سال ۱۹۹۸ وجود دارد (جدول ۲). بر اساس نتایج به دست آمده، وسعت تالاب در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۸ و ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۶ به ترتیب دارای روند افزایشی و کاهش‌ی است. به این ترتیب که در مقاطع زمانی ۱۹۸۶ و ۱۹۹۸ تالاب به ترتیب دارای میزان وسعتی برابر با  $۷۲۳۴/۵۴$  و  $۷۶۰۰/۳۲$  هکتار بود که در سال ۲۰۱۶ به صفر رسیده است (جدول ۱). این میزان تغییرات وسعت سبب شد تا مقدار متوسط تغییرات وسعت تالاب در دو دوره زمانی قبل و بعد از سال ۱۹۹۸ به ترتیب دارای مقادیر مثبت (افزایش وسعت) و منفی (کاهش وسعت) باشد به گونه‌ای که مقدار متوسط تغییرات وسعت تالاب در دو دوره زمانی ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۸ و ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۶ به ترتیب برابر با  $۱۰۵/۹۸$  و  $-۴۴۲/۲۴$  هکتار در سال به دست آید. بر این اساس، تغییرات وسعت تالاب در طول دوره ۳۰ ساله، برابر با  $-۲۴۱/۱۵$  هکتار در سال بود.

پس از سال ۱۹۹۸، با کاهش مقادیر بارندگی و نیز ادامه روند کاهش ضریب رواناب ناشی از تغییرات رخ داده در کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز (افزایش گستره اراضی کشاورزی، مناطق مسکونی و اراضی لخت) (شکل‌های ۲ تا ۴)، از میزان رواناب سطحی به طور قابل ملاحظه‌ای کاسته شده است. بر این اساس که مقدار میانگین ضریب رواناب حوزه در سه مقطع زمانی ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶ به ترتیب برابر با  $۰/۵۸$ ،  $۰/۵۵$  و  $۰/۵۱$  به دست آمد (شکل‌های ۷ و ۸). نتایج همچنین نشان داد که در دوره پس از سال ۱۹۹۸، در حدود ۴۷ درصد از میزان رواناب سطحی نسبت به دوره پیش از سال ۱۹۹۸ کاسته شده است و این کاهش مقادیر رواناب سطحی به دلیل اثرات همزمان مربوط به تغییرات رخ داده در کاربری/پوشش اراضی سطح حوزه آبریز و کاهش مقادیر بارندگی در دوره پس از سال ۱۹۹۸ نسبت به دوره پیش از آن است. این تغییرات قابل توجه در مقادیر رواناب سطحی حوزه آبریز در دوره‌های زمانی قبل و بعد از سال ۱۹۹۸ سبب شد تا در این مقطع زمانی، افت ناگهانی در مقادیر رواناب سطحی حوزه آبریز رخ داده به صورت یک نقطه شکست در روند ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) قابل مشاهده باشد.



شکل (۷): تغییرات مقادیر ضریب رواناب در سطح حوزه آبریز تالاب در سال ۱۹۸۶

#### • تغییرات وسعت تالاب در طول دوره ۳۰ ساله

ارزیابی دقت تصاویر طبقه‌بندی شده نشان داد که صحت کلی تمامی طبقه‌بندی‌های انجام شده بیشتر از ۸۹٪ بود. همچنین،



جدول (۲): تغییرات وسعت تالاب کافتر در سه مقطع زمانی ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۱۶

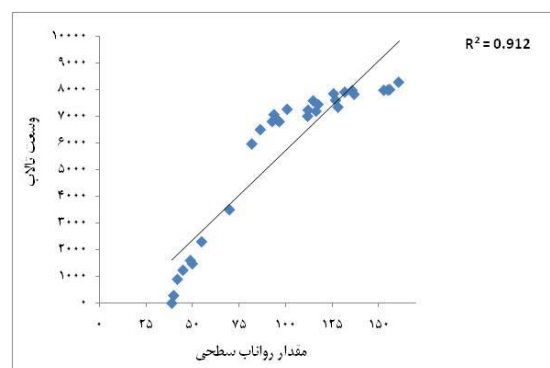
سال ۲۰۱۶ (هکتار)	سال ۱۹۹۸ (هکتار)	سال ۱۹۸۶ (هکتار)	وسعت تالاب
۰	۷۶۰۰/۳۲	۷۲۳۴/۵۴	کافتر

