تحلیل تأثیر خشکسالی و تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر تالاب‌های منطقه سولدوز

وحید عیسوی[1*]
اسماعیل رضائی چیانه[2]

۱. کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲. استادیار گروه گیاهان دارویی، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

*** نویسنده مسئول مکاتبات**
esavi.vahid@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۰۳
کد مقاله: ۱۳۹۳۰۱۰۸۶
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

طی سال‌های اخیر، افزایش دما، کاهش بارندگی‌های فصلی و سالیانه و تغییرات کاربری و پوشش اراضی، مدیریت آب و حوضه آبخیز را تهدید می‌کنند. این شرایط می‌تواند منجر به توزیع نامتعادل منابع آب و از بین رفتن اکوسیستم‌های آبی نظیر تالاب‌ها و دریاچه‌ها شود. استفاده از تصاویر چند طیفی و چند زمانه سنجنده‌های سنجش از دور می‌تواند در مطالعه و ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی تالاب‌ها مفید باشد. در این تحقیق از داده‌های ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۳، ۲۰۰۷، ۲۰۰۹، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ برای پایش تغییرات کاربری و پوشش اراضی استفاده شد. داده‌های بارش ایستگاه‌های سینوپتیک نیز برای تحلیل خشکسالی به‌کار رفتند. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهند که کاربری‌های منطقه مورد مطالعه و اقلیم محلی نوساناتی را در طی زمان داشته‌اند. به طوری که این تغییرات، بر روی اکوسیستم تالاب‌ها نیز تأثیر گذاشته و موجب نوسان مساحت آن در طی زمان شده است. ضریب همبستگی تغییرات اقلیمی با نوسانات مساحت تالاب‌ها ۶۳- درصد می‌باشد. علاوه بر خشکسالی، توسعه اراضی کشاورزی و مسکونی نیز در تغییرات تالاب‌ها مؤثر بوده و با آن همبستگی منفی دارند. تغییرات رشد گیاهان آبزی تالاب‌ها و توسعه اراضی کشاورزی در نزدیکی اکوسیستم تالاب‌ها، دارای ضریب همبستگی ۹۱/۵ درصد می‌باشد. که موید ورود بی‌رویه کودها و سموم کشاورزی به تالاب‌ها می‌باشد. بنابراین، بیش‌ترین تغییرات ناشی از عوامل انسانی، مربوط به جامعه گیاهی اکوسیستم تالاب‌ها می‌باشد. به نظر می‌رسد، پهنه‌بندی حساسیت زیستگاه تالاب‌ها، مناطق نسبتا پایدار و آسیب‌پذیر را آشکار کرده و می‌تواند در مدیریت و حفاظت از اکوسیستم تالاب‌ها به مدیران و تصمیم‌گیران کمک کند.

واژگان کلیدی: اکوسیستم تالاب، تغییرات اقلیمی، تغییرات کاربری و پوشش اراضی، خشکسالی.

مقدمه

مدیریت آب و حوضه آبخیز طی سال‌های اخیر به دلیل افزایش تغییرات دما و کاهش بارندگی‌های فصلی و سالیانه در حال تهدید است (Lucila *et al*., 2009) و مطالعه تغییرات اقلیمی و خشکسالی و تأثیرات آن‌ها بر روی اکوسیستم‌ها را ضروری می‌نماید (Huang *et al*., 1998; Huang *et al*., 2005; Qin *et al*., 2008) روند افزایش جمعیت، شیوه غلط آبیاری زمین‌های کشاورزی، استفاده از چاه‌های غیرمجاز و استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، سلامت اکوسیستم‌های آبی را به شدت تهدید می‌کنند و از طرفی تقاضا برای آب را بیش از پیش افزایش می‌دهد (Huang *et al*., 2005; Lucila *et al*., 2009). از سوی دیگر تغییرات کاربری و پوشش اراضی برای تأمین انواع نیازمندی‌های انسان در برخی موارد منجر به اختلال در نظم اکوسیستم‌های آبی و خشکی می‌شوند. این شرایط می‌تواند منجر به توزیع نامتعادل منابع آب و از بین رفتن اکوسیستم‌های آبی مانند تالاب‌ها و دریاچه‌ها شود. با وجود افزایش آگاهی و دانش بومی مردم نسبت به اهمیت محیط‌های طبیعی به خصوص تالاب‌ها هنوز درک واقعی از اهمیت، کارکرد و حساسیت این زیستگاه‌های طبیعی بسیار پایین است (Hua et al., 2011). اکوسیستم تالاب از جمله فوایدی که دارد می‌توان به تولید فرآورده‌های طبیعی مانند چوب، پیت، میوه، گیاهان

دارویی، آبزیان، نی، زیستگاه حیات وحش، بانک ژن و تنوع زیستی، تعدیل آب و هوا، تغذیه و تخلیه آب‌های زیرزمینی، تنظیم جریان آب، جلوگیری از نفوذ آب شور، جلوگیری از فرسایش خاک و تفرج و توریسم اشاره کرد (مجنونیان، ۱۳۷۷؛ خلیلیان و همکاران، ۱۳۹۰).

