



## امکان سنجی ویژگی‌های بیو-هیدروژئومورفولوژیکی رودخانه ارس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۲

بختیار فیضی‌زاده\*، جعفر رازقی<sup>۲</sup>، شهاب عادل<sup>۳</sup>

۱- گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز

۲- گروه زیست‌شناسی گیاهی، دانشکده علوم طبیعی دانشگاه تبریز

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده تبریز

### چکیده

بیو-هیدروژئومورفولوژی موضوعی ترکیبی بین زیست‌شناسی و جغرافیای طبیعی می‌باشد که به مطالعه اشکال ناهمواری-های ناشی از عمل آب به همراه عوامل زیستی می‌پردازد. شناخت عوامل بیو-هیدروژئومورفولوژیک و عملکرد آن در رودخانه ارس در راستای شناخت و مدیریت محیط در این رودخانه، اهمیت زیادی دارد. از این عوامل می‌توان به رشد جلبک‌ها اشاره نمود. امروزه پدیده نوتروفیکاسیون به‌عنوان یک معضل مهم جهانی بشمار می‌رود که بر روی اکوسیستم آبی تأثیر گذاشته و تعادل آن را به هم می‌زند. این پدیده در اثر رشد جلبک‌ها در بستر آبی ایجاد می‌شود که یکی از علل وقوع آن، مصرف بی‌رویه کود و ورود آنها به آب می‌باشد. بنابراین پایش و رصد این پدیده امری ضروری برای مقابله و مدیریت آن می‌باشد. در این راستا سنجش از دور به‌عنوان روشی نوین، امکانات لازم جهت شناسایی شکل‌گیری و گسترش جلبک‌های رودخانه و مدل‌سازی تغییرات زمانی و مکانی آن‌ها را فراهم می‌آورد. سنجش از دور با ارائه تصاویر چند زمانه امکان شناسایی دقیق محدوده‌های تحت پوشش جلبک‌ها و روند رشد و توسعه آن‌ها را فراهم می‌آورد. تحقیق حاضر با هدف امکان‌سنجی شناسایی محدوده‌های تحت پوشش جلبک‌ها را در محدوده رود ارس مدنظر قرار داده است. در این پژوهش از تصاویر ماهواره لندست ۸ استفاده شده است. مبنای پردازش بر اساس فنون پردازش تصویر و شناسایی جلبک‌ها می‌باشد. در این راستا به دلیل یکسان بودن بازتاب طیفی پوشش گیاهی و کلروفیل جلبک‌ها، از باند ۴ و ۵ و شاخص NDVI استفاده گردید و سپس از خروجی این شاخص به‌عنوان ورودی فن طبقه‌بندی نظارت‌شده به روش حداکثر احتمال اعمال گردید و در ارزیابی صحت طبقه‌بندی، صحت کلی ۸۱ درصد و ضریب کاپا ۰/۷۹ به دست آمد. نتایج حاصل با نمونه‌برداری‌هایی که از رود ارس انجام پذیرفت نزدیکی نتایج به یکدیگر را نشان داد. نتایج تحقیق حاضر برای ارزیابی وضعیت محیط‌زیستی جلبک‌ها در رود ارس و شناسایی منبع آلودگی‌های ناشی از جلبک‌ها دارای اهمیت زیادی است.

**کلمات کلیدی:** بیو-هیدروژئومورفولوژی، سنجش از دور، شناسایی جلبک.

## ۱-مقدمه

بطور کلی در یک اکوسیستم آبی، عوامل مختلفی از جمله عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیستی، تاثیرات متقابل از خود به جای می‌گذارد و کمترین تغییر و یا تنش موجب به هم خوردگی و اختلال در مجموعه می‌گردد و ساختمان داخلی دگرگون می‌شود (کولر و راکوود، ۱۹۸۴). از جمله ویژگی‌های بیوهیدروژئومورفولوژیکی رودخانه‌های می‌توان به جلبک‌ها اشاره کرد بدین صورت که جلبک‌ها به میزان زیادی از پارامترهای شیمیایی رودخانه تبعیت کرده و کیفیت آب را نشان می‌دهد، لذا از ابزار مفید برای سنجش کیفیت آب رودخانه می‌باشد. کشور ما در طی چند دهه اخیر به علت مصرف بی‌رویه منابع و به تبع آن دفع ناصولی مواد زائد و به‌طور کلی مدیریت ناپایدار شاهد معضلات مختلف محیط زیستی به خصوص مشکلات عدیده در اکوسیستم‌های آبی بوده است. وارد شدن مواد مغذی اعم از فسفر و نیتروژن به منابع آبی کشور در اثر مدیریت غلط سموم و کودهای شیمیایی کشاورزی، سبب بروز پدیده نوتریفیکاسیون شده و سبب رشد جلبک‌ها در بسترهای آبی و تغییرات بیولوژیکی به همراه هیدروژئومورفولوژیکی می‌باشد که این رشد سریع جلبک‌ها تعادل اکولوژیکی محیط آبی را بر هم می‌زند. بنابراین در جهت اصول توسعه پایدار شناسایی و پایش معضلات اکوسیستم‌های آبی در کشور به‌خصوص بحث رشد لجام گسیخته جلبک‌ها در بسترهای آبی کشور بسیار حائز اهمیت است. پایش و مانیتورینگ جلبک به روش سنتی نیازمند برنامه‌های نمونه‌برداری زمینی طاقت‌فرسا و پرهزینه و نیازمند تحلیل‌های آزمایشگاهی برای تخمین میزان کلنی جلبک‌ها لازم می‌باشد و معمولاً اطلاعات گردآوری شده توسط این روش‌ها به‌روز نمی‌باشند (کاسکون<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۸ و کارلسون<sup>۲</sup>، ۱۹۹۷). در این میان، کاربرد سنجش‌ازدور سبب ارائه نگرش توانمندی در عرصه مطالعات اکوسیستم‌های آبی شده و اطلاعات کافی و به‌روزی را برای مدیریت این منابع آبی فراهم ساخته است. از سال ۱۹۷۰، دانشمندان از تصاویر ماهواره‌ای برای تشخیص نشانه‌های اپتیکی ترکیبات موجود در سطح آب استفاده می‌کنند (اکسترنند<sup>۳</sup>، ۱۹۹۲). اندازه‌گیری‌های ماهواره‌ای برای تشخیص جلبک‌های سبز قابل استفاده می‌باشد چراکه این جلبک‌ها دارای طیف منحصربه‌فرد ناشی از رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌باشند (ریچاردسون<sup>۴</sup>، ۱۹۹۶). به علت افزایش تراکم جلبک‌ها در سراسر جهان و پیامدهای ناشی از آن، برنامه تشخیص، پایش و کنترل این نوع جلبک‌ها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش‌ازدور به یک گزینه جالب و سودمند تبدیل شده است (سلنر<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). تصاویر ماهواره‌ای لندست قابلیت زیادی در زمینه مطالعات محیط زیست