توجهی در دوره پس از ۱۹۹۸ نسبت به دوره پیش از ۱۹۹۸ کاهش یافته است؛ به گونه‌ای که در پایان دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) با افت قابل توجه در حجم آب تالاب، وسعت محدوده آبی آن به صفر رسیده است. این کاهش قابل توجه در وسعت تالاب در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸ به طور عمده ناشی از وقوع خشکسالی‌های شدید و بلند مدت در نواحی مرکزی ایران است که سبب کاهش قابل توجه حجم رواناب‌های سطحی حوزه‌های آبریز این بخش کشور شده است. سایر مطالعه‌های انجام شده نیز نشان داده که وقوع خشکسالی‌های بلند مدت و کاهش شدید مقادیر بارندگی در سطح حوزه‌های آبریز و نیز نواحی ساحلی جنوبی ایران در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸ از عوامل اصلی کاهش گستره مانگروهای ایران در طول سواحل خلیج فارس و دریای عمان است (Mafi-Gholami et al., 2017). مطالعه‌ها نشان داده که کاهش قابل توجه در مقادیر بارندگی سالانه در نواحی مرکزی و سواحل جنوب ایران می‌تواند ناشی از فعالیت سیستم پرفشار جنب حاره‌ای و به دنبال آن کاهش بارندگی در سالیان اخیر باشد (Halabian & Shabankari, 2011)؛ مطالعه‌های انجام شده در سایر نقاط جهان نیز نشان داده که کاهش بارندگی و وقوع خشکسالی یکی از مهم‌ترین عوامل موثر در کاهش وسعت تالاب‌ها در مناطق گوناگون است که از پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم و گرمایش جهانی در قرن اخیر است (Pitchford et al., 2012).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با تغییر مقادیر ضریب رواناب ناشی از تغییرات رخ داده در کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز تالاب و همزمان با کاهش قابل توجه مقادیر بارندگی و وقوع خشکسالی‌های پس از سال ۱۹۹۸ در سطح حوزه، مقادیر رواناب سطحی به میزان قابل توجهی کاهش یافته است و این امر افت قابل توجه حجم آب شیرین ورودی به تالاب کافترا را در این دوره زمانی به دنبال داشته است. با توجه به وابستگی ساختار و عملکرد تالاب به حجم آب شیرین ورودی از حوزه به درون آن، کاهش رواناب سطحی حوزه آبریز سبب کاهش قابل توجه وسعت تالاب در دوره وقوع خشکسالی‌های بلند مدت پس از سال ۱۹۹۸ شده

### • رابطه میان تغییرات مقادیر رواناب سطحی حوزه‌های آبریز و تغییر وسعت تالاب

بررسی رابطه میان تغییرات مقادیر رواناب سطحی حوزه آبریز و تغییرات وسعت تالاب نشان داد که همبستگی بالایی میان این دو متغیر وجود دارد ( $p\text{-value} \leq 0.001$ ) به طوری که مقدار ضریب رگرسیونی برابر با ۰/۹۱ به دست آمد که نشان‌دهنده تاثیر مستقیم تغییرات رواناب سطح حوزه آبریز بر وسعت تالاب کافترا در طول دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶) است (شکل ۱۰).



شکل (۱۰): رابطه میان تغییرات وسعت تالاب کافترا و مقادیر رواناب سطحی حوزه آبریز در طول دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۶-۲۰۱۶)

### بحث و نتیجه‌گیری

به طور کلی، تجزیه و تحلیل تغییرات ایجاد شده در گستره تالاب‌ها در طول زمان و بررسی رابطه آن با تغییرات مقادیر بارندگی و آب‌های جاری سطح حوزه‌های آبریز می‌تواند اطلاعات ارزشمندی را در مورد اثرات نامطلوب ناشی از تغییر اقلیم و میزان آسیب‌پذیری این اکوسیستم‌ها ارائه دهد و از این رو نقش مهمی در کارایی و موفقیت برنامه‌های حفاظت و توسعه این آب‌ها ایفا می‌کند (Perennou et al., 2012; Davidson, 2014). بنابراین، در این مطالعه نیز رابطه میان تغییرات رواناب سطحی حوزه آبریز و تغییرات وسعت تالاب کافترا در بلند مدت مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بررسی تغییرات وسعت تالاب کافترا نشان داد که از میزان وسعت این تالاب در دوره زمانی پس از سال ۱۹۹۸ کاسته شده است؛ چنان که متوسط تغییر وسعت سالانه آن به میزان قابل

نواحی گوناگون کشور داشته‌اند (Sardashti et al., 2016; Behrouzirad, 2015). این امر اهمیت مدیریت فعالیت‌های انسانی و نیز تاثیرات نامطلوب ناشی از تغییر کاربری/پوشش اراضی حوزه‌های آبریز را بر منابع آبی نشان می‌دهد و در کشوری همانند ایران که با خشکسالی‌های متوالی و بلند مدت مواجه است، اهمیت دو چندان می‌یابد.

