



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیستم و پنجم، شماره‌ی ۸۹

بهار ۱۴۰۴، صفحات ۲۵-۱

مریم بیاتی خطیبی^۱

نگار ضابط^۲

خلیل ولیزاده کامران^۳

بررسی شوری آب و خاک در محدوده های شرق دریاچه ارومیه و غرب تبریز

در اثر پیشروی آب های شور زیرزمینی، با استفاده از سنجش از دور

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۶

چکیده

تغییرات اقلیمی، استحصال غیرمجاز آب‌های زیر زمینی و عدم توجه به بحران آب در توسعه مناطق مسکونی و صنعتی، باعث افزایش بحران شوری در بخشی از منطقه آذربایجان شرقی شده است. با توجه به تشدید شوری خاک در محدوده غرب تبریز، در این مقاله، بیشترین تمرکز تحقیق روی بررسی مسئله شوری خاک و آب در شعاع چند کیلومتری دریاچه ارومیه و در نزدیکی تبریز است. مشاهدات و بررسی‌های اولیه نشان می‌دهد که مشکل شوری آب و به دنبال آن شوری خاک، در منطقه مورد مطالعه به حدی زیاد شده که باعث شکایت زارعان و حتی به دلیل عدم باردهی خاک، موجب ترک زراعت شده است. در این تحقیق، به منظور پایش شوری آب و خاک اطراف دریاچه ارومیه و غرب تبریز، از داده‌های سنجنده ماهواره Landsat و با استفاده از شاخص‌های مختلف (NDVI, INDSI, SI, ...) و با بکارگیری Google Earth Engine، محدوده‌های شور تعیین شد. قبل از بکارگیری شاخص‌ها، تصحیحات لازم برای تفسیر چشمی مناطق و برای بهبود کنتراست، از تصاویر مختلف استفاده شد تا نمکزارها به خوبی مشخص گردد. سپس با توجه به بازتاب‌های طیفی نمکزار در باندهای مختلف سنجنده لندست مورد استفاده و توسط نسبت‌گیری طیفی، انواع شاخص‌های تشخیص نمکزارها پیاده سازی گردید. نقشه‌های خروجی شوری مربوط به روش‌های مختلف وضعیت تغییر ویژگی‌های خاک منطقه غرب تبریز را به خوبی نشان می‌دهند. نقشه

^۱ گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

m_bayati@tabrizu.ac.ir

^۲ گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

^۳ گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

تغییرات ۲۰ ساله از منطقه، نشان دهنده گسترش شوری در اطراف پالایشگاه تبریز است. آبیاری زمین‌های زراعی با استفاده از آب‌های زیر زمینی شور شده و تبخیر آب‌های سطحی باعث افزایش وسعت خاک‌های شور در غرب تبریز شده است. نقشه‌های خروجی همچون حاکی از این است که در غرب تبریز و در محدوده‌های مسکونی-زراعی شدت شوری بالاست، در حالی که در زمین‌های کشاورزی درصد شوری متوسط می‌باشد. نتایج بررسی‌ها نشان دهنده شدت شوری خاک در قسمت‌های شرقی دریاچه ارومیه با استفاده از شاخص‌های SI1, SI2, SI3 به بیش از ۳۵ ds/m است.

کلمات کلیدی: شوری خاک، شوری آب، شاخص‌های طیفی، شاخص EC، شرق دریاچه ارومیه، غرب تبریز

مقدمه

حوضه دریاچه ارومیه در دو دهه اخیر تحت تاثیرات تغییرات اقلیمی و دخالت‌های غیر اصولی انسان، دچار بحران‌های بزرگی شده است. به دلیل عدم آگاهی کشاورزان به اصول زراعت و انجام یکسری کارهای عمرانی (با هدف دستیابی به منافع کوتاه مدت)، خاک‌ها و آب‌های محدوده اطراف دریاچه با کاهش کیفیت و بحران آلودگی مواجه شده است. به طوری که در اثر بهره برداری‌های تشدید شده، خاک‌ها مرغوبیت خود را از دست داده و به شدت در حال شور شدن هستند پدیده شوری زمانی بیشتر محسوس می‌شود که غلظت املاح در خاک از حد متعارف تجاوز نماید (Flowers and Flowers, 2005). هم‌اکنون در جهان میلیون‌ها هکتار از زمین‌های زیرکشت به قدری شور شده‌اند که تولید محصول در آنها از نظر اقتصادی دیگر مقرون به صرفه نیست (Masoudi and Kike, 2006). این مقدار در ایران و در اطراف دریاچه ارومیه نزدیک به شش برابر نرخ جهانی است. با عنایت به اینکه حدود نیمی از زمین‌های آبی در جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند، تجمع بیش از اندازه سدیم - که موجب سمی شدن خاک و عامل بازدارنده در رشد گیاهان محسوب می‌شود - به یک عامل بزرگ محدودکننده در تولید محصولات کشاورزی تبدیل شده است (Grieve, 2000; Heidari, 2012).

امروزه به علل مختلف، شور شدن خاک در طی زمان از مشکلات عمده محیطی در محدوده‌های نیمه خشک محسوب می‌شود. در محدوده کاربری‌های مختلف، حضور و ازدیاد نمک پیامدهای زیان باری زیادی دارد که باید مدنظر قرار گیرد. پیامدهای منفی حضور نمک در محدوده‌های زراعی به مراتب بیش از سایر کاربری‌ها است (Bayati khatibi and Karami, 2011). به لحاظ تاثیر منفی حضور نمک در خاک و در تولید محصولات زراعی، شور شدن سریع خاک به یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی تبدیل شده است (Flowers and Flowers, 2005).

در منطقه آذربایجان شرقی دلیل وجود پهنه نمکی در بستر خشک شده دریاچه ارومیه و همچنین توسعه زمین‌های کشت و استحصال غیرمجاز از آب‌های زیر زمینی، شوری خاک در بخش بزرگی از منطقه به یک مشکلی بزرگ تبدیل شده و به نظر می‌رسد که در آینده ابعاد آن نیز بزرگتر خواهد شد (Bayati khatibi, Zabet 2023).

با توجه به اهمیت شوری خاک از ابعاد مختلف، محققان مختلف با استفاده از داده‌های میدانی و به همراه داده‌های حاصل از سنجنده‌های مختلف، مساله شوری خاک را مورد بررسی قرار داده‌اند که می‌توان در این مورد به تحقیقات داخلی از جمله، دادرسی و همکاران (Dadrasi and et al., 2006)، (Hassanvandi and et al., 2014)، (Karam and et al., 2019)، (Pirasteh and et al., 2015)، (Saryari and Mahmoudi, 2002)، و یا محققان خارجی مانند (Zinck, 2000)، (Khan and et al., 2001)، (Wang and et al., 2002)، (Farifteh and et al., 2005)، (Masoudi and Kaik, 2006)، (Yu and et al., 2010) اشاره نمود که بیشترین محققان به منظور ارائه مدلی برای تهیه نقشه شوری و با استفاده از داده‌های سنجنده‌های مختلف، مقادیر شوری خاک در محدوده‌های مورد بررسی را برآورد و محاسبه و در قالب نقشه‌ها ارائه نموده‌اند. البته محققانی هم بوده‌اند که بیشتر به داده‌های سنجنده‌ها اکتفا نموده‌اند و با استفاده