1 Coler and Rockwood

2 Coskun

3 Carlson

4 Ekstrand

5 Richardson

6 Sellner

دریایی به خصوص در زمینه جلبک‌ها داشته و در مطالعات مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است (بریتاین<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۰، باد<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۲، تیلور<sup>۳</sup>، ۱۹۹۷). مطالعه پیشینه تحقیق نشان می‌دهد که در راستای استفاده از قابلیت‌های سنجش‌ازدور برای شناسایی، تحقیقاتی انجام شده که چند نمونه از مهمترین آنها عبارتند از ( باد و وارینگتون<sup>۴</sup>، ۲۰۰۴، دکر و پیترس<sup>۵</sup>، ۱۹۹۳، هان و جردن<sup>۶</sup>، ۲۰۰۵، لاثروپ<sup>۷</sup>، ۱۹۹۲، ما و دای<sup>۸</sup>، ۲۰۰۵، سریده‌هار و وینسنت<sup>۹</sup>، ۲۰۰۷، وینسنت<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۴، وانگ<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۶، ون<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۶) می‌باشد. تحقیق حاضر با بهره‌گیری از نتایج تحقیقات قبلی، شناسایی محدوده‌های تحت پوشش جلبک‌ها را مد نظر قرار داده است. در این راستا تکنیک‌های پردازش تصویر و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به کار گرفته شده تا رشد جلبک‌ها در بستر رود ارس مدل‌سازی شود.

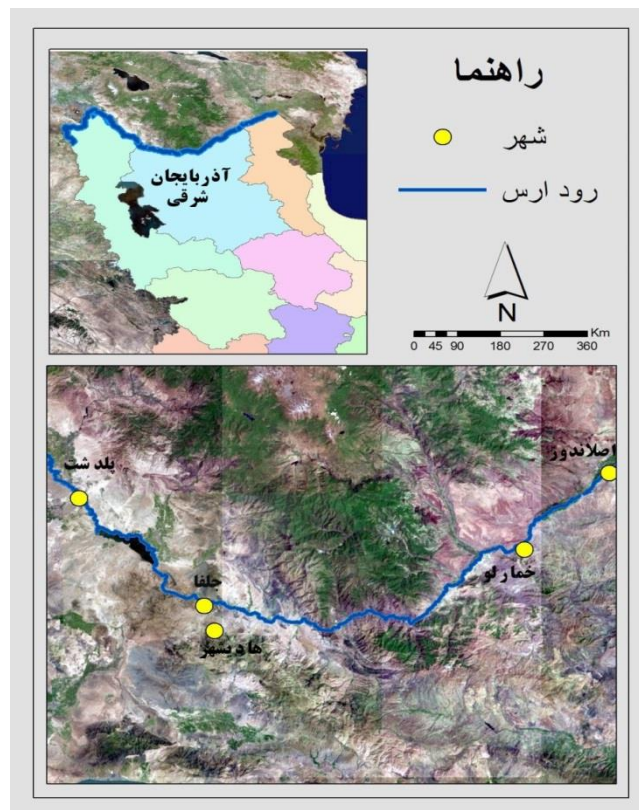
## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- معرفی محدوده مورد مطالعه