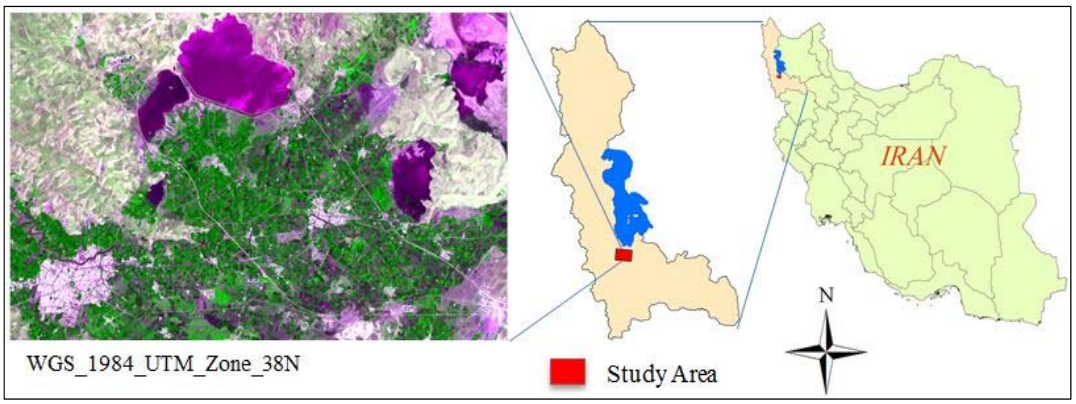
هم اکنون عدم دسترسی به آمار و داده‌های صحیح در خصوص مدیریت منابع طبیعی به ویژه تالاب‌ها از نگرانی‌های عمده محسوب می‌شود. اما داده‌های سنجش از دور (Remote Sensing) نقش فزاینده‌ای در مطالعات منابع طبیعی دارند، نقشی که از تفسیر بصری تا استخراج ماهرانه اطلاعات به وسیله تحلیل پیشرفته تصویر و الگوریتم‌های آماری گسترده شده است (KÖHL and MARCHETTI, 2006). در مقایسه با بررسی زمینی، فناوری سنجش از دور مزایای بارزی دارد. به عنوان مثال، سنجش از دور، پوشش سریع از نواحی بزرگ، بهره‌وری در زمان و هزینه، ثبت دائمی اطلاعات و تغییرات در مناطق وسیع و دسترسی به مناطق غیرقابل دسترس را فراهم می‌کند (Shao and Reynolds, 2006). از این رو استفاده از تصاویر چند طیفی و چند زمانه سنجنده‌های سنجش از دوری می‌تواند در مطالعه و ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی تالاب‌ها مفید باشد (Dwivedi and Sreenivas, 2002). در همین راستا، شرافت و همکاران (۱۹۹۱) با استفاده از داده‌های سنجش از دوری، نقشه تالاب‌های غرب بنگال هندوستان را تهیه کردند. Carpenter و همکاران (۱۹۸۳) با استفاده از تصاویر لندست، کیفیت آب تالاب را مدلسازی کردند. Lindell و همکاران (۱۹۸۵) تصاویر لندست را برای مطالعه گل‌آلودگی آب‌های ساحلی به‌کار بردند. چوپرا و همکاران (۲۰۰۱) از داده‌های سنجش از دوری برای مطالعه تغییرات فصلی پوشش گیاهی تالاب‌ها و کاربری اراضی زمین‌های اطراف آن بهره جسته‌اند. در تحقیق دیگری در کشور چین با بکارگیری از تصاویر ماهواره‌ای و برداشت زمینی به بررسی تغییرات کیفیت آب و الگوهای سیمای سرزمین مربوط به تالاب‌های عمده شهر پکن پرداخته شده است (Zhaoning *et al*., 2007). در تحقیق مشابهی نیز در طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۰۲ اقدام به بررسی تعداد، وسعت، فاصله از یکدیگر و تغییرات تالاب‌های دایمی واقع در کیپ تاون در آفریقای جنوبی شده است (Roeck *et al*., 2007). برخی محققان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، تأثیر خشکسالی بر کاهش سطح آب تالاب‌های استان چهار محال بختیاری را مورد تحلیل و ارزیابی قرار داده و راهکارهایی برای مدیریت و حفاظت از این تالاب‌ها را ارائه کردند (ابراهیمی و همکاران،۱۳۸۸). رفیعی و همکاران (۲۰۱۱) با استفاده از تصاویر چند زمانه سنجنده TM (Thematic Mapper) تغییرات زیست محیطی تالاب نیریز را در فاصله زمانی بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق زبردست و جعفری (۲۰۱۱) بر روند تغییرات تالاب انزلی را با استفاده از سنجش از دور در طی دوره ده ساله نشان داد که تالاب انزلی از لحاظ مساحت و پوشش گیاهی دچار تخریب شده است. بر این اساس، سنجش از دور می‌تواند ابزار و روش‌های مفیدی را برای بررسی تالاب‌ها و تغییرات آن‌ها در طول زمان فراهم کند (Johnston and Barson, 1993; Baker *et al*., 2006; Niu *et al*., 2009; Gong *et al*., 2010).

در سال‌های اخیر، ایران شاهد خشکسالی‌های پی در پی و برداشت بی‌رویه از منابع آب سطحی و زیرزمینی و در نتیجه تهدید اکوسیستم‌های آبی و خشکی بوده است. بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد تا کنون مطالعات زیادی در زمینه پایش و آشکارسازی تغییرات زیست محیطی تالاب‌ها با استفاده از سنجش از دور صورت گرفته است. اما تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی و تغییرات اقلیمی بر روی اکوسیستم تالاب کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. لذا، هدف از این تحقیق، بررسی روند تغییرات تالاب‌ها و مشخص کردن علل و سهم هر یک از این عوامل در این تغییرات می‌باشد.

مواد و روش‌ها

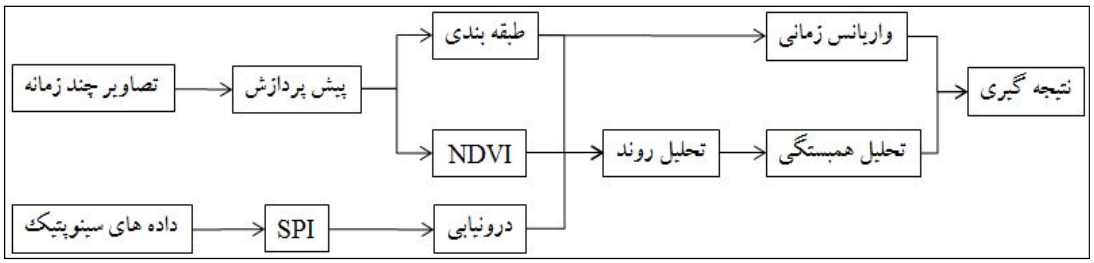
این تحقیق در منطقه سولدوز واقع در جنوب استان آذربایجان غربی با ارتفاع متوسط ۱۳۰۰ متر از سطح آب‌های آزاد به اجرا در آمد (شکل ۱). میانگین‌های متوسط دما و بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده ساله (۱۳۸۰-۱۳۹۰) به ترتیب برابر ۱۲/۴۰ سانتی‌گراد و ۳۲۳ میلی متر گزارش شده است. این منطقه با داشتن تالاب‌های مهمی مانند یادگارلو، داش درگه، شورگل، حسنلو، آق قلعه، سیران گلی و سولدوز گلی هر ساله میزبان هزاران پرنده مهاجر بوده و در تعدیل و تنظیم آب و هوا و اکوسیستم منطقه نقش مهمی ایفا می‌کنند. کاهش مساحت یا خشکی تالاب‌های این منطقه می‌تواند آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی را تشدید کرده و نفوذ و پیش‌روی آب شور را موجب شود. که به

