

پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۰، زمستان ۱۳۸۸
صص ۹۳-۱۰۵

خودسازماندهی در تالاب هورالعظیم / هورالهوریه با تأکید بر اکولوژی سیمای سرزمین

سحر مختاری* - کارشناس ارشد مدیریت و برنامه‌ریزی محیط زیست، دانشگاه تهران
هادی سلطانی‌فرد - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تهران
احمدرضا یآوری - استادیار گروه برنامه‌ریزی و مدیریت، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۶/۶/۲۰ تأیید نهایی: ۱۳۸۸/۷/۲۰

چکیده

تالاب هورالعظیم / هورالهوریه یکی از مهمترین پناهگاه‌های حیات‌وحش و اکوسیستم‌های آبی مشترک بین کشور ایران (جنوب غرب) و کشور عراق و بخشی از تالاب‌های بزرگ بین‌النهرین است که تغییرات مختلف در دو دهه اخیر تأثیرات مهمی بر ساختار و کارکرد این مجموعه گذاشته است. مساحت این تالاب در فاصله زمانی حدود ۲۰ سال (۱۳۶۷-۱۳۴۵) بین ۵۶۰۰۰۰ تا ۴۵۰۰۰۰ هکتار گزارش شده است (UNEP, 2001). به دلایل مختلف به مرور زمان بخش وسیعی از آن خشک شده و در سال ۱۹۹۱ وسعتی معادل ۳۱۰۰۰۰ هکتار داشته است. روند تحولات هور بر اساس تغییرات در عناصر ساختاری تعریف شده در ۳ مقیاس (لکه، پهنه همگن و کل سیمای سرزمین) و در دو دوره زمانی ۱۹۹۱ و ۲۰۰۲ به کمک متریک‌ها مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که روند تغییرات مشابه (خرد شدن و ...) به تفکیک مکان، متفاوت و در برخی پهنه‌ها شدیدتر است. بخش مهمی از این تغییرات بیشتر به علت فعالیت‌های توسعه ضمن نادیده گرفتن تأثیرات پایین دست آنان در مقیاس کل سیمای سرزمین است، که کلیه کشورهای مرتبط در بروز عوارض و تأثیرات توسعه سهیم‌اند و از این رو انجام اقدامات اصلاحی به منظور جلوگیری از روند تخریب تالاب هورالعظیم مستلزم اقدامات مشترک دو یا چندجانبه و در برخی موارد با قبول مسئولیت یک کشور اولویت می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: تالاب هورالعظیم / هورالهوریه، تغییرات، خودسازماندهی، تصاویر ماهواره‌ای، سیمای سرزمین، متریک.

مقدمه

اکوسیستم‌ها به صورت طبیعی در سیر توالی خود دچار تغییر و تحولات مختلفی می‌گردند که با توجه به ساختار سیستم و نوع تغییرات، معمولاً ماهیتی پیوسته و آرام دارند. در این میان، برخی از پارامترهای محیطی در تداخل با سازوکارهای موجود در طبیعت باعث تشدید یا تغییر روند تحولات می‌شوند و می‌توانند به ایجاد تغییرات برگشت‌ناپذیر و یا تخریب اکوسیستم منجر گردند. مطالعه و بررسی روند این تحولات در طول زمان علاوه بر شناسایی ماهیت پارامترهای تأثیرگذار و تعیین راهکارهای اصلاحی می‌تواند خط سیر توالی سیستم - اعم از نزولی و یا صعودی - را در طول این مدت مشخص کند.

* E- mail: mokhtari@pmo.ir

تالاب هورالعظیم / هورالهوریزه بخشی از تالاب دائمی آب شیرین در بین‌النهرین سفلی است که میان دو کشور ایران و عراق قرار گرفته است. حد شرقی هور در خاک ایران، در شمال غرب شهرستان بستان و در نزدیکی روستای چزابه به مختصات ۴۷ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و ۴۷ درجه و ۱۶ دقیقه غربی قرار گرفته است. این تالاب از شمال نیز در محدوده جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۷ دقیقه و ۵۷ دقیقه شرقی و ۴۷ درجه و ۱۶ دقیقه غربی قرار گرفته است. این تالاب از شمال نیز در محدوده جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۷ دقیقه در مجاورت روستای سوله و از سمت جنوب نیز در عرض جغرافیایی ۴۱ درجه قرار گرفته است. درک روند تغییرات و شناخت سیر تحولات اکوسیستم‌ها به‌طور عام و تالاب‌ها به‌عنوان یکی از اکوسیستم‌های حساس به‌طور خاص، می‌تواند پیش‌بینی صحیحی از وضعیت آتی آنها - در صورت تداوم روند حاکم بر آنها - ارائه دهد.

مهم‌ترین مسئله در این میان، ارزیابی میزان توانایی اکوسیستم و تعیین میزان خودسازماندهی سیستم برای رسیدن به حالت متعادل است؛ که براساس آن سیستم پس از بروز هر یک از عوامل اختلالی قادر به رفع پیامدها خواهد بود. بررسی و تعیین پتانسیل خودسازماندهی سیستم می‌تواند علاوه بر شناسایی سازوکارهای موجود در سیستم و ارائه تصویر صحیحی از آنها، راهکارهای اصلاحی مناسبی در جهت کاهش و یا رفع تأثیرات این پارامترها ارائه دهد. تاکنون بررسی عملی ویژگی‌های سیستم اکولوژیک با استفاده از ویژگی خودسازماندهی سیستم - به عنوان معیار و شاخص پویایی سیستم - در برابر عوامل اختلالی در دوره زمانی مشخص صورت نگرفته است. این در حالی است که بررسی روند تغییرات به‌طور عام با استفاده از شبیه‌سازی سیستم‌های اکولوژیک و یا موارد مشابه به‌صورت فرضی انجام گرفته است و ماهیت این تحقیقات در تالاب‌ها با محوریت تغییرات اکوسیستم‌ها، شامل بررسی ارتباطات اکولوژیکی در مقیاس کلان با رهیافت سیمای سرزمین و نیز با هدف کمی کردن وسعت و الگوی نفوذ پارامترها و شناسایی روند تغییرات پارامترهای دیگر بوده است. به هر حال، با توجه به محدودیت داده و مشکلات مطالعات صحرایی در عین ضرورت، به علت تغییرات سریع هورالعظیم / هورالهوریزه، استفاده از روشی ساده به کمک تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی همراه با سامانه اطلاعات جغرافیایی، می‌تواند آغاز کار شناخت ساختار و روند تحولات این سرزمین بااهمیت باشد.