رودخانه ارس مهم‌ترین رودخانه مرزی شمال غرب ایران می‌شود. این رود به‌عنوان مرز مشترک ایران با جمهوری‌های آذربایجان، ارمنستان و نخجوان از اهمیتی بالایی برخوردار است (شکل ۱). رود ارس با طول ۱۰۷۲ کیلومتر، طولانی‌ترین رود داخلی ایران نیز محسوب می‌شود (معاونت اقتصادی و برنامه‌ریزی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی آ.ش، ۱۳۹۰). حوضه آبریز این رودخانه ۱۰۲۰۰۰ کیلومترمربع وسعت دارد که ۳۹ درصد آن در خاک ایران است (معاونت اقتصادی و برنامه‌ریزی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی آ.ش، ۱۳۹۰). در سال‌های خشک، بیشترین آب اندازه‌گیری شده بهاره رودخانه ۱۱۰۰ مترمکعب در ثانیه در سد ارس و ۱۸۰ مترمکعب در ثانیه در محل سد انحرافی میل - مغان است. دبی متوسط رودخانه در محل سد ارس در حدود ۲۵۰ مترمکعب در ثانیه و در محل سد انحرافی در حدود ۴۰۰ مترمکعب در ثانیه است (معاونت اقتصادی و برنامه‌ریزی سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی آ.ش، ۱۳۹۰). این رودخانه به‌واسطه‌ی افزایش مواد مغذی آلی و معدنی در نتیجه‌ی تخلیه‌ی پساب‌های خانگی، صنعتی و به خصوص کشاورزی در معرض پدیده

1 Brittain  
2 Budd  
3 Taylor  
4 Budd and Warrington  
5 Dekker and Peters  
6 Han and Jordan  
7 Lathrop  
8 Ma and Dai  
9 Sridhar and Vincent  
10 Vincent  
11 Wang  
12 Wen

یوتریفیکاسیون قرار گرفته است. یکی از معضلات ناشی از پدیده، ظهور جوامع جلبکی بر روی آب رودخانه می باشد.



شکل (۱): موقعیت رودخانه ارس در استان آذربایجان شرقی و شمال غرب کشور

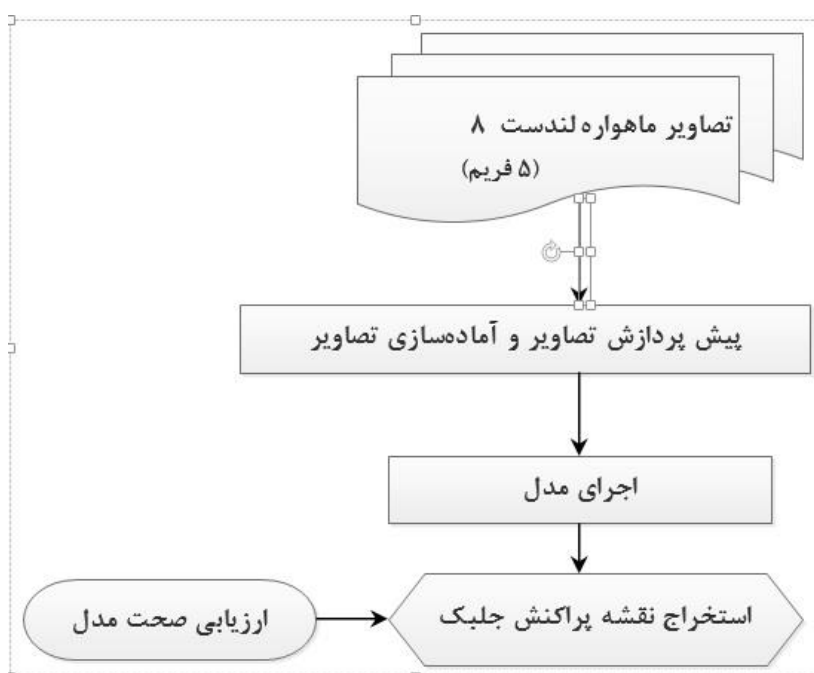
Fig. (1): Location of the River of Aras in East Azarbaijan Province and North West of Iran

## ۲-۲- روش تحقیق

در این پژوهش برای تشخیص لکه‌های جلبکی رود ارس از الگوریتم بیان شده در شکل ۲ استفاده شد. ۵ فریم تصویر لندست ۸ در تاریخ ۲۰ تیر الی ۲۰ مرداد مربوط به سال ۱۳۹۴ استفاده شد و بعد از انجام مراحل پیش پردازش، در نرم افزار ENVI موزاییک شدند تا تصویر واحد برای پردازش به دست آید. ماهواره LDCM یا لندست ۸، هشتمین ماهواره در تاریخ برنامه لندست ها می باشد که با مشارکت ناسا و سازمان زمین شناسی آمریکا اجرا شده است و از سال ۲۰۱۳ فعالیت دارد. این ماهواره دارای دو سنجنده با نام های OLI و TIRS است، که مشخصات آن‌ها در جدول ۱ ارائه شده است (پستا، ۲۰۱۴).