نوبه خود می‌تواند اثرات خشکسالی را تشدید کند. کاربری‌ها و پوشش عمده اراضی منطقه شامل کشاورزی، اراضی ساخته شده و مسکونی، مراتع و تالاب‌ها و مناطق حفاظت شده می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

شکل ۲ روش مورد استفاده در این مطالعه را مجسم می‌کند که شامل پردازش و آماده‌سازی تصویر و تحلیل مکانی و همبستگی می باشد. با استفاده از نرم افزار ENVI4.8 (Environment for Visualizing Images) و معادلات چندجمله‌ای درجه ۲، روش نزدیکترین همسایه برای بازنویسی و برداشت ۱۸ نقطه کنترل از نقشه ۱/۲۵۰۰۰ به عنوان نقشه مبنا، تصویر TM ۲۰۱۳ زمین مرجع شد و مقدار خطا به طور متوسط ۰/۴۹ اندازه پیکسل (≈۱۵متر) محاسبه شد. سپس تصاویر زمان‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۳، ۲۰۰۷، ۲۰۰۹، ۲۰۱۱ و ۱۹۸۹ نسبت به زمان ۲۰۱۳ رجیستر شدند. در ادامه برای تصحیحات رادیومتریک از روش SCR (Scattergram controlled regression) استفاده شد. در این روش، فاکتورهایی مانند زاویه خورشید، رطوبت اتمسفر و رطوبت خاک می‌تواند حذف شده یا به حداقل کاهش یابد (Elvidge *et al.*, 1995).



شکل ۲: طرح کلی تحقیق.

در این مطالعه از داده‌های سنجنده‌های MSS (Multispectral Scanner)، TM (Thematic Mapper) و ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) ماهواره‌های لندست استفاده شده است (جدول ۱).

جدول ۱: تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در این تحقیق.

Satellite	Spectral Bands (Spatial Resolution)	Date
Landsat 4(MSS)	4 MS (79 m)	T_1 =1989-30-06
Landsat 7 (ETM+)	6MS(30 m)	T_1= 2000-31-06 T_2= 2003-26-06
Landsat 5 (TM)	6MS(30 m)	T_1 = 2007-24-06 T_2= 2009-29-06 T_3= 2011-24-06
Landsat 8 (TM)	7MS(30 m) Pan(15m)	T_1= 2013-05-07

استفاده از تنها یک ایستگاه برای اندازه‌گیری بارش منطقه مورد مطالعه نمی‌تواند نماینده دقیق مناطق دیگر باشد. لذا، از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک شهرستآن‌های نقده، اورمیه، مهاباد و پیرانشهر برای محاسبه تغییرات سالیانه بارش و پایش خشکسالی منطقه مورد مطالعه استفاده گردید. شاخص بارش استاندارد SPI (Standardize Precipitation Index) که از جامع‌ترین و در عین حال ساده‌ترین شاخص‌های پایش خشکسالی می‌باشد (McKee *et al.*, 1993) که با استفاده از رابطه ۱ مورد استفاده قرار گرفت.

رابطه ۱: $$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD}$$

که در آن P_i بارندگی سال i ، $\bar{P}$ میانگین بارندگی بلند مدت و SD انحراف معیار بارش در طول دوره آماری می‌باشد. در این مطالعه از داده‌های ۱۰ ساله بارش برای محاسبه $\bar{P}$ استفاده شد.

بارندگی و خشکسالی پارامتری پیوسته می‌باشند این در حالی است که ایستگاه‌های سینوپتیک، تنها مقادیر گسسته از بارش را اندازه‌گیری می‌کنند. برای تعمیم مقادیر ایستگاه‌های سینوپتیک به سایر نقاط، باید درون‌یابی انجام شود. برای این منظور از درون‌یابی وزن‌دهی عکس فاصله IDW (Inverse distance weighted interpolation) برای محاسبه مقادیر نقاط نامعلوم از رابطه ۲ استفاده شد.

رابطه ۲: $$F(x,y) = \sum_{i=1}^{n} w_i f_i$$

تعداد نقاط پراکنده شده در مجموعه، f_i مقادیر نقاط معلوم و w_i توابع وزنی اختصاص داده شده به هر نقطه می‌باشد.

رابطه ۳: $$w_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=1}^{n} h_j^{-p}}$$

عدد حقیقی مثبت دلخواه که معمولا برابر ۲ در نظر گرفته می‌شود و h_i فاصله نقاط معلوم نسبت به نقاط نامعلوم است.

رابطه ۴: $$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}$$

(x, y) مختصات نقاط نامعلوم و (x_i, y_i) مختصات نقاط معلوم هستند (Shepard, 1968).

شاخص‌های گیاهی به طور گسترده‌ای برای تحلیل نوسانات و تغییرات پوشش گیاهی و کاربری اراضی استفاده می‌شود (Ahl *et al.*, 2004; Geerken *et al.*, 2005; Liu and Kafatos, 2005; Ben *et al.*, 2006; Koh *et al.*, 2006; Morawitz *et al.*, 2006; Tucker *et al.*, 2005). شاخص نرمال شده گیاهی NDVI (Normalized Differential Vegetation Index) یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای پایش پوشش گیاهی می‌باشد (Binh *et al.*, 2005). در این تحقیق نیز برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی تالاب‌ها در طی زمان از NDVI به عنوان شاخص گیاهی استفاده شد (رابطه ۵).

رابطه ۵: $$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red)$$

NIR طیف مادون قرمز و *Red* طیف قرمز می‌باشد.