در این مطالعه برای اولین بار در ایران با بررسی تغییرات کاربری/پوشش اراضی در سطح حوزه آبریز و محاسبه ضریب رواناب سطحی اقدام به بررسی رابطه میان تغییرات وسعت تالاب و تغییرات مقادیر رواناب سطحی حوزه آبریز تالاب شد. نتایج این مطالعه نشان داد که تاثیر همزمان تغییرات کاربری/پوشش اراضی و کاهش مقادیر بارندگی در یک دوره زمانی بلند مدت می‌تواند تغییرات قابل توجهی را بر گستره آبی اکوسیستم تالابی به دنبال داشته باشد؛ که در این میان سهم تغییرات مقادیر بارندگی در تغییرات رخ داده در گستره آبی تالاب‌ها می‌تواند بیشتر از تغییرات رخ داده در کاربری/پوشش اراضی حوزه‌های آبریز باشد. در نهایت می‌توان گفت که نتایج حاصل از این تحقیق با فراهم آوردن اطلاعات دقیق در مورد نحوه پاسخ تالاب‌ها به تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی در سطح حوزه‌های آبریز می‌تواند نقش مهمی در کارایی و موفقیت برنامه‌های سازگاری با تغییر اقلیم و حفاظت و توسعه تالاب‌های ایران داشته باشد. بر این اساس که فعالیت‌های حفاظت و احیا باید به طور عمده در مناطقی از کشور انجام گیرد که اکوسیستم‌های تالابی موجود در آن تحت تاثیر کاهش بارندگی و افت حجم رواناب‌های سطحی دچار کاهش قابل توجه وسعت شده یا به طور کامل از بین رفته باشند.

### تقدیر و تشکر

بدین وسیله از دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران که شرایط لازم برای انجام این تحقیق را فراهم نمود تشکر و قدردانی می‌نمایم.

### یادداشت‌ها

1. Phenological
2. NDVI
3. MNDWI
4. QuickBird

است؛ چنان که نتایج نیز نشان‌دهنده همبستگی بالای میان تغییرات وسعت تالاب و تغییر میزان رواناب سطحی حوزه‌ها آبریز در برگیرنده آن است. در واقع سایر دانشمندان جهان نیز در تحقیق‌های مشابه خود بیان نموده‌اند که به دلیل وجود همبستگی بسیار زیاد میان گستره تالاب‌ها و میزان آب شیرین ورودی به آنها، هر گونه تغییر رخ داده در مقادیر بارندگی و جریان‌های آبی سطحی و وقوع خشکسالی در سطح حوزه‌های آبریز می‌تواند از طریق تغییر مستقیم در میزان رواناب‌های سطحی، مقدار مواد غذایی و رسوبات ورودی به بستر تالاب‌ها، تاثیر قابل توجهی بر ساختار و عملکرد تالاب‌ها داشته باشد (Rogers & McCarty, 2000; 2007; Withey & van Kooten, 2011; Pitchford et al., 2012; Mitsch et al., 2013).

علاوه بر تاثیر مستقیم تغییرات مقادیر بارندگی و وقوع خشکسالی بر حجم آب شیرین ورودی به تالاب‌ها، مطالعه‌های مختلف نشان داده که فعالیت‌های انسانی در سطح حوزه‌های آبریز همانند توسعه اراضی زراعی و مناطق شهری و صنعتی (تغییر کاربری/پوشش اراضی)، احداث سد، توسعه آبی‌پروری و آلاینده‌ها نیز از عوامل اصلی اثرگذار در روند کاهش وسعت تالاب‌ها هستند (Mitsch & Gosselink, 2007; Ouyang et al., 2014). نتایج این مطالعه نیز نشان داد که تغییرات رخ داده در وضعیت کاربری/پوشش اراضی حوزه آبریز در برگیرنده تالاب کافت سبب شده است تا با تغییر وضعیت نفوذپذیری خاک، ضریب رواناب سطحی حوزه در طول دوره ۳۰ ساله افزایش یابد. این افزایش ضریب رواناب ناشی از تغییرات کاربری/پوشش اراضی در سطح حوزه همزمان با کاهش مقادیر بارندگی در سطح حوزه سبب افت قابل توجه حجم رواناب‌های سطحی حوزه آبریز و در نهایت کاهش قابل توجه ذخیره آبی تالاب کافت شده است و در پایان دوره ۳۰ ساله، از بین رفتن کامل تالاب را به دنبال داشته است. در مورد سایر تالاب‌های ایران نیز عوامل مختلفی مانند توسعه آبی‌پروری، تغییرات کاربری/پوشش اراضی در نواحی پیرامونی تالاب‌ها، ورود فاضلاب‌های صنعتی و خانگی از مناطق شهری مجاور به درون تالاب‌ها و نیز سد سازی در مسیر رودخانه‌های ورودی به تالاب‌ها نقش موثری در تخریب و کاهش وسعت این اکوسیستم‌ها در