جدول (۱): خصوصیات سنجنده OLI و TIRS ماهواره لندست ۸  
Fig. (1): Details of OLI and TIRS sensors in Landsat Satellite

ماهواره	نام سنجنده	باند‌ها	دامنه طیفی (میکرومتر)	تفکیک مکانی (متر)
لندست ۸	OLI (Operational Land Imager)	Coastal Aerosol	۰/۰-۴۳۳/۴۵۳	۳۰
		Blue	۰/۴۵-۰/۵۱۵	
		Green	۰/۰-۵۲۵/۶	
		Red	۰/۰-۶۳۶/۸	
		NIR	۰/۰-۸۴۵/۸۸۵	
		SWIR1	۱/۱-۵۶۶/۶۶	
		SWIR2	۲/۲-۱/۳	
۱۵		PAN	۰/۰-۵/۶۸	
۳۰		Cirrus	۱/۱-۳۶/۳۹	
۱۰۰	TIRS (Thermal Infrared Sensor)	Thermal	۱۰/۱۱-۳/۳	
		Thermal	۱۱/۱۲-۵/۵	



شکل (۲): فلوجارت تحقیق

**Fig. (2): Research methodological flowchart**

آگاهی از وضعیت هندسی و رادیومتریکی داده‌های سنجش از دور پیش از به‌کارگیری آن‌ها ضروری است. به همین دلیل، تصاویر از لحاظ وجود خطاهای رادیومتریکی مانند خطاهای حاصل از ثبت نشدن داده‌ها به وسیله سنجنده‌ها، خطاهای ناشی از کالیبراسیون نابرابر آشکارسازها، خطاهای متأثر از شرایط اتمسفری و خطاهای حاصل از اثر توپوگرافی و نوردهی در جهت‌های مختلف، از طریق نمایش تصاویر بررسی شدند. خطاهای دستگاهی و زمین مرجع کردن تصویر پیش از فروش داده‌ها، آشکار و برطرف می‌گردند، لذا در این بررسی به اصلاح خطاهای دستگاهی نیازی نبود. با وجود اینکه تصاویر به کار گرفته شده با دقت بالایی زمین مرجع شده بودند تصحیح هندسی تصاویر به روش ناپارامتری و با در نظر گرفتن ۳۴ داده کنترلی GPS حاصل از نمونه‌برداری‌های زمینی با لحاظ کردن خطای آن و سایر لایه‌های اطلاعاتی نظیر نقشه‌های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰ صورت گرفت. این فرایند با بهره‌گیری از روش چندجمله‌ای با معادله درجه اول و روش نمونه‌گیری مجدد نزدیک‌ترین همسایه با خطای زیر یک پیکسل انجام شد (RMS=۰/۴۰۱).

در ادامه به منظور کاهش اثرات اتمسفری برای ایجاد شاخص‌های گیاهی مناسب، مقادیر ارزش پیکسلی هر باند به بازتاب بالای اتمسفر تبدیل شدند (لوب، ۲۰۱۲). برای سنجنده OLI در لندست ۸ با استفاده از رابطه ۱ مقادیر DN هر پیکسل مستقیماً به قابلیت بازتاب تبدیل می‌شوند.

$$\rho\lambda' = M\rho Q_{cal} + A\rho \quad [1]$$

که در آن،  $\rho\lambda'$  قابلیت بازتاب یا انعکاس بالای جو بدون تصحیح زاویه تابش خورشید،  $M\rho$  فاکتور مقیاس گذاری برای باند مورد نظر،  $Q_{cal}$  مقدار DN و  $A\rho$  فاکتور مقیاس گذاری جمعی برای باند مورد نظر است.

پارامتر  $\rho\lambda'$  با داشتن ضرایب  $M\rho$  و  $A\rho$  برای تصویر برداشت شده، مقادیر ارزش رقومی هر پیکسل را مستقیماً به مقادیر انعکاسی تبدیل می‌کند (میشرا، ۲۰۱۴). برای تبدیل مقادیر ارزش رقومی هر پیکسل به قابلیت بازتاب همراه با تصحیح زاویه خورشید از رابطه ۲ استفاده می‌شود.

$$P\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{sz})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{se})} \quad [2]$$

که در آن  $P\lambda$  قابلیت بازتاب سطح با تصحیح زاویه تابش خورشید،  $\rho\lambda'$  قابلیت بازتاب بدون تصحیح زاویه تابش خورشید،  $\theta_{se}$  زاویه ارتفاع محلی خورشید و  $\theta_{sz}$  زاویه زینت محلی خورشید است.

بازتاب طیفی رنگ آب متأثر از ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب است (وتزل<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱). اندازه-گیری بازتاب طیفی می‌تواند به محققان در تعیین کیفیت آب مخازن و دریاچه‌ها کمک کند. رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی فیتوپلانکتون مانند کلروفیل، اجازه تخمین غلظت با استفاده از اندازه‌گیری‌های اسپکتروفوتومتری می‌دهد (ایتون<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵). کلروفیل معمولاً برای توصیف غلظت‌های زیست توده جلبکی استفاده می‌شود و به تعیین تصمیم‌گیری‌های تصفیه آب آشامیدنی کمک می‌کند.