پس از پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای، در هر یک از تصاویر از کاربری‌های تالاب، اراضی کشاورزی، مرتع، اراضی بایر و اراضی ساخته شده و مسکونی نمونه‌های آموزشی برای طبقه‌بندی استخراج گردید. طبقه‌بندی‌کننده ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی تصویر استفاده و هر تصویر به ۵ کلاس فوق طبقه‌بندی شد. SVM (Support Vector Machine)، بر پایه تئوری یادگیری آماری که توسط Boser، Guyon و Vapnik ابداع شد، بنا شده است (Boser *et al*., 1992; Cortes and Vapnik, 1995; Vapnik, 1995; Vapnik, 1998).

روند خشکسالی، تغییرات پوشش گیاهی تالاب‌ها و همچنین تغییرات کلاس‌های کاربری و پوشش اراضی در بازه‌های زمانی سال‌های ۱۹۸۹، ۲۰۰۰، ۲۰۰۳، ۲۰۰۷، ۲۰۰۹، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ بررسی شد. هر یک از اجزاء اکوسیستم با یکدیگر روابط متقابل دارند. بنابراین تغییر در یک جز، منجر به تغییر در سایر اجزاء می‌شود. از این رو با تحلیل همبستگی بین تغییرات هر یک از اجزاء، تأثیر تغییرات هر یک از اجزاء بر اکوسیستم تالاب مورد مطالعه قرار گرفت. شدت و نحوه تغییرات تالاب‌ها در ارتباط با روابط همسایگی آن‌ها می‌تواند متفاوت باشد. از طرفی پهنه‌بندی مناطق آسیب‌پذیر تالاب‌ها و مشخص کردن طیف تغییرات تالاب‌ها از لحاظ مناطق حساس و پایدار، می‌تواند در مدیریت و حفاظت از این اکوسیستم مفید باشد. از این رو با محاسبه واریانس زمانی تغییرات (بر اساس رابطه ۷)، طیف تغییرات تالاب‌ها در طول دوره زمانی مورد مطالعه محاسبه و پهنه‌بندی گردید (رابطه ۸).

رابطه ۷: $$Temporal\ Variance = \frac{\sum_{i=n}^{i=1}(CI_{t_i} - CI_{mean})^2}{N}$$

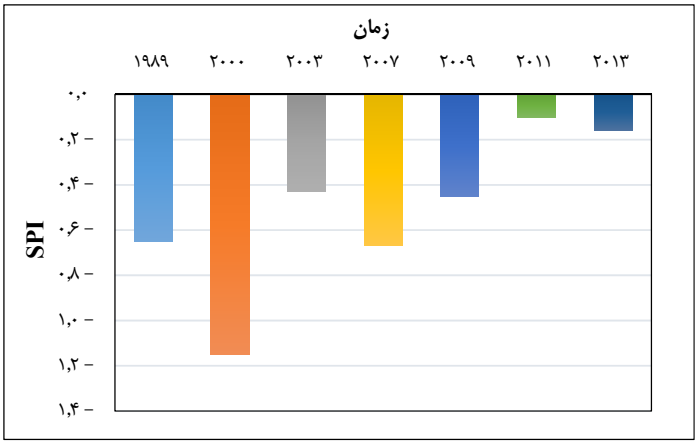
CI_{t_i} تصویر طبقه‌بندی شده زمان i و N تعداد تصاویر در سری زمانی مورد مطالعه می‌باشد.

رابطه ۸: $$CI_{mean} = \frac{\sum_{i=n}^{i=1}(CI_{t_i})}{N}$$

نتایج

در این مطالعه، وضع موجود تالاب‌ها، رابطه و تأثیرات تغییرات کاربری و پوشش اراضی و خشکسالی بر اکوسیستم تالاب‌ها مورد بررسی قرار گرفت و همچنین مناطق آسیب‌پذیر برای مدیریت جامع تالاب‌ها معرفی گردید.

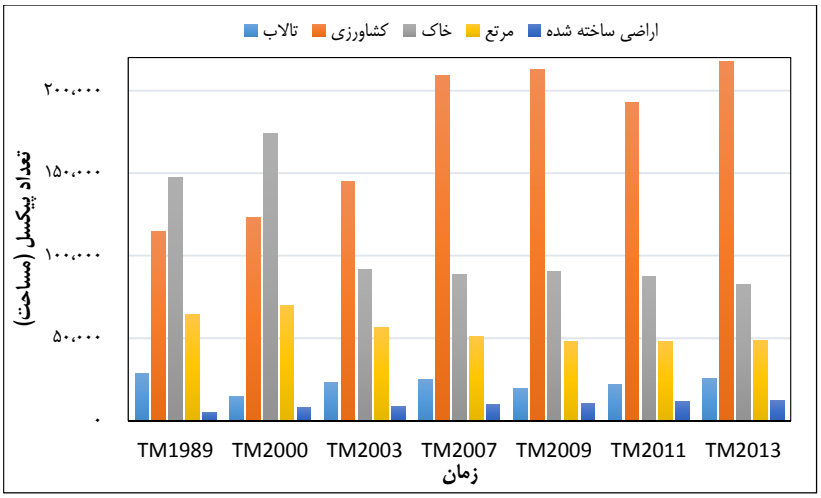
روند تغییرات خشکسالی و هر یک از کلاس‌های کاربری و پوشش اراضی به ترتیب در شکل ۳ و شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳: روند تغییرات شاخص خشکسالی (SPI).

شکل ۳ نشان می‌دهد که خشکسالی، پدیده غالب در بازه زمانی مورد مطالعه است. سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۰۰ خشکسالی شدیدی رخ داده و منجر به کاهش شدید مساحت تالاب‌ها شده است (شکل۴). همچنین شکل (۳) نشان‌دهنده کاهش میزان خشکسالی در سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ می‌باشد که در نتیجه آن، مساحت تالاب‌ها و فعالیت‌های کشاورزی افزایش یافته است. بیش‌ترین مساحت اراضی کشاورزی در سال ۲۰۱۳ می‌باشد (شکل ۴) که حاصل کاهش شدت خشکسالی در این سال است (شکل ۳).