### فهرست منابع

Abdollahi, K.; Bashir, I.; Verbeiren, B.; Harouna, M. R.; Van Griensven, A.; Huysmans, M. & Batelaan, O. 2017. A distributed monthly water balance model: formulation and application on Black Volta Basin. Environmental Earth Sciences. 76(5): 198-209. (In Persian)

- Behrouzrad, B. 2015. Environmental Challenges of Wetlands and Wildlife of Iran and Their Conservation Strategies, First International Conference on Natural Hazards and Environmental Crises of Iran, Strategies and Challenges, Ardabil, Water Resources Research Center of Shahrekord University. (In Persian).
- Bwangoy, J. R. B.; Hansen, M. C.; Roy, D. P.; De Grandi, G. & Justice, C. O. 2010. Wetland mapping in the Congo Basin using optical and radar remotely sensed data and derived topographical indices. *Remote Sensing of Environment*. 114(1): 73-86.
- Carpenter, S. R.; Stanley, E. H. & Vander Zanden, M. J. 2011. State of the world's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annual review of Environment and Resources*. 36: 75-99.
- Davidson, N. C. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*. 65(10): 934-941.
- Dhakal, N.; Fang, X.; Cleveland, T. G.; Thompson, D. B.; Asquith, W. H. & Marzen, L. J. 2011. Estimation of volumetric runoff coefficients for Texas watersheds using land-use and rainfall-runoff data. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 138(1): 43-54.
- Eslami-Andargoli, L.; Dale, P. E. R.; Sipe, N. & Chaseling, J. 2010. Local and landscape effects on spatial patterns of mangrove forest during wetter and drier periods: Moreton Bay, Southeast Queensland, Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 89(1): 53-61.
- Gohari, A.; Mirchi, A. & Madani, K. 2017. System Dynamics Evaluation of Climate Change Adaptation Strategies for Water Resources Management in Central Iran. *Water Resources Management*. 31(5): 1413-1434. (In Persian)
- Guo, H.; Hu, Q. & Jiang, T. 2008. Annual and seasonal streamflow responses to climate and land-cover changes in the Poyang Lake basin, China. *Journal of Hydrology*. 355(1): 106-122.
- Halabian, A. & Shabankari, M. 2011. The Role of Siberian High Pressure in the Distribution of Daily Minimum Temperatures in Iran, *Journal of Geography and Environmental Planning*, 4: 166-151. (In Persian).
- Held, A.; Ticehurst, C.; Lymburner, L. & Williams, N. 2003. High resolution mapping of tropical mangrove ecosystems using hyperspectral and radar remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*. 24(13): 2739-2759.
- Hruby, T. 2004. Washington State Wetland Rating System for Western Washington. Washington State Department of Ecology.
- [https://www.nasa.gov/mission\\_pages/Grace/news/grace20130212.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/Grace/news/grace20130212.html). Last accessed: 20.02.2017.
- Jordán, A. & Martínez-Zavala, L. 2008. Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall. *Forest Ecology and Management*. 255(3): 913-919.
- Kalyanapu, A. J.; Burian, S. J. & McPherson, T. N. 2010. Effect of land use-based surface roughness on hydrologic model output. *Journal of Spatial Hydrology*. 9(2): 134-147.
- Madani, K.; AghaKouchak, A. & Mirchi, A. 2016. Iran's Socio-economic Drought: Challenges of a Water-Bankrupt. *National Iranian Studies*. 49(6): 997-1016. (In Persian)
- Mafi-Gholami, D.; Mahmoudi, B. & Zenner, E. K. 2017. An analysis of the relationship between drought events and mangrove changes along the northern coasts of the Persian Gulf and Oman Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 199, 141-151. (In Persian)
- Maltby, E. & Acreman, M. C. 2011. Ecosystem services of wetlands: pathfinder for a new paradigm. *Hydrological Sciences Journal*. 56(8): 1341-1359.
- Mitsch, W. J. & Gosselink, J. G. 2007. *Wetlands*. Hoboken. ed: John Wiley & Sons, Inc.
- Mitsch, W. J.; Bernal, B.; Nahlik, A. M.; Mander, Ü.; Zhang, L.; Anderson, C. J. & Brix, H. 2013. Wetlands, carbon, and climate change. *Landscape Ecology*. 28(4): 583-597.