### ۳-۲- طبقه‌بندی تصاویر

بازتاب پوشش گیاهی اطراف رودخانه برای طبقه‌بندی نظارت شده با روش حداکثر احتمال استفاده گردید تا بر این اساس جلبک‌های داخل رودخانه ارس را از سایر طبقات تفکیک کند. طبقه‌بندی اطلاعات متداول‌ترین روش رقومی تجزیه و تحلیل، طبقه‌بندی می‌باشد (مخدوم و همکاران، ۱۳۸۸). از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده، روش حداکثر احتمال تاکنون به عنوان دقیق‌ترین و پر استفاده‌ترین روش ذکر شده است. (بولستاد و لیلسند<sup>۳</sup>، ۱۹۹۱). اساس کار در روش حداکثر احتمال این است که میزان کمی واریانس و همبستگی ارزش‌های طیفی باندهای مختلف برای مناطق نمونه محاسبه می‌شود و از همین خاصیت برای ارتباط یک پیکسل طبقه بندی نشده به یکی از گروه‌ها یا نمونه‌های طیفی استفاده می‌گردد. در این روش فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه بر اساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته‌اند (ریچارد و ژیا<sup>۴</sup>، ۱۹۹۹).

در این پژوهش نیز به علت داشتن نقاط زمینی نمونه‌برداری شده، از طبقه‌بندی نظارت شده با روش حداکثر احتمال که نیازمند نقاط آموزشی می‌باشد استفاده گردید که برای این نقاط آموزشی ما از نقاط زمینی نمونه‌برداری استفاده نمودیم. در ادامه برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی، از روش ماتریس خطا استفاده شد. ماتریس خطا بطور گسترده‌ای در مطالعات سنجش از دور به کار می‌رود. در این روش، نقشه واقعیت زمینی که متشکل از ارزش‌های تمامی پیکسل‌های طبقات تعریف شده است، با تصویر طبقه‌بندی شده تلاقی داده می‌شود. در این صورت تک‌تک پیکسل‌های نمونه‌برداری شده با پیکسل‌های طبقه‌بندی شده تلاقی می‌یابد و در نتیجه امکان بررسی صحت طبقه‌بندی پیکسل‌ها فراهم می‌شود. در این ماتریس پیکسل‌های قطری، پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده و پیکسل خارج از قطر پیکسل‌هایی هستند که بدرستی طبقه‌بندی نشده‌اند (بوسلر<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). با استفاده از این ماتریس خطا می‌توان معیارهای گوناگونی را برای بیان

1 Wetzel

2 EATON

3 Bolstad and Lillesand

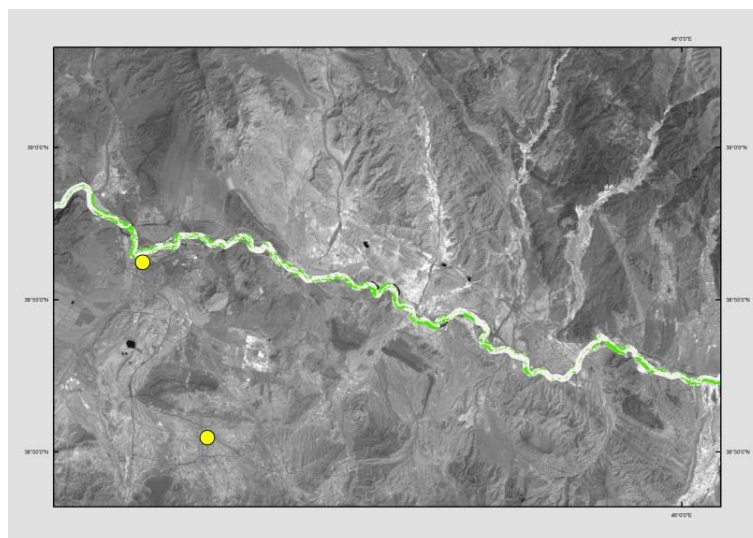
4 Richards and Jia

5 Bossler

صحت طبقه‌بندی به صورت کمی استخراج کرد، که از معمول‌ترین آنها به صحت کلی و ضریب کاپا اشاره می‌شود (کونگالتون و گرین، ۲۰۰۸).

### ۳- بحث و نتایج

پس از پیش پردازش و آماده‌سازی تصاویر، به منظور استخراج هرچه بیشتر اطلاعات از تصویر، تمامی تبدیلات مورد نیاز روی تصاویر اعمال شدند. با توجه به هدف اصلی تحقیق مورد نظر که بررسی پتانسیل تشخیص لکه‌های جلبکی با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی و طبقه‌بندی آن سپس مقایسه آن با داده‌های حقیق میدانی می‌باشد؛ نقشه توزیع لکه‌های جلبکی در طول رود ارس در شکل ۳ نشان داده شده است. جدول ۱ به ترتیب موقعیت نقاط نمونه‌برداری و نتایج تحلیلی نمونه‌ها را نشان می‌دهد. همچنین نتایج پارامترهای آماری پوشش گیاهی در جدول ۲ و ارزیابی صحت طبقه‌بندی در جدول ۳ نشان داده شده است.