شکل ۴ نشان می‌دهد که مساحت اراضی ساخته شده و مسکونی به مرور زمان روندی افزایشی داشته است. همچنین، تبدیل اراضی مرتعی و بایر به زمین‌های کشاورزی موجب کاهش مساحت مراتع و افزایش اراضی کشاورزی شده است. این تغییرات به نوبه خود، بر روی اکوسیستم تالاب‌ها نیز تأثیر گذاشته و موجب نوسان مساحت و تغییر پوشش گیاهی آن در طی زمان شده‌اند. بررسی شکل‌های ۳ و۴، رابطه بین خشکسالی و تغییر مساحت تالاب‌ها را بیش‌تر نمایان می‌کند به طوری که با خشکسالی شدید سال ۲۰۰۰، مساحت تالاب‌ها به کم‌ترین میزان خود و با کاهش شدت خشکسالی در سال۲۰۱۳ به بیش‌ترین مساحت خود در بازه زمانی مورد مطالعه رسیده‌اند.



شکل ٤: روند تغییرات کلاس‌های کاربری و پوشش اراضی.

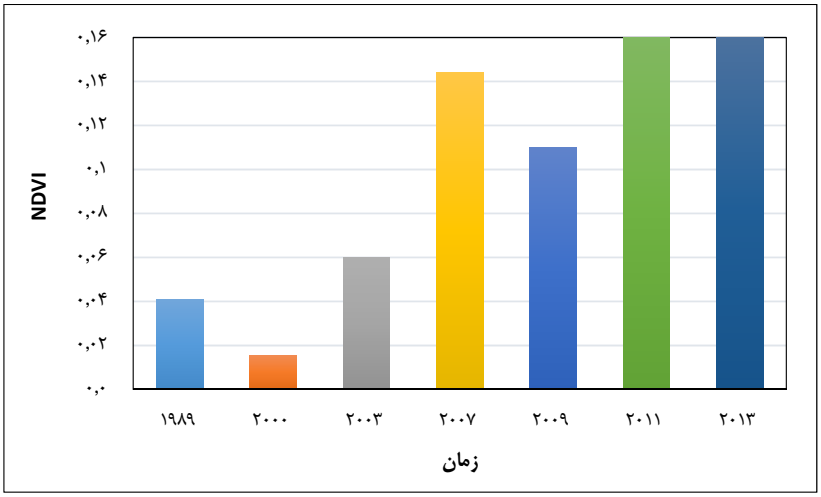
به منظور بررسی رابطه بین خشکسالی و تغییرات اکوسیستم‌های مجاور بر روی تالاب‌ها، تحلیل همبستگی انجام گرفت. جدول ۲ همبستگی این تغییرات بر روی تغییرات تالاب‌های منطقه سولدوز را نشان می‌دهد. خشکسالی و تغییرات اقلیمی همبستگی منفی و نسبتاً بالایی را با نوسانات مساحت تالاب‌ها در طی زمان نشان می‌دهد و این بدان معنی است که خشکسالی اصلی‌ترین عامل در تغییرات مساحت تالاب‌ها می‌باشد. خشکسالی به عنوان مهم‌ترین مخاطره اکوسیستم منطقه علاوه بر تأثیر بر روی تالاب‌ها، کشاورزی و اکوسیستم مراتع را نیز تحت تأثیر قرار داده است. به طوری که تحلیل همبستگی بین شدت خشکسالی و مساحت زمین‌های کشاورزی و مراتع به ترتیب نشان‌دهنده ضریب همبستگی ۶۴- درصد و ۵۴- درصد می‌باشد.

جدول ۲: تحلیل همبستگی.

اراضی ساخته شده	کشاورزی	SPI	ضریب همبستگی
-۷٪	-۱۲٪	-۶۳٪	تالاب

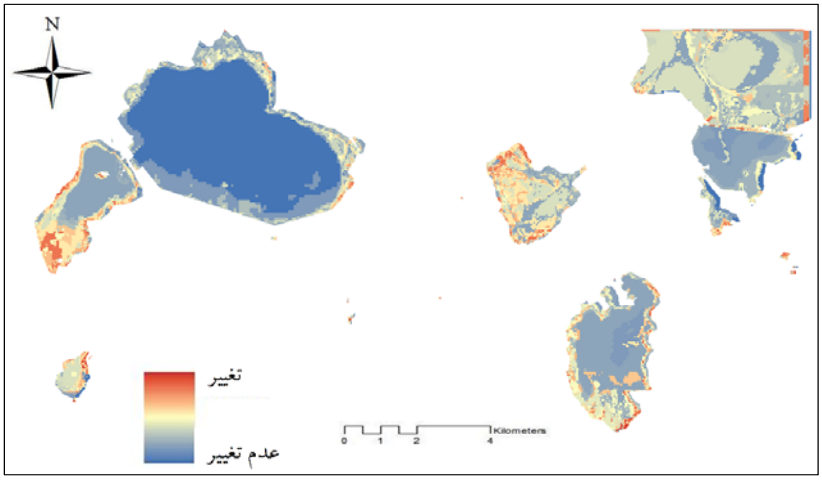
بر اساس جدول ۲، هرچند توسعه اراضی ساخته شده و کشاورزی، همبستگی منفی با مساحت تالاب‌ها دارند اما تأثیر آن‌ها در مقایسه با خشکسالی ناچیز است.

نوسانات پوشش گیاهی بر مقادیر محاسبه شده شاخص پوشش گیاهی NDVI تأثیر می‌گذارند. شکل ۵ روند تغییرات NDVI مربوط به پوشش گیاهان آبزی تالاب در طی زمان را نشان می‌دهد. در سال ۲۰۱۳ پوشش گیاهی تالاب‌ها بیش‌ترین مقدار و در سال ۲۰۰۰ کم‌ترین مقدار بوده است.



شکل ۵: روند تغییرات پوشش گیاهی تالاب‌ها.

پهنه‌بندی حساسیت زیستگاه تالاب‌ها، یکی از ملزومات اصلی در مدیریت جامع تالاب‌ها می‌باشد. این پهنه‌بندی با استفاده از واریانس زمانی تغییرات تالاب‌های منطقه سولدوز انجام شد که در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل ٦: نقشه حساسیت تالاب‌های منطقه سولدوز.