- Mitsch, W. J.; Zhang, L.; Waletzko, E. & Bernal, B. 2014. Validation of the ecosystem services of created wetlands: two decades of plant succession, nutrient retention, and carbon sequestration in experimental riverine marshes. *Ecological engineering*, 72: 11-24.
- Nguyen, H. H.; McAlpine, C.; Pullar, D.; Johansen, K. & Duke, N. C. 2013. The relationship of spatial-temporal changes in fringe mangrove extent and adjacent land-use: Case study of Kien Giang coast, Vietnam. *Ocean & coastal management*, 76: 12-22.
- Nichols, D. S. 1983. Capacity of natural wetlands to remove nutrients from wastewater. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 495-505.
- Ouyang, W.; Song, K.; Wang, X. & Hao, F. 2014. Non-point source pollution dynamics under long-term agricultural development and relationship with landscape dynamics. *Ecological indicators*, 45: 579-589.
- Parkhurst, R. S.; Winter, T. C.; Rosenberry, D. O. & Sturrock, A. M. 1998. Evaporation from a small prairie wetland in the Cottonwood Lake area, North Dakota-an energy-budget study. *Wetlands*, 18(2): 272-287.
- Perennou, C.; Beltrame, C.; Guelmami, A.; Tomas Vives, P. & Caessteker, P. 2012. Existing areas and past changes of wetland extent in the Mediterranean region: an overview. *ecologia mediterranea*, 38(2): 53-66.
- Pitchford, J. L.; Wu, C.; Lin, L.; Petty, J. T.; Thomas, R.; Veselka, W. E. & Anderson, J. T. 2012. Climate change effects on hydrology and ecology of wetlands in the Mid-Atlantic highlands. *Wetlands*, 32(1): 21-33.
- Rahimi, S.; Tabiee, A. & Julaii, L. 2009. Investigation of species diversity of aquatic birds and the catchment of Kafter wetland in Fars province. *Wetland*, 1 (2): 70-80. (In Persian).
- Rebelo, L. M.; Finlayson, C. M. & Nagabhatla, N. 2009. Remote sensing and GIS for wetland inventory, mapping and change analysis. *Journal of environmental management*, 90(7): 2144-2153.
- Rogers, C. E. & McCarty, J. P. 2000. Climate change and ecosystems of the Mid-Atlantic Region. *Climate Research*, 14(3): 235-244.
- Sardashti, M.; Asadi, V. & Omid, A. 2016. Investigating the importance of wetlands and lakes of country and the Impact of Climate Change on them. Second International Congress of Geosciences and Urban Development, Tabriz, Research Institute of East Azarbaijan Branch. (In Persian).
- Saxton, K. E. & Rawls, W. J. 2006. Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil science society of America Journal*, 70(5): 1569-1578.
- UNEP, 1997. *World Atlas of Desertification*. John Wiley and Sons, Inc, and Arnold (second edition), 182p, New York and London.
- Wang, Q.; Tenhunen, J.; Dinh, N. Q.; Reichstein, M.; Vesala, T. & Keronen, P. 2004. Similarities in ground- and satellite-based NDVI time series and their relationship to physiological activity of a Scots pine forest in Finland. *Remote Sensing of Environment*, 93(1): 225-237.
- Whiting, G. J. & Chanton, J. P. 1993. Primary production control of methane emission from wetlands. *Nature*, 364(6440): 794-795.
- Withey, P. & van Kooten, G. C. 2011. The effect of climate change on optimal wetlands and waterfowl management in Western Canada. *Ecological Economics*, 70(4): 798-805.
- Wu, S.; Kuschik, P.; Brix, H.; Vymazal, J. & Dong, R. 2014. Development of constructed wetlands in performance intensifications for wastewater treatment: a nitrogen and organic matter targeted review. *Water research*, 57: 40-55.
- Xu, H. 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International journal of Remote Sensing*, 27 (14): 3025-3033.
- Zhuang, Q.; Melack, J. M.; Zimov, S.; Walter, K. M.; Butenhoff, C. L. & Khalil, M. A. K. 2009. Global methane emissions from wetlands, rice paddies, and lakes. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 90(5): 37-38.