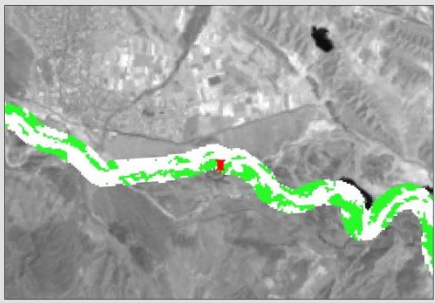
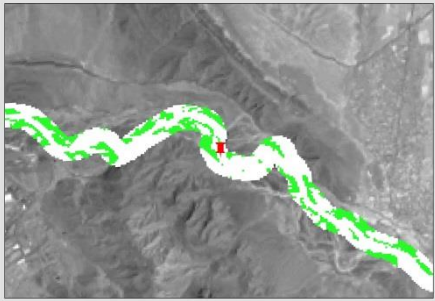

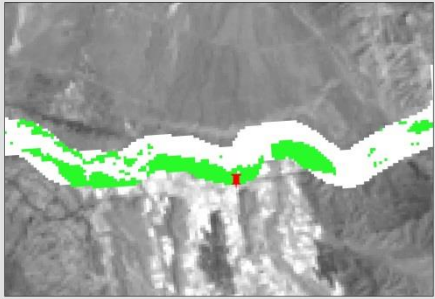
شکل (۳): نقشه پراکندگی جلبک در رود ارس

**Fig. (3): Location of the detected Algae's in Aras River**



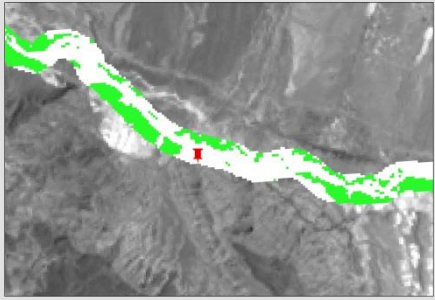
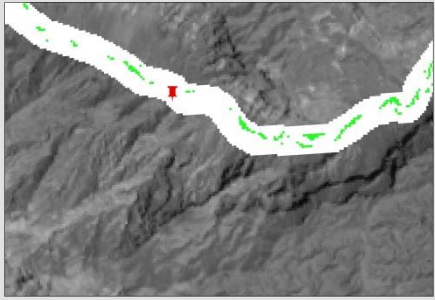
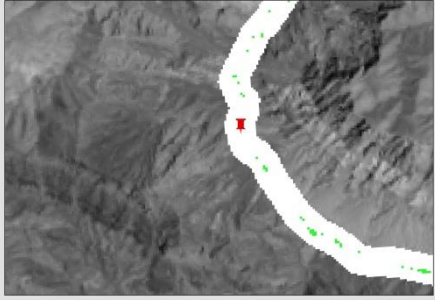
جدول (۲): موقعیت نقاط نمونه‌برداری و نتایج تحلیلی

Table (2): Location of the sampling points and obtained results

موقعیت مکانی	تعداد جلبک (در یک میلی لیتر نمونه)	شماره نمونه
	۱۱۲۴۶	۱
	۶۴۹۹	۲
	۵۰۸۳	۳
	۱۳۹۱۶	۴

ادامه جدول (۲): موقعیت نقاط نمونه برداری و نتایج تحلیلی

Con. Table (2): Location of the sampling points and obtained results

	۱۳۳۰	۵
	۲۵۸۳	۶
	۱۶۶۷	۷ (شاهد)

جدول (۳): پارامترهای آماری متغیر NDVI

Table (3): Statistical parameters for NDVI

دقت نمونه برداری	ضریب تغییرات	انحراف معیار	میانگین	حداکثر	حداقل	NDVI (درصد)
۶۶/۱۰	۵۳/۳۲ درصد	۱۱/۸۸	۲۲/۲۸	۵۷	۰	NDVI (درصد)

جدول (۴) نتایج بررسی دقت نقشه‌های بدست آمده از انجام طبقه‌بندی

Table (4): Results of accuracy assessment

حداکثر احتمال	روش طبقه بندی
۸۱ درصد	صحت کلی (درصد)
۰/۷۹	ضریب کاپا
دقت کاربرد (درصد)	طبقه
۸۱/۸۳	بدون پوشش
۷۹/۷۲	پوشش جلبک
دقت تولیدکننده (درصد)	
۸۸/۸۹	
۷۰/۸۳	

هدف از این مرحله سنجش اعتبار خروجی مدل بکار گرفته شده می‌باشد. بدین صورت که هر ۷ نمونه از لکه-های جلبکی تشخیص داده شده بر روی تصویر انتخاب شده است؛ به عبارتی هر ۷ نمونه بر روی تصویر نشان-دهنده حضور جلبک می‌باشد. سپس برای بررسی اینکه این نقاط تشخیصی با واقعیت زمینی تطابق دارند، اقدام به نمونه برداری زمینی شد و با نتایج مدل مقایسه شدند. همانطور که جدول نشان می‌دهد هر ۷ نقطه هم در نقاط استخراج شده و هم نمونه‌های میدانی دارای تطابق عارضه‌ای می‌باشند. مقایسه نتایج حاصل از مدل بکار گرفته شده با نتایج نمونه‌برداری نشان‌دهنده توانایی خوب روش بکار گرفته شده در منطق می‌باشد همچنین نقشه‌های بدست آمده از روش حداکثر احتمال را با فیلتر نمای ۳در۳ اجرا نمودیم و این عمل باعث حذف تک پیکسل‌ها و نرم شدن تصاویر شد، ضمن آنکه دقت طبقه‌بندی به میزان ۹ درصد بهبود بخشید.