تغییرات هر یک از تالاب‌ها و حساسیت آن‌ها متفاوت از دیگری می‌باشد. با حرکت از میانه تالاب‌ها به سمت کناره‌ها بر شدت تغییرات و مناطق مستعد آسیب‌پذیری افزوده می‌شود. همچنین، توسعه اراضی کشاورزی در نزدیکی تالاب‌ها، در برخی موارد، سبب وارد شدن کودهای شیمیایی، سموم و آفت‌کش به آب‌های زیرزمینی و و تالاب‌ها می‌شود. نیتروژن به شکل نیترات به آسانی می‌تواند در رواناب سطحی حل شود و یا در آب زیرزمینی نفوذ کند. فسفر نیز ممکن است توسط ذرات خاک، بوسیله فرسایش یا انحلال حمل شود. این امر می‌تواند بر رشد و تعادل گیاهان آبزی مانند جلبک‌ها در کانال‌ها و تالاب‌ها موثر باشد و به عبارتی پدیده پرغذایی (Eutrophication) رخ دهد. طی این

فرآیند منابع آبی در مدت زمان کوتاهی تبدیل به باتلاق و مرداب می‌شود. تالاب‌هایی که در پایین دست اراضی کشاورزی واقع شده‌اند تغییرات بیش‌تری را نشان می‌دهند که این تغییرات در نتیجه تغییر عمق و تغییرات پوشش گیاهی بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتیجه تحقیق نشان می‌دهد که مساحت کلاس‌های کاربری و پوشش اراضی، در طی فاصله زمانی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۳ تغییرات زیادی داشته‌اند. در طول بازه زمانی مورد مطالعه کاهش شدید مساحت تالاب‌ها در سال ۲۰۰۰ رخ داده است. که هم‌زمان با وقوع شدیدترین خشکسالی در فاصله زمانی مورد مطالعه نیز می‌باشد.

بررسی نتایج تحلیل همبستگی در جدول ۲ نشان می‌دهد که خشکسالی تنها عامل تعیین‌کننده تغییرات تالاب‌ها نمی‌باشد. به طوری که توسعه اراضی کشاورزی و اراضی ساخته شده و مسکونی، افزایش نیاز آبی در منطقه را در پی داشته و همبستگی منفی با تغییرات مساحت تالاب‌ها نشان می‌دهند. و این امر نشان‌دهنده رقابت برای تصرف آب، مخصوصا در دوره خشکسالی بین اکوسیستم‌های آبی و مصارف کشاورزی و شهری می‌باشد. بررسی تغییرات NDVI مربوط به تالاب‌ها موید این واقعیت می‌باشد که پوشش گیاهی تالاب‌ها تغییرات نسبتا زیادی را تجربه کرده‌اند و این تغییرات در رابطه با دیگر اجزای اکوسیستم، دلایل مختلفی می‌تواند داشته باشد. ضریب همبستگی SPI و تغییرات پوشش گیاهی تالاب‌ها ۵۳- درصد محاسبه شد. بنابراین نوسان پوشش گیاهی تالاب‌ها، تنها تابع اقلیم منطقه و خشکسالی نمی‌باشد. این در حالی است که ضریب همبستگی بین تغییرات اراضی کشاورزی و تغییرات پوشش گیاهی تالاب‌ها ۹۱ درصد محاسبه گردید و این نشان دهنده تأثیر شدید توسعه کشاورزی و ورود پساب‌های کشاورزی در اکوسیستم تالاب می‌باشد.

بنابراین بیش‌ترین تغییرات ناشی از عوامل انسانی، مربوط به جامعه گیاهی اکوسیستم تالاب‌ها می‌باشد و این رابطه می‌تواند به دلیل استفاده بی رویه کشاورزان از کودهای شیمیایی و ورود این مواد به اکوسیستم‌های آبی باشد که منجر به رشد بیش از حد گیاهان آبزی می‌شود. علاوه بر آن، این مواد بر روی پرندگان نیز از طریق نفوذ در زنجیره غذایی آن‌ها موثر واقع شده و جمعیت آن‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از میان تالاب‌های موجود در منطقه سولدوز، یادگارلو،شورگل و درگه سنگی جزء تالاب‌های ثبت شده در کنواسیون رامسر هستند. هم اکنون پرغذایی و رشد بیش از حد جلبک‌ها در این تالاب‌ها، جزء مهمترین چالش‌ها در این تالاب‌ها به حساب می‌آید که مرگ این جلبک‌ها و فرایند طبیعی تجزیه لاشه آن‌ها باعث کاهش میزان اکسیژن محلول در آب شده و در نتیجه ماهیان و آبزیان تالاب‌ها با کمبود اکسیژن مواجه می‌شوند. این روابط مؤید این مطلب می‌باشد که مصرف کودهای کشاورزی در همسایگی تالاب‌ها، مدیریت بیش‌تری را می‌طلبد. بر اساس یافته‌های تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که طیف تغییرات تالاب‌ها، مناطق نسبتا پایدار و آسیب‌پذیر را آشکار کرده و می‌تواند در مدیریت و حفاظت از اکوسیستم تالاب، به مدیران و تصمیم‌گیران کمک کند. بر اساس یافته‌های این تحقیق، مناطق آسیب‌پذیر تالاب‌ها بیش‌تر در سواحل و کناره‌های تالاب‌ها قرار دارند و مناطق درونی‌تر و عمیق‌تر نسبتاً پایدار بوده‌اند.