مبانی نظری تحقیق

مفهوم خودسازماندهی به توانایی بازسازی و ترمیم ساختار سیستم پس از قرارگیری در شرایط نامتعادل و یا تنش‌های محیطی اشاره دارد. خودسازماندهی از مهم‌ترین ویژگی‌های سیستم‌های زنده و پیچیده است که رابطه مستقیمی با روند تکاملی سیستم و ارتقای آن به سطوح بالاتری از پیچیدگی و در نهایت پایداری دارد. سیستم‌های خودسازمانده، نیاز به تبادل انرژی، ماده و اطلاعات با محیط اطراف خود دارند، به گونه‌ای که ویتلی^۱ در سال ۱۹۹۴ و کاپرا^۲ در سال ۱۹۹۶ فرایند خودسازماندهی را با استفاده از انرژی خود سیستم در جهت نوسازی و خلق سازمان جدید مرتبط می‌دانند، و ساختارهای حاصل از آن بر مبنای مفهوم آنتروپی^۳ و کار پریگوگن^۴ عامل اصلی در درک توسعه آتی چنین سیستم‌هایی

1. Wheatley
2. Capra
3. Entropy
4. Prigogine

به شمار می‌آیند. سیستم‌های خودسازمانده در ارتباط با محیط پیرامونی‌شان بازند و انرژی و ماده می‌توانند به شکل پیوسته جریان داشته باشند (Capra, 1996, 85). نشانه خودسازماندهی در سیستم‌های اکولوژیک می‌تواند شامل قابلیت حفظ خود سیستم و یا دستیابی به سازمانی جدید در خلال مجموعه‌ای از شرایط ناآرام و پرنوسان باشد. چنین ساختارهایی به وسیله چرخه مداوم بازخورد در درون سیستم مشخص می‌شوند و به زبان ریاضی با معادلات غیرخطی توصیف می‌شوند. خود به خود بودن، ویژگی بارز این سیستم‌ها به شمار می‌رود (Waldrop, 1994, 22-25, Kauffman, 1993, 181-218). شکل‌گیری سازوکار پایداری، به فاصله سیستم از حد نهایی تعادل و رسیدن به آستانه بالایی از ناپایداری و عدم تعادل بستگی دارد. سیستم‌های اکولوژیک با قابلیت پایداری پایین، حد مقاومت پایینی در مقابل اختلالات دارند، اما به همین میزان قابلیت برگشت به شرایط متعادل نیز در آنها بسیار زیاد است (Makhzoumi, 1999, 32-41). مثال مهمی از روند خودسازماندهی، بازگشت دوباره سیستم‌های اکولوژیک به سازمان گذشته، پس از وقوع اختلال شدید و فراتر از توان سیستم - نظیر سیل و یا آتش‌سوزی - است. براساس این ویژگی، لکه چمنزار قابلیت برگشت‌پذیری بالاتری در مقایسه با جنگل، در اثر بروز اختلال و آشفتگی (نظیر آتش‌سوزی) دارد. بنابراین چنین سیستمی توانایی پایین‌تری در حفظ سازمان خود خواهد داشت (Ingennoli, 2002, 18-21; Branger, 1998, 10-13). نتیجه خودسازماندهی، شکل‌گیری سیستم‌هایی است که در آن همه چیز به آن مکان تعلق دارد. سیستم‌هایی از این دست، هرگز به برنامه یا طرحی وابسته نیستند، بلکه شکل زمین و محدودیت‌های محیطی نظیر اقلیم، اکولوژی، فناوری و ادراک در حال تغییرات انسان، شرایط را دیکته می‌کنند (بل، ۱۳۸۲، ۳۲).

شکل‌گیری حالت‌های جدید در ساختار سیستم‌های اکولوژیک و تغییرات آن نیازمند سازوکاری متشکل از روابط متقابل و بروز آشفتگی‌هاست که به سیستم اکولوژیکی این امکان را می‌دهد تا سازمان جدید را براساس پتانسیل ذاتی خود تحقق بخشد.

امروزه با پیشرفت علوم، استفاده از فناوری‌های جدید مانند دریافت و پردازش داده‌ها (از طریق ماهواره‌ها)، استفاده از نرم‌افزارها و سامانه‌های پردازش اطلاعات، نقش مهمی در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست دارد. استفاده از اطلاعات سامانه سنجش از دور ماهواره‌ای با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد آن - از قبیل دید وسیع و یکپارچه، استفاده از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی برای ثبت خصوصیت پدیده‌ها، پوشش‌های تکراری و سرعت انتقال و تنوع اشکال داده‌ها، امکان به‌کارگیری سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای ویژه رایانه‌ای - به‌عنوان ابزاری مناسب در ارزیابی و نظارت بر محیط زیست و همچنین بررسی تغییرات اکوسیستم‌ها به کار گرفته شده و به مرور بر دامنه وسعت کاربری آن افزوده گردیده است. در یکی دو دهه اخیر، افزایش حجم اطلاعات قابل دسترس و لزوم ترکیب این اطلاعات باعث شکل‌گیری فن دیگری به نام سامانه اطلاعات جغرافیایی شده است. سامانه اطلاعات جغرافیایی، نرم‌افزاری است که زمینه ورود داده‌ها، مدیریت و تحلیل آنها و تهیه محصول خروجی را فراهم می‌آورد.

به‌طور معمول شناخت ویژگی‌های تالاب‌ها به‌وسیله تحلیل جداسازی طیفی واحدهای اصلی پوشش زمین برمبنای ویژگی‌های بازتابی نوری و مادون قرمز آنها انجام می‌شود (Clark & Magee, 2001, 74-92). در سطح گسترده‌تری از طبقه‌بندی مورد نیاز برای این تحقیق، جداسازی سطوح آب، پوشش گیاهی و سطوح خشک با استفاده از طیف قرمز و مادون قرمز نزدیک به‌دست آمد. آب به خاطر ویژگی‌هایی که دارد، سطح پایینی از بازتاب را در این طول موج از خود نشان می‌دهد. در حالی که پوشش گیاهی به‌خاطر ساختار برگ‌ها، بازتاب شدیدی را در طول موج‌های نزدیک به مادون

قرمز بروز می‌دهد. اما این بازتاب در طول موج قرمز به خاطر جذب کلروفیل ضعیف است. این امر پایه‌ای برای تفکیک‌های آب و پوشش گیاهی تالاب به‌شمار می‌آید.