#### ۴- نتیجه‌گیری

کسب اطلاعاتی در مورد مواد و پدیده‌های موجود در منابع آب به خصوص عارضه‌های جلبکی به منظور پایش و مدیریت آنها بسیار ضروری است که به کمک سنجش از دور می‌توان به مطالعه کمی و کیفی این منابع پرداخت. سنجش از دور می‌تواند در پایش و تخمین میزان تمرکز جلبکها در دریاچه‌ها و منابع آب استفاده شود. در این تحقیق نیز با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور اقدام به شناسایی مناطق جلبکی رود ارس شد. مقایسات خروجی مدل با داده‌های تحقیق حاکی از قدرت و صحت بالای روش بکار گرفته شده در شناسایی لکه‌های جلبکی در رود ارس می‌باشد و میزان صحت کلی و ضریب کاپا نشان‌دهنده صحت بالای نقشه تولید شده می‌باشد. از این رو میتوان نتیجه گرفت که روش به کار گرفته شده می‌تواند به عنوان ابزار کمکی بسیار مفید و مقرون به صرفه در کنار مطالعات میدانی و آزمایشگاهی در مورد پراکنش جلبکها در آب مورد استفاده قرار گیرد. نکته بسیار حائز اهمیت این است که با این روش و داده‌های سنجش از دور می‌توان اطلاعات به روز را در اختیار داشت و هم چنین به مطالعه زمان پیدایش و روند توسعه این لکه‌ها پرداخت. چرا که درک زمان بروز و نحوه توسعه این جلبکها در برنامه-

های کنترلی آنها بسیار مهم میباشند. با توجه به مسیر رودخانه ارس و مناطقی که لکه‌های جلبک در آنها کثرت داشته‌اند، بررسی‌هایی انجام پذیرفت که به دلایل ازدیاد این لکه‌های جلبک اشاره نمودند که عبارتند از: وجود فاضلاب‌های شهری و تخلیه آنها درون رودخانه از جمله شهر جلفا، زمین‌های کشاورزی و سرریز شده پساب‌های آنها به رودخانه ارس، کم شدن سرعت جریان رودخانه در این مناطق و فرصت رشد دادن به این جلبک‌ها به عبارتی سکون آب رودخانه.

تجمع و کلونی‌بندی جلبک‌ها بر روی بستره آبی رودخانه ارس دارای تبعاتی مختلف محیط‌زیستی اعم از کاهش کیفیت آب رودخانه، اختلال در رفتارهای طبیعی رودخانه، ممانعت از ارتباط کامل آب رودخانه و به تبع موجودات آبی درون رودخانه با محیط هوایی سطح رودخانه و ... می‌شود. از این رو مطالعات شناسایی مکانی و زمانی این تجمعات جلبکی در وهله اول سبب شناسایی مکان و نحوه پراکنش آنها شده و می‌تواند مدیران محیط زیستی و منابع آبی منطقه را در ارائه راهکارهای مدیریتی و مقابله‌ای با این پدیده یاری رساند.

رودخانه ارس دارای اهمیت بسیار زیاد زیست محیطی می‌باشد که عبارتند از منبع آب شرب بودن جمعیت بسیار زیادی از جمله جمعیت ۳ استان آذربایجان شرقی، غربی و اردبیل، تامین نیازهای آبی استان‌های ذکر شده برای مصارف صنعتی و کشاورزی، منتهی شدن این رودخانه به اکوسیستم خزر، دارای تنوع زیستی و آبیان بالا و در انتها آب مصرفی کشاورزی برای یکی از مهمترین کشت و صنعت کشوری به اسم کشت و صنعت مغان.

با توجه به اینکه پدیده‌های و معضلات محیط‌زیستی به صورت پیچیده و سیستمی عمل می‌نمایند و صرفاً علل و محرکه‌های آنها محدود به زمان و مکان مورد مطالعه نمی‌باشد بنابراین باید این مسئله در مقیاس‌های متفاوتی بررسی شود. رهیافت این تحقیق را می‌توان به عنوان اولین مرحله در بحث مدیریت پدیده نوتریفیکاسیون دانست به بیان دیگر اولین مرحله در هر مطالعه‌ای بیان مسئله و شناخت و جمع‌آوری اطلاعات کافی می‌باشد که این مهم مدنظر تحقیق حاضر بوده است. در مراحل بعدی پیشنهاد می‌شود محرکه‌های این پدیده مورد ارزیابی و شناسایی قرار گیرند. ارتباط بین این پدیده با سایر پدیده‌ها اعم از تغییرات کاربری زمین منطقه، نوع کشت و کار و نوع و میزان سموم و کودهای شیمیایی مورد استفاده کشاورزان منطقه، نحوه دفع پساب‌ها و پسماندهای کشاورزی و انسانی در منطقه و بسیار موارد دیگر مطالعه و سنجیده شود.

این مقاله مستخرج از گزارش نهائی طرح پژوهشی به شماره ۲-۲۷/۳۶۱۰/ص می‌باشد که از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه تبریز اجرا گردیده است.