این مطالعه دیدگاهی را برای مدیران و تصمیم‌گیران متصور می‌کند که تغییرات اقلیمی و خشکسالی می‌تواند وقایع شدید آبی و آب و هوایی را برای منابع آب سطحی بویژه تالاب‌ها تحمیل کند. بررسی نتایج آماری و تحلیل همبستگی بیانگر این است که اکوسیستم تالاب‌ها مانند سایر محیط‌های طبیعی دارای روابط پیچیده‌ای بوده و تنها یک عامل کنترل‌کننده اکوسیستم نمی‌باشد. بلکه مجموعه‌ای از عوامل انسانی، طبیعی و اقلیمی در تغییرات تالاب‌ها دخیل می‌باشند. طبقه‌بندی تصاویر سری زمانی ماهواره لندست و بررسی‌های وقوع خشکسالی نشان می‌دهند که سهم هر یک از عوامل در تغییرات تالاب‌ها متفاوت می‌باشد و البته این عوامل و نقش هر یک از آن‌ها در مناطق مختلف می‌تواند متفاوت باشد. تحلیل نتایج تحقیق بیانگر این مطلب می‌باشد که خشکسالی سهم بیش‌تری نسبت به سایر عوامل در نوسانات سطح آب تالاب‌های منطقه سولدوز دارد و سیاست‌های توسعه اراضی کشاورزی و آبیاری کشاورزی در مرتبه بعدی اهمیت قرار دارند. همچنین تغییرات و توسعه اراضی کشاورزی و استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و سموم به عنوان بزرگ‌ترین تهدید برای سلامت تالاب‌های منطقه سولدوز محسوب می‌شوند. و به عبارتی دیگر، تغییرات پوشش گیاهی آن بیش‌تر در کنترل تغییرات اراضی کشاورزی می‌باشد. یافته‌های تحقیق نمایانگر این امر مهم می‌باشد که در تغییرات کاربری و توسعه اراضی کشاورزی و شهری، قبل از آنکه بازخوردهای منفی اتفاق بیافتد، می‌بایست اهمیت مسأله آب و محیط زیست در اولویت قرار گیرند. خشکسالی پدیده‌ای است که ممکن است در آینده به تناوب رخ دهد و

تولید محصولات کشاورزی و اکوسیستم‌های طبیعی نظیر تالاب‌ها را تهدید کند. بنابراین حفاظت از منابع آب در دسترس به چالشی بزرگ تبدیل خواهد شد. یکی از رویکردهای اصلی برای مقابله با خشکسالی، تغییر الگوی کشت در جهت بهبود مصرف آب و کاشت گونه‌های مقاوم به خشکی، بیماری و آفت می‌باشد. موارد فوق، ضرورت یک رویکرد منسجم برای مدیریت اجزاء مختلف اکوسیستم و استفاده از فناوری‌های نوین مانند سنجش از دور، برای نیل به این هدف را قوت می‌بخشد.

منابع

ابراهیمی، ع.، محمدی، ف.، کاوه، ن. و محمدی، م.، ۱۳۸۸. تحلیل وارزیابی تأثیرخشکسالی برکاهش سطح آب تالاب‌های استان چهارمحال وبختیاری با استفاده ازتکنیک‌های RS وGIS، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران دانشگاه گرگان۲-۳ اردیبهشت ۱۳۸۸.

خلیلیان، ص.، خداوردیزاده، م. و کلاشمی، م.، ۱۳۹۰. تعیین ارزش حفاظتی تالاب قوریگل و کاربرد رهیافت فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به منظور تمایز ارزش‌های مصرفی و غیرمصرفی، محیط شناسی، شماره ۶۰، صفحات ۲۳-۳۴.

رفیعی، ی.، محمدی، ب.، آبکار، ع.، یاوری، ا.، مهریان، م. و ظهرابی، ح.، ۱۳۹۰. بررسی تغییرات زیست محیطی تالاب‌ها و مناطق حفاظت شده با استفاده از تصاویر چند زمانه سنجنده TM (مطالعهٔ موردی: تالاب نیریز)، محیط شناسی، شماره ۵۷، صفحه ۱-۱۲.

لعبت زبردست، ل. و جعفری، ح.، ۱۳۹۰. ارزیابی روند تغییرات تالاب انزلی با استفاده از سنجش از دور و ارائهٔ راه حل مدیریتی، محیط‌شناسی، شماره ۵۷، صفحات ۱-۸.

مجنونیان، ه.، ۱۳۷۷. تالاب‌ها (طبقه‌بندی و حفاظت تالاب‌ها، ارزش‌ها و کارکردها)، چاپ اول، انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۷۰ ص.

Ahl, D. E., Gower, S. T., Mackay, D. S., Burrows, S. N., Norman, J. M. and Diak, G. R., 2004. Heterogeneity of light use efficiency in a northern Wiscons in forest: implications for modeling net primary production with remote sensing. REMOTE SENS ENVIRON, 93, 168–178.

Baker, C., Lawrence, R., Montague, C. and Patten, D., 2006. Mapping wetlands and riparian areas using Landsat ETM+ imagery and decision-tree-based models. Wetlands, 26, 465–474.

Ben-Ze'ev, E., Karnieli, A., Agam, N., Kaufman, Y. and Holben, B., 2006. Assessing vegetation condition in the presence of biomass burning smoke by applying the Aerosol-free Vegetation Index (AFRI) on MODIS imagery. INT J REMOTE SENS, 27, 3203–3221.

Binh, T. N. K. D., Vromant, N., Hung, N. T., Hens, L. and Boon, E. K., 2005. Land cover changes between 1968 and 2003 in CaiNuoc, CA Mau Peninsula, Vietnam. Environment, Development and Sustainability, 7, 519–536.

Boser, B. E., Guyon, I. M. and Vapnik, V. N., 1992. A training algorithm for optimal margin classifiers. In: Haussler, D. (Ed.), Proceedings of the 5th Annual ACM Workshop on Computational Learning Theory. ACM Press, Pittsburgh, PA, pp. 144-152.

Carpenter, D. J. and Carpenter, S. M., 1983. Modelling inland water quality using Landsat data. REMOTE SENS ENVIRON, 13, 345–352.

CHOPRA, R., VERMA, V. K. and SHARMA, P. K., 2001. Mapping, monitoring and conservation of Harike wetland ecosystem, Punjab, India, through remote sensing. INT J REMOTE SENS, 22, 89-98.

Cortes, C. and Vapnik, V. N., 1995. Support vector network. Machine Learning, 200, 273-297.

Dennison, P. E., Nagler, P. L., Hultine, K. R., Glenn, E. P. and Ehleringer, J. R., 2009. Remote monitoring of tamarisk defoliation and evapotranspiration following salt cedar leaf beetle attack. REMOTE SENS ENVIRON, 113, 1462 - 1472.

Dwivedi, R. S. and Sreenivas, K., 2002. The vegetation and water logging dynamics as derived from space borne multispectral and multitemporal data. INT J REMOTE SENS, 23, 2729-2740.

Elvidge, C. D., Yuan, D., Weerackoon, R. D. and Lunetta, R. S., 1995. An automated scattergram-controlled regression technique for image normalization. Photogramm Eng. Rem. Sens, 61, 1255–1260.

Geerken, R., Batikha, N., Celis, D. and Depauw, E., 2005. Differentiation of rangeland vegetation and assessment of its status: Field investigations and MODIS and SPOT VEGETATION data analyses. INT J REMOTE SENS, 26, 4499–4526.

Gong, P., Niu, Z. G., Cheng, X. A., Zhao, K. Y., Zhou, D. M. and Guo, J. H., 2010. China's wetland change (1990–2000) determined by remote sensing. SCI CHINA SER D, 53, 1036–1042.

Hua, Z., Guo, H. H., Dunling, W. and Xiaodong, Z., 2011. Uncertainty assessment of climate change impacts on the hydrology of small prairie wetlands. J HYDROL, 396, 94–103.

Huang, G. H., Cohen, S. J., Yin, Y. Y. and Bass, B., 1998. Land resources adaptation planning under changing climate–a study for the Mackenzie Basin. RESOUR CONSERV RECY, 24, 95–119.

Huang, Y. F., Zou, Y., Huang, G. H., Maqsood, I. and Chakma, A., 2005. Flood vulnerability to climate change through hydrological modeling–a case study of the swift current creek watershed in western Canada. WATER INT, 30, 31–39.

Johnston, R. M. and Barson, M. M., 1993. Remote-sensing of Australian wetlands — an evaluation of Landsat Tm data for inventory and classification. AUST J MAR FRESH RES, 44, 235–252.

Koh, C. N., Lee, P. F. and Lin, R. S., 2006. Bird species richness patterns of northern Taiwan: primary productivity, human population density, and habitat heterogeneity. Diversity & Distributions, 12, 546–554.

KÖHL, M., Magnussen, S. and Marchetti, M., 2006. Sampling Methods, Remote Sensing and GIS Multiresource Forest Inventory. Springer, Verlag Berlin Heidelberg.

Leona, K. S., Michael, S., Thomas, R. L. and Pidgorna, A. B., 2009. Assessing the landscape context and conversion risk of protected areas using satellite data products. REMOTE SENS ENVIRON, 113, 1357–1369.

Lindell, L. T., Steinvall, Johnson, O. M. and Classon, T. H., 1985. Mapping of coastal water turbidity using Landsat imagery. INT J REMOTE SENS, 6, 629–642.

Liu, X. and Kafatos, M., 2005. Land-cover mixing and spectral vegetation indices. INT J REMOTE SENS, 26, 3321–3327.

Lucila, C., Wolf, v. I. and Javier, E. F., 2009. Impact assessment of combined climate and management scenarios on groundwater resources and associated wetland (Majorca, Spain). J HYDROL, 376, 510–527.

McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, Applied Climatology. Pre-prints, Anaheim, CA, pp. 179–184.

Morawitz, D., Blewett, T., Cohen, A. and Alberti, M., 2006. Using NDVI to assess vegetative land cover change in central Puget Sound. ENVIRON MONIT ASSESS, 114, 85–106.

Niu, Z. G., Gong, P., Cheng, X., Guo, J. H., Wang, L. and Huang, H. B., 2009. Geographical characteristics of China's wetlands derived from remotely sensed data. SCI CHINA SER D, 52, 723–738.

Pamela, L. N., Edward, P. and Osvel, H. H., 2009. Synthesis of ground and remote sensing data for monitoring ecosystem functions in the Colorado River Delta, Mexico. REMOTE SENS ENVIRON, 113, 1473–1485.

Qin, X. S., Huang, G. H., Chakma, A., Nie, X. H. and Lin, Q. G., 2008. A MCDM-based expert system for climate-change impact assessment and adaptation planning–a case study for the Georgia Basin, Canada. EXPERT SYST APPL, 34, 2164–2179.

Reed, B., Budde, M., Spencer, P. and Miller, A. E., 2009. Integration of MODIS- derived metrics to assess inter annual variability in snowpack, lake ice, and NDVI in southwest Alaska. REMOTE SENS ENVIRON, 113, 1443 - 1452.

Ressl, R., Lopez. G., Cruz, I., Cruz, I., Schmidt, M., Ressl, S. and Jiménez, R., 2009. Operational active fire mapping and burnt area identification applicable to Mexican Nature Protection Areas using MODIS and NOAA-AVHRR direct readout data. REMOTE SENS ENVIRON, 113, 1113–1126.

Roeck, D. E., Mtemi, M., Verhoest N. U., Batelaan, O. and Brendonck, L., 2007. Integrating remote sensing and wetland ecology: a case study on South African wetlands. International workshop on the analysis of multi-temporal remote sensing images. IEEE, New York, NY, USA, pp. 12 - 16.

Shao, G. and Reynolds, M. K., 2006. COMPUTER APPLICATIONS IN SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT Including Perspectives on Collaboration and Integration. Springer, Netherlands.

Sharafat, A., Saha, N. C. and Suraj, B., 1991. Wetland resources mapping in West Bengal using remotely sensed data. National Symposium on Remote Sensing of Environment, Madras, 10–12 December 1991 (Dehradun: Indian Society of Remote Sensing).

Shepard, D., 1968. A two-dimensional interpolation functions for irregularly-spaced data. Proceedings of the 1968 ACM National Conference, pp. 517–524.

Tucker, C., Pinzon, J., Brown, M., Slayback, D., Pak, E., Mahoney, R., Vermote, E. and ElSaleous, N., 2005. An extended AVHRR 8-kn NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data. INT J REMOTE SENS 26, 1198–4485.

Vapnik, V. N., 1995. The Nature of Statistical Learning Theory. Springer, New York.

Vapnik, V. N., 1998. Statistical Learning Theory. John Wiley and Sons, New York.

Zhaoning, G., Univ, C. N., Huili, G., Wenji, Z. and Xiaojuan, L., 2007. Using RS and GIS to monitoring Beijing wetland resources evolution. IEEE International Barcelona pp. 4596 – 4599.