مواد و روش‌ها

با توجه به اهمیت مقیاس در علوم اکولوژی - به ویژه اکولوژی سیمای سرزمین - بررسی روند تخریب در سه مقیاس لکه، پهنه و سیمای سرزمین صورت گرفت. اساس تفکر حفظ لکه‌های باارزش‌تر، ایجاد ارتباط بین لکه‌های مناسب با هور (لکه‌های آب و زیستگاه‌ها)، برای عملکرد بهتر تالاب است که ممکن است مسیرهای همجوار کریدورها را نیز دربرگیرد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تفسیر آنها در اکولوژی تالاب، روش زیربنایی مناسبی محسوب می‌شود. از این رو در فرایند برنامه‌ریزی محیط زیستی، برای تهیه اطلاعات زیربنایی و داده‌های تغییرات محیطی در مناطقی که تالاب‌های حساس در خطر تغییرات محلی و نواحی بالادست منابع تغذیه‌کننده خود هستند، از این ابزار به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود (UNEP, 2001).

در این فرایند و در گام نخست پس از بازدید میدانی با استفاده از GPS بعضی نقاط به‌عنوان نقاط کنترل زمینی انتخاب شدند، تا بتوان از آنها در تحلیل تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۲ استفاده کرد. برای تحلیل تصاویر ماهواره‌ای از نرم‌افزار ERMapper و در بخش GIS از نرم‌افزار Arc view 3.1 استفاده شد.

به‌منظور موزاییک کردن تصاویر برای ارائه تصویر کاملی از منطقه مورد مطالعه، تصاویر در ابتدا با WGS84 تصحیح شدند. سپس بستر تالاب، لکه‌های آب و پوشش گیاهی، اراضی بیابانی و اراضی شور تفکیک و دسته‌بندی شدند. برای جداسازی پوشش گیاهی از یک روش ساده طبقه‌بندی براساس طرح مانروتورن استفاده شد (علوی‌پناه، ۱۳۸۲، ۶۷-۷۷). این روش شامل محاسبه شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده^۱ (NDVI) است.

شاخص‌های گیاهی از پرکاربردترین نمونه‌های محاسبات باندی به‌شمار می‌آیند که به‌منظور محاسبه درصد پوشش گیاهی، بررسی انواع پوشش گیاهی، وضعیت سبزی‌نگی منطقه طی دوره‌های مختلف و موارد دیگر به‌کار می‌روند. NDVI از شناخته‌شده‌ترین و ساده‌ترین شاخص‌های گیاهی مورد استفاده در پردازش تصاویر ماهواره‌ای قلمداد می‌شود.

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}) \quad \text{رابطه (۱)}$$

R(Red) باند نور مرئی قرمز

NIR (Near Infra Red) باند مادون قرمز نزدیک

NDVI=(0.05, 0.1) مناطق گیاهی تنک

NDVI=(0.1, 0.5) مناطق گیاهی معمولی

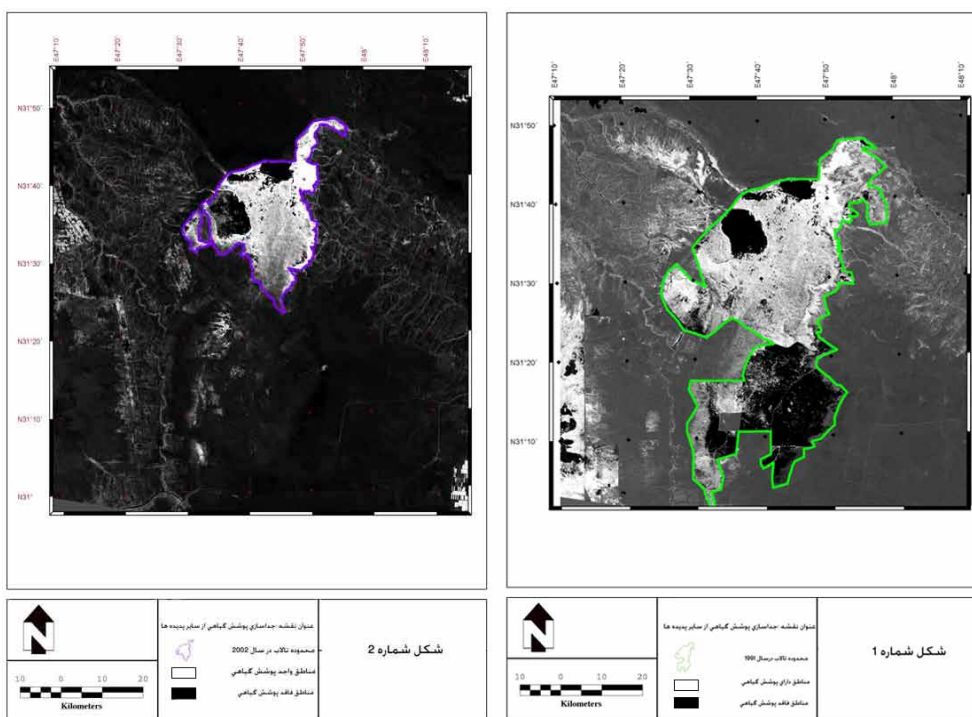
NDVI > 0.5 مناطق گیاهی بسیار متراکم و غنی

آب و برف و یخ دارای مقادیر NDVI منفی اند و خاکها دارای مقادیر کمتر از ۰/۵ و ابرها دارای مقادیر حول صفر هستند (رضایی و فاطمی، ۱۳۸۵).

با توجه به تعداد و ترکیب باندها، در سنجنده‌های TM^1 و ETM^+ ماهواره لندست، رابطه (۱) به صورت زیر تغییر می‌یابد:

$$NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3) \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن $TM3 = RED$ و $TM4 = NIR$ است و در آن باند ۳ بازتاب در طول موج قرمز و باند ۴ بازتاب در طول موج مادون قرمز و ارزش تصویر بین ۱ تا -۱ است. پوشش گیاهی سالم، ارزش بالایی را نشان می‌دهد، درحالی که بیابان ارزش نزدیک به صفر و آب‌های دارای ارزش زیر صفر را نشان می‌دهد (شکل‌های ۱ و ۲).

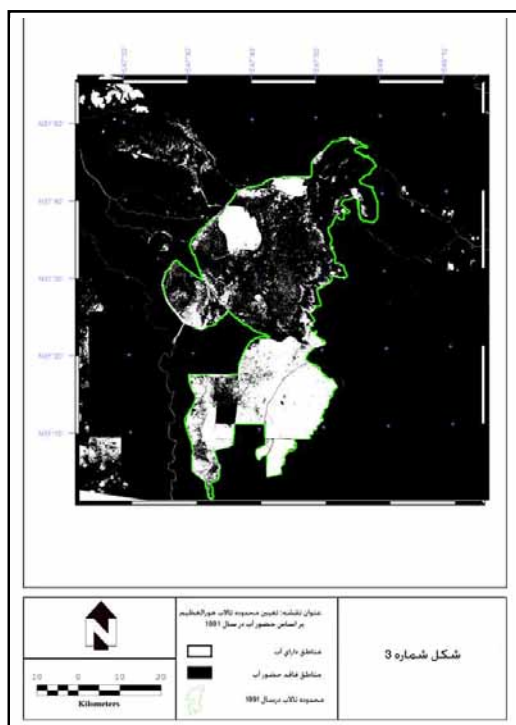


شکل ۲. جداسازی پوشش گیاهی از سایر پدیده‌ها در سال ۲۰۰۲

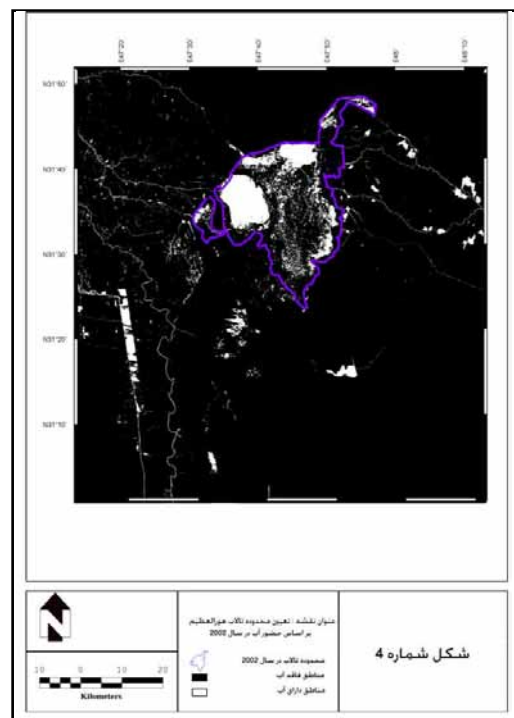
شکل ۱. جداسازی پوشش گیاهی از سایر پدیده‌ها در سال ۱۹۹۱

نرم‌افزار ERMapper6.4 در سنجنده‌های TM^1 و ETM^+ باند ۵ برای تشخیص آب به کار می‌رود و باند ۴ شامل طیف آب و پوشش گیاهی است و از رابطه (۳) به منظور جداسازی آب از پوشش گیاهی استفاده می‌شود (سازمان فضایی ایران، ۱۳۸۴).

$$If (band5 / band4) then 255 else 0 \quad \text{رابطه (۳)}$$



شکل ۳. تعیین محدوده تالاب هورالعظیم براساس حضور آب در سال ۱۹۹۱

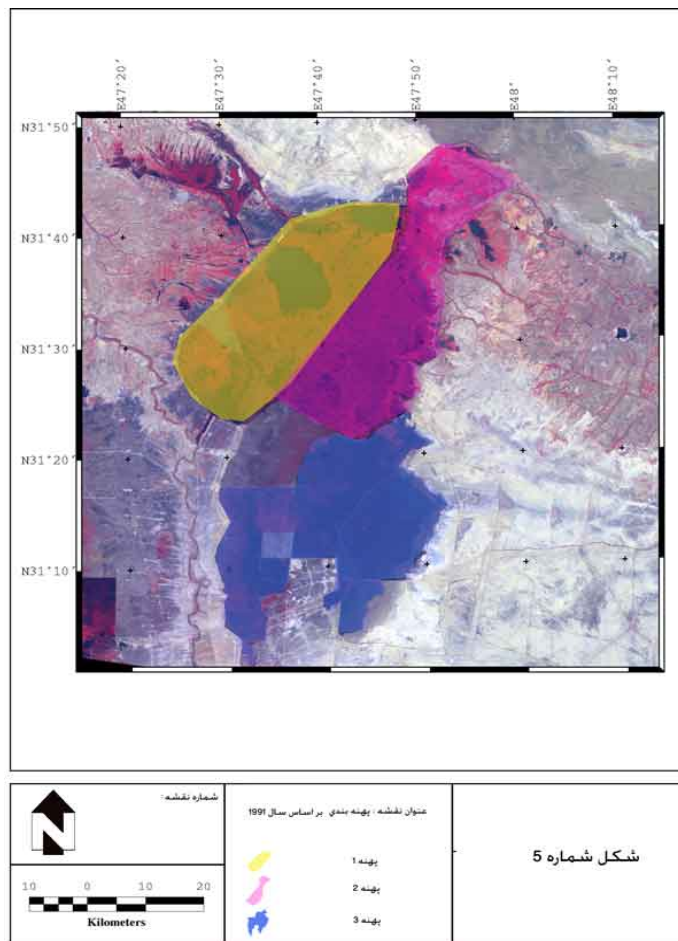


شکل ۴. تعیین محدوده تالاب هورالعظیم براساس حضور آب در سال ۲۰۰۲

برای جداسازی لکه‌های مختلف و محاسبه مساحت و محیط، تصاویر به نرم‌افزار ArcWise انتقال داده شدند و برای تحلیل‌های آماری که پس از محاسبات وجود داشت از نرم‌افزار اکسل استفاده شد. در مرحله بعد به منظور مشاهده ساختار تالاب هورالعظیم از تصاویر ماهواره‌ای لندست با سنجنده TM استفاده شد. به دلیل وسعت زیاد منطقه، گستردگی داده‌های خام موجود و پیچیدگی فرایند تحلیل، منطقه براساس سال ۱۹۹۱ میلادی از منظر حضور لکه‌ها، کریدورهای مصنوع و طبیعی به چند پهنه تقسیم گردید. این مرحله، دستیابی به صحت بالای نتایج در بخش تحلیل را به دنبال خواهد داشت. مهم‌ترین ملاک‌های پهنه‌بندی در این بخش به اختصار چنین است:

- حضور کریدورهای طبیعی و مصنوعی؛
- نوع لبه؛
- حضور شرایط طبیعی؛
- دانه‌بندی؛ و
- اختلال‌های انسانی در درون و لبه.

براساس ملاک‌های مذکور، منطقه به ۳ پهنه تقسیم شد (شکل ۵) که در درون هر پهنه با توجه به موضوع تحقیق، تحلیل‌هایی در خصوص تغییرات لکه‌های اصیل، تغییرات لکه‌های اختلالی، و تغییرات بستر برای ارزیابی شرایط حاکم و ارائه راهبرد و راهکار اصلاحی صورت گرفت.



شکل 5. بهنه بندی بر اساس سال ۱۹۹۱

بر اساس ویژگی‌های منطقه، عناصر ساختاری زیر تعیین شدند:

- لکه‌ها.
 - لکه‌های آب (طبیعی)؛ لکه‌های پوشش گیاهی (اختلالی)؛ لکه‌های شوری (اختلالی)؛ لکه‌های خشک (اختلالی).
 - کریدورها.
 - کریدورهای مصنوعی؛ کریدورهای طبیعی.
 - بستر که شامل پوشش گیاهی و آب به صورت توأم و تفکیک‌ناپذیر است.
- دستیابی به روند مشخصی از خط سیر سیستم و شرایط حاکم بر آن نیازمند تعریف ساختار کلی سیمای سرزمین، شناخت و توزیع عناصر ساختاری آن است که می‌تواند ماهیت توزیع عناصر ساختاری و درک ارتباطات موجود بین آنها را مشخص کند (Forman & Godron, 1986, 71-84). بدین منظور در بهنه‌های تعیین شده، از پنجره مشاهداتی^۱ استفاده

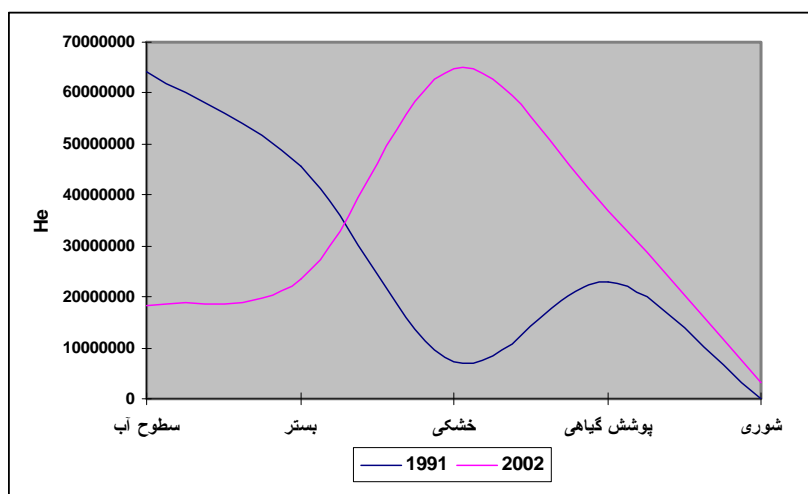
گردید. پنجره مشاهداتی ابزاری است که می‌تواند در تبیین ماهیت توزیع عناصر ساختاری سیمای سرزمین مفید باشد. بر این اساس با توجه به مقیاس منطقه، اندازه پهنه‌ها و عناصر ساختاری آنها می‌بایست پنجره مشاهداتی دارای تعداد و اندازه مشخص باشد. در این پژوهش براساس دانه‌بندی، اندازه لکه‌ها، مساحت منطقه و گویا بودن واقعیت جامعه آماری (صحت توزیع و ترکیب) از سه پنجره مشاهداتی در هر پهنه با ابعاد 4×4 کیلومتر و به صورت نیمه نظارت‌شده استفاده گردید.

نتایج حاصل از پنجره‌های مشاهداتی و بازدیدهای میدانی در موارد زیر به کار می‌رود:

- تحلیل توزیع، الگو^۱ (شکل) و شبکه لکه‌های آب، نیزار و کریدورهای طبیعی و مصنوعی؛
- تحلیل دانه‌بندی و لکه‌بندی تالاب؛
- تحلیل همگنی^۲ و یا ناهمگنی^۳ ساختار تالاب؛ و
- تحلیل همبستگی‌ها و توزیع نسبی بین عناصر در بستر سرزمین (Ibid).

یافته‌های تحقیق

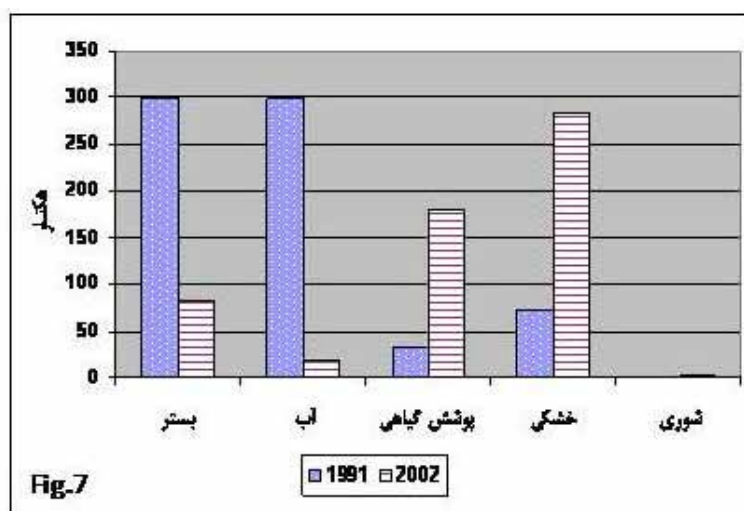
یافته‌های حاصل از این پژوهش با استفاده از نتایج تجزیه و تحلیل و اصول اکولوژی سیمای سرزمین به کمک متریک‌ها، نشان می‌دهد که اندازه مساحت لکه‌های اختلالی و طبیعی در خلال سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۲ تغییرات فراوانی داشته است. بر این اساس مساحت لکه‌های شوری، خشکی، و پوشش گیاهی در سال‌های منتهی به سال ۲۰۰۲ افزایش یافته است، در حالی که اندازه مساحت بستر و لکه‌های آب کاهش شدیدی را نشان می‌دهد (شکل ۶).



شکل ۶. مقایسه بین اندازه لکه‌ها و بستر در مقیاس سیمای سرزمین (۱۹۹۱-۲۰۰۲ م.).

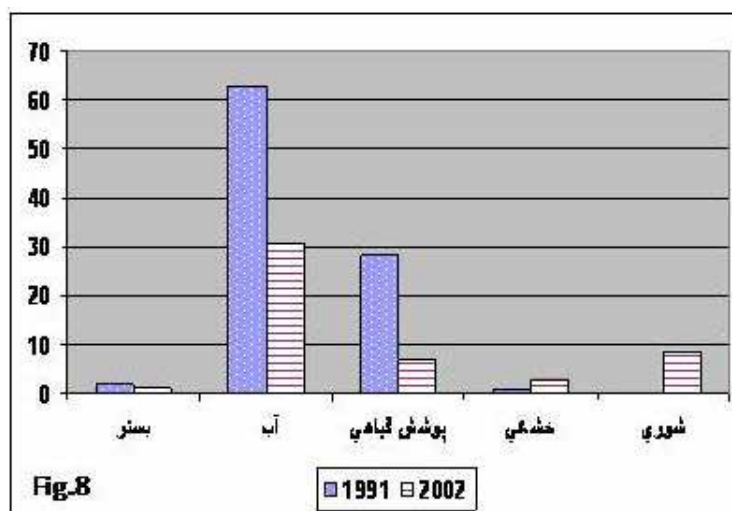
1. Pattern
2. Homogeneity
3. Heterogeneity

بررسی دقیق‌تر تغییرات میانگین اندازه لکه‌ها - که نتیجه مشاهده دقیق‌تر در کل پنجره‌های مشاهداتی است - بیانگر این نکته است که اندازه میانگین لکه‌های آب و بستر در سال ۱۹۹۱ میلادی تقریباً برابر یکدیگر بوده است. به عبارت دیگر، در این پهنه لکه و بستر طبیعی بالاترین میانگین اندازه لکه، و لکه‌های اختلالی شوری، خشکی و پوشش گیاهی کمترین میزان میانگین را داشته‌اند. مطابق با این یافته‌ها در سال ۲۰۰۲ لکه‌های اصیل آب و بستر بیشترین میزان کاهش میانگین و لکه‌های اختلالی خشکی، پوشش گیاهی و شوری افزایش میزان میانگین را داشته‌اند (شکل ۷).



شکل ۷. مقایسه بین میانگین اندازه لکه‌ها و بستر در مقیاس سیمای سرزمین (۱۹۹۱-۲۰۰۲ م.).

از سوی دیگر، تغییرات محسوسی در تعداد لکه‌ها در مقیاس سیمای سرزمین مشاهده می‌شود، به گونه‌ای که میانگین تعداد لکه‌های آب و پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۲ میلادی کاهش شدیدی نسبت به سال ۱۹۹۱ میلادی نشان می‌دهد، در حالی که لکه خشکی در این دوره با افزایش تعداد همراه بوده و لکه شوری که در سال ۱۹۹۱ سابقه حضور نداشته به ۸/۶ در سال ۲۰۰۲ رسیده است (شکل ۸).



شکل ۸. مقایسه بین میانگین تعداد لکه‌ها و بستر در مقیاس سیمای سرزمین (۱۹۹۱-۲۰۰۲ م.).

به‌طور کلی با توجه به یافته‌های پژوهش می‌توان روند تغییرات متریک‌ها را به تفکیک سال و پهنه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ خلاصه کرد. میانگین اندازه لکه‌ها، شاخص مناسبی برای بررسی روند تغییرات به‌شمار می‌آید، به‌نحوی که هر چه این عدد برای لکه‌های طبیعی بزرگ‌تر باشد، شرایط بهتر است. هر چه وسعت متوسط لکه‌های اختلالی بزرگ‌تر باشد، اوضاع وخیم‌تر و روند اختلال شدیدتر خواهد بود. تغییر بستر غالب منطقه (حضور توأم آب و پوشش گیاهی) به‌ویژه در پهنه‌های ۳ و ۱ در سال ۱۹۹۱ به بستر اختلالی خشک در سال ۲۰۰۲، نشان‌دهنده تغییرات ساختاری و عملکردی وسیع در این پهنه‌ها بوده است.

جدول ۱. تغییرات لکه‌ها براساس پهنه در دو دوره زمانی ۱۹۹۱ و ۲۰۰۲

سال	میانگین اندازه لکه‌ها (هکتار)		تعداد لکه‌ها		درصد لکه‌ها نسبت به کل		
	لکه طبیعی	لکه اختلالی	لکه طبیعی	لکه اختلالی	لکه طبیعی	لکه اختلالی	
۱۹۹۱	۱۸/۵	۷۴/۳	۶۲	۱۲	۴۵/۳	۳۱/۷	پهنه ۱
۲۰۰۲	۴۷	۴۷۷	۲۳	۲۲	۲۰	۸۰	
۱۹۹۱	۴	۳۴	۱۲۱	۱۹	۱۹	۲۹	پهنه ۲
۲۰۰۲	۴	۱۱۰	۶۶۱	۱۴	۱۵	۳۶	
۱۹۹۱	۸۷۲	۲۰۶	۶	۵۶	۷	۸۴	پهنه ۳
۲۰۰۲	۳	۶۲۵	۴	۷	۱	۹۹	
۱۹۹۱	۲۹۸	۱۰۰	۶۳	۲۹	۴۵	۲۸	سیمای
۲۰۰۲	۱۸	۴۶۳	۳۱	۱۸	۱۲	۷۱	سرزمین

با توجه به جدول ۱، در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۹۹۱ میزان حضور لکه‌های اختلالی ۲۸ درصد بوده، که مساحتی معادل با ۳۵۴۹ هکتار را به خود اختصاص داده و این میزان در سال ۲۰۰۲ به ۷۲ درصد (معادل با ۱۰۳۰۷/۳ هکتار) رسیده است. براین اساس، بیشترین رشد لکه‌های اختلالی را لکه اختلالی شوری با مساحتی معادل با ۶۴۷۳ هکتار داشته و در میان پهنه‌ها، پهنه شماره ۳ بیشترین روند نزولی را به خود اختصاص داده است. گسترش لکه‌های خشکی در پهنه ۳ بیش از دو پهنه دیگرست، که نشان از تخریب بیشتر در پهنه ۳ دارد، زیرا این پهنه گذر تبدیل آب به پوشش گیاهی را طی کرده و اکنون در گذر خشکی به شوری است. با توجه به یافته‌های تحقیق، مهم‌ترین عامل بروز روند قهقرایی در کل تالاب در سال ۱۹۹۱، لکه پوشش گیاهی و در سال ۲۰۰۲ لکه شوری بوده است.

نتیجه‌گیری

تحلیل یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که تالاب هورالعظیم، سیستم اکولوژیک پیچیده‌ای است که در دوره مورد مطالعه، در اثر بروز عوامل و پارامترهای مختلف در شرایط پرنوسان و اختلال قرار گرفته و سیری قهقرایی را برای

سیستم به همراه داشته است؛ به گونه‌ای که سیستم در طی این دوره دچار تخریب گردیده و از مساحت آن به‌طور کلی کاسته شده است. میزان تخریب در همه پهنه‌ها یکسان نبوده و بیشترین تخریب با توجه به یافته‌ها، در پهنه جنوبی تالاب (پهنه شماره ۳) رخ داده است.

در این میان، تغییرات صورت گرفته در تعداد و اندازه لکه‌ها از شاخص‌های شکل‌گیری روند نزولی و در نهایت تخریب سیستم بوده است (Ahern & Leitao, 2003, 65-93). از سوی دیگر با مطالعه و تحلیل دقیق‌تر می‌توان به منشأ اصلی تغییرات و پارامترهای تأثیرگذار در این روند پی برد. به‌طور مثال، افزایش تعداد لکه‌های آب هم می‌تواند ناشی از اختلال و هم ناشی از تغییرات طبیعی باشد. تغییرات روی داده در میانگین اندازه لکه‌ها - به عنوان عاملی تعیین‌کننده - گویای آن است که کاهش اندازه میانگین لکه‌ها، روند تخریب را در سیستم نشان می‌دهد و در واقع یک لکه یکپارچه اصیل به تعدادی از لکه‌های کوچک تبدیل شده و پیوستگی خود را از دست داده است. تدقیق این موضوع در مورد بستر هم صدق می‌کند. با توجه به طول مدت مطالعه در این تحقیق، به‌طور کلی روند نزولی در کل سیستم مشاهده می‌شود. اگرچه در برخی از پهنه‌ها کاهش تعداد لکه‌های اختلالی نیز وجود دارد، که می‌تواند بیانگر شکل‌گیری روند خودسازماندهی و در نتیجه صعودی و رو به رشد سیستم باشد، اما از طرفی شاخص تعداد به تنهایی نمی‌تواند گویای روند رو به بهبود در هور باشد، زیرا رشد لکه‌های اختلالی و به هم رسیدن و یکپارچگی آنها، تعداد لکه‌های اختلالی را کاهش می‌دهد، در حالی که مبین روند تخریب شدیدتری است. از این رو به نظر می‌رسد که سیستم در روندی یک‌طرفه و برگشت‌ناپذیر قرار گرفته و توانایی خودسازماندهی در سیستم کاهش یافته است. تداوم این روند، منجر به کاهش مساحت تالاب و نابودی این اکوسیستم منحصر به فرد خواهد شد.

تطابق یافته‌ها با شواهد موجود نشان می‌دهد که عواملی از قبیل راه‌سازی، حفر چاه‌های نفت، نبودن حریم و نبودن ضوابط و قوانین حفاظتی کارآمد باعث سهولت خشکاندن تالاب و تبدیل آن در این بخش شده است. علاوه بر خشکاندن تالاب و تبدیل آن به زمین، احداث سد نیز بر روی ورودی‌های آب تالاب باعث تسریع و از بین رفتن کاهش وسعت و عمق آب بوده است.

براساس مطالعه ساختار منطقه در دو دوره، افزایش جاده‌ها در اطراف تالاب و در نتیجه قطعه قطعه شدن تالاب و افزایش لکه‌های خشکی و شوری و خشک شدن تالاب مشاهده می‌شود. این روند بیان می‌دارد که افزایش دخالت‌های انسانی به افزایش روند تخریب می‌انجامد. پیش‌بینی می‌شود که ادامه چنین روندی باعث کاهش توانایی بازگشت سیستم و در نتیجه خودسازماندهی تالاب گردد که ادامه این روند از بین رفتن تالاب را در پی خواهد داشت.

کی دیگر از عوامل مهم تخریب هور را می‌توان تأثیر اقدامات صورت گرفته در راستای اهداف نظامی در سال‌های ۱۹۸۰ تا ۱۹۸۸ میلادی و در خلال جنگ ایران و عراق و عملیات اکتشاف میدین نفتی و حفر چاه‌های نفت در سال‌های پس از آن دانست. بر این اساس در طول جنگ بین ایران و عراق، به‌منظور ایجاد موانع و حفظ استحکامات و احداث جاده‌های دسترسی از سوی هر دو طرف درگیر، در داخل و خارج هورالعظیم با ایجاد خاکریزها و جاده‌های متعدد تغییراتی در منطقه به‌وجود آمده که به تغییرات سالیانه در سطح آب منجر گردیده است. از سوی دیگر، براساس مصوبه‌ای که به وزارتخانه‌های نفت و جهاد کشاورزی ابلاغ و رونوشت آن برای سازمان حفاظت محیط زیست ارسال شده است، میزان

۷۵۲۰ هکتار از اراضی ملی واقع در دشت آزادگان - استان خوزستان - به منظور عملیات حفاری با رعایت قوانین محیط زیستی به مدت پنج سال در اختیار وزارت نفت قرار گرفته است. پس از قطعیت استخراج نفت، بهره‌برداری از محل هر یک از چاه‌های استخراج نفت با شعاع ۲۵۰ متر از نقطه استخراج به مدت ۳۰ سال به وزارت نفت واگذار می‌گردد. احداث جاده‌ها و خاکریز علاوه بر قطع ارتباط آبی بخش‌هایی از تالاب، سبب تبدیل آنها به شورزار و خشکی شده است. این روند در چرخه طبیعی منابع غذایی نیز تأثیرگذار بوده است، به گونه‌ای که موجب محدود شدن توزیع منابع غذایی در دسترس در منطقه و به عبارتی دیگر مانع پراکندگی منطقی این منابع در حاشیه هور شده است. بر این اساس از آنجا که پرندگان مهاجر تالاب اغلب آبچرند و در فاصله آب‌های کم‌عمق زمستان را می‌گذرانند، بنابراین پدیدار شدن لکه‌های اختلالی خشکی با این ابعاد وسیع موجب تجمع پرندگان در یک لکه از تالاب شده و تراکم جمعیت آنها را در مکان به دنبال داشته است. این تراکم به بروز رقابت غذایی انجامیده و تغذیه نامناسب پرندگان را تشدید ساخته است. تداوم این روند در نهایت باعث ناامنی محیط زیست جانوران مختلف در زنجیره غذایی و بر هم خوردن نظم اکولوژیکی منطقه خواهد شد (شکل ۹). ادامه این تغییرات سوء یا اختلال‌ها و تشدید روند مذکور، احتمال بروز پدیده‌های زیر را به دنبال خواهد داشت:

- کم شدن تعداد ماهی‌های هور به علت کاهش اکسیژن محلول.
- کاهش یا تغییر و نوسانات ناپایدار جمعیت پرندگان مختلف و رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای مرتبط با آن.
- محدودیت تالاب، منجر به عدم پذیرش آب اضافی رودخانه‌های ورودی به آن شده است و سبب برگشت آب و در نتیجه تشدید خسارات ناشی از سیل در مناطق همجوار و حریم مصب رودخانه‌ها خواهد شد. تشدید زبان‌های ناشی از سیل در زمینه‌های اقتصادی و اجتماعی منجر به فقر و تخریب مضاعف می‌گردد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. ایجاد سیل و آبرفتگی معابر در تالاب



شکل ۹. نمایی از احداث جاده در تالاب هورالعظیم

- تغییر کیفیت آب‌های تغذیه‌کننده در فصول کم‌آبی به علت ورود زهاب‌های کشاورزی مسیر رودخانه و فاضلاب‌های انسانی روستاها و شهرهای مستقر در حاشیه رودخانه کرخه و احتمالاً دجله و فرات، و تشدید این پدیده در تابستان در مقایسه با زمستان که فصل پرآب شدن رودخانه و در نتیجه رقیق‌تر شدن مواد آلاینده است، به دگرگونی در کل آب اکوسیستم تالاب می‌انجامد و به دلیل اضافه شدن میزان فسفات، ازت و بالا رفتن مواد غذایی آب‌های رودخانه (در نتیجه فاضلاب انسانی و عناصر فسفر و ازت موجود در کودهای

شیمیایی) میزان این عناصر در هور بالا می‌رود و باعث غنی شدن آب می‌شود. این مواد که در تغذیه گیاهی نقش اساسی دارند و به سرعت جذب می‌شوند، به رشد بیشتر انواع گیاهان آبی نظیر نیلوفر آبی و خزه‌ها، نی‌ها، جگن‌ها و عدسک‌های آبی منجر می‌گردند.

رشد پوشش گیاهی به پدیده تصفیه و رسوب‌گذاری کمک می‌کند و سطوح جدیدتری از هور را اشغال خواهد کرد. از سوی دیگر، افزایش لکه اختلالی پوشش گیاهی درون آبی تالاب می‌تواند باعث کاهش میزان اکسیژن محلول گردد و در شرایط افزایش ناگهانی این پوشش باعث ظهور پدیده پرغذایی و تخریب اکوسیستم آبی هور شود. به علاوه، افزایش لکه پوشش گیاهی و تبدیل به بستر غالب شدن آن در برخی از بخش‌های تالاب، پرندگان آبی مهاجر را - که اهمیت اکولوژیکی ویژه‌ای دارند - دور می‌سازد. از نظر زیستگاهی، پرندگان آبی و آبچر به آب‌های بدون پوشش و کم‌پوشش بیشتر نیاز دارند، بنابراین لکه‌های انبوه نی می‌تواند بر پدیده مهاجرت تأثیر منفی بگذارد.

منابع

- Ahern, J. & Leitao, A., 2003, **Applying Landscape Ecological Concepts and Metrics in Sustainable Landscape Planning**, Landscape and Urban Planning, Vol. 59, pp. 65-93.
- Bell, S., 1999, **Landscape, Pattern, Perception and Process**, Spon press.
- Branger, M., 1998, **Chaos, Complexity and Entropy: A physics Talk for Non-Physics**, Center for Theoretical physics, Laboratory for Nuclear science and Department of Physics MIT, Cambridge, MA 02139, USA.
- Capra, F., 1996, **The Web of Life**, London, Harper Collins.
- Clark, P., & Magee, S., 2002, **The Iraqi Marshland (A Human and Environmental Study)**, Amar International Charitable Foundation London, UK.
- Farina, A., 1998, **Principles and Methods in Landscape Ecology**, Chapman & Hall, London.
- Forman, R. T.T. & Gordon, M., 1986, **Landscape Ecology**, John Wiley & Sons, Canada.
- Ingenhols, V., 2002, **Landscape Ecology: A Widening Foundation**, Springer-verlag Berlin Heidelberg.
- Iranian Space Agency, 2005, **Ermapper 6.4 Pamphlet**.
- Kuffman, S., 1993, **The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution**, New York, Oxford university press, p. 181-218.
- Makhzoumi, J. and Gloria P., 1999, **Ecological Landscape Design and Planning**, The Mediterranean context.
- Rezaei, U. and Fatemi, S.B., 2006, **Principles of Remote Sensing Be Used for Students in Surveying and Remote Sensing**, Azadeh.
- UNEP, 2001, **Early Warning and Assessment Technical Report**.
- Waldrop, M.M., 1994, **Complexity**, New York, Penguin Books.
- Wheatly, M., 1994, **Leadership and New Science**, San Francisco, Berrett Koehler.