## ۵-منابع

- Bolstad, P.V. and Lillesand, T.M. (1991). Rapid maximum likelihood classification. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 57.
- Bossler, J.D., Jensen, J.R., Master, M.C., Robert, B. & Rizos, C., (2004). *Manual of Geospatial Science and Technology*, CRC Press, 647 pp.
- Brezonik, P., Menken, K., Bauer, M. (2005). Landsat-based Remote Sensing of Lake Water Quality Characteristics, Including Chlorophyll and Colored Dissolved Organic Matter (CDOM). *Lake and Reservoir Management* 21(4):373-382
- Brittain, S. M., Wang, J., Babcock-Jackson, L., Carmichael, W.W., Rinehart, K.L., & Culver, D.A. (2000). Isolation and characterization of microcystins, cyclic heptapeptide hepatotoxins from a Lake Erie strain of *Microcystis aeruginosa*. *Journal of Great Lakes Research*, 26, 241– 249.
- Budd, J.W., Beeton, A.M., Stumpf, R. P., Culver, D.A., & Kerfoot, W.C. (2002). Satellite observations of *Microcystis* blooms in Western Lake Erie. *Verhandlungen-Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie*, 27, 3787– 3793.
- Budd, J., and Warrington, D. (2004). Satellite-based sediment and chlorophyll-a estimates for Lake Superior. *J. Great Lakes Res.* 30:459–466.
- Carlson, R. (1977). A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*, 22, 361-369.
- Coler, R.A., and J.P. Rockwood. 1984. *Water pollution biology*. University of Massachusetts at Amherst, 38 pp.
- Coskun, J.G., Tanik, A., Alganci, U., & Cigizoglu, H. K., (2008). Determination of Environmental Quality of Drinking Water Reservoir by Remote Sensing, GIS and Regression Analysis. *Water, Air and Soil Pollution*, 194, 275-285.
- Congalton, R.G. & Green, K., (2008). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*, CRC press, 210 pp.
- Dekker, A., and Peters, S. (1993). A TM study of eutrophic lakes in the Netherlands. *Int. J. Remote Sensing* 14:799–821.
- EATON, J.G., AND OTHERS. (1995). A field information-based system for estimating fish temperature tolerances. *Fisheries* 20: 10-18.

- Ekstrand, S. (1992). Landsat TM based quantification of chlorophyll-a during algae blooms in coastal waters. *International Journal of Remote Sensing*, 13(10), 1913-1926.
- Han, L., and Jordan, K. (2005). Estimating and mapping chlorophyll-a concentration in Pensacola Bay, Florida using Landsat ETM+ data. *Int. J. Remote Sensing*, 26:5245–5254.
- Lathrop, R., (1992). Landsat thematic mapper monitoring of turbid inland water quality. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 58:465–470.
- Lillesand, T.M., W.L. Johnson, R.L. Deuell, O.M. Lindstrom and D.E. Meisner. (2004). Use of Landsat data to predict the trophic state of Minnesota lakes. *Photogram. Engr. Remote Sens.* 49:219-229.
- Loeb, N.G., Kato, S., Su, W., Wong, T., Rose, F.G., Doelling, D.R., Norris, J.R. & Huang, X., (2012). Advances in Understanding Top-of-atmosphere Radiation Variability from Satellite Observations, *Surveys in geophysics*, 33(3-4), PP. 359-385.
- Ma, R., and Dai, J. (2005). Investigation of chlorophyll-a and total suspended matter concentrations using Landsat ETM and field spectral measurement in Taihu Lake, China. *Int. J. Remote Sensing* 26:2779–2787.
- Mather, P. & Tso. B., (2009). *Classification Methods for Remotely Sensed Data*, CRC press, 376 pp.
- Mishra, N., Haque, M.O., Leigh, L., Aaron, D., Helder, D. & Markham, B., (2014). Radiometric Cross Calibration of Landsat8 Operational Land Imager (OLI) and Landsat7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+), *Remote Sensing*, 6 (12), PP. 12619-12638.
- Pesta, F., Bhatta, S., Helder, D. & Mishra, N., (2014). Radiometric Non-Uniformity Characterization and Correction of Landsat 8 OLI Using Earth Imagery- Based Techniques, *Remote Sensing*, 7 (1), PP. 430-446.
- Richardson, L. L. (1996). Remote sensing of algal bloom dynamics. *Bio- Science*, 44, 492–501.
- Richards, J.A. & Jia, X., (1999). *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer, 454 pp.
- Sellner, K.G., Doucette, G.J., Kirkpatrick, G.J., (2003). Harmful algal blooms: causes, impacts and detection. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 3, 383–406.
- Sridhar, B., and Vincent, R. (2007). Spectral reflectance measurements of a microcystis bloom in upper Klamath Taylor, R. (1997). That bloomin' Microcystis: Where'd it come from? Where'd it go? *Twine Line*, 19, 1.
- Vincent, R., Qin, X., McKay, R., Miner, J., Czajkowski, K., Savino, J., and Bridgeman, T. (2004). Phycocyanin detection from Landsat TM data for mapping cyanobacterial blooms.

- Wang, F., Han, L., Kung, H., and van Arsdale, R. (2006). Applications of Landsat-5 TM imagery in assessing and mapping water quality in Reelfoot Lake, Tennessee. *Int. J. Remote Sensing*, 27:5269–5283.
- Wen, J., Xiao, Q., and Yang, Y. (2006). Remote sensing estimation of aquatic chlorophyll-a concentration based on Hyperion data in Lake Taihu. *Journal of Lake Sciences (Chinese)* 18:327–36.
- Wetzel, R. G. (1983). Attached algal-substrata interactions: Fact or myth, and when and how In “*Periphyton of Freshwater Ecosystems*” pp. 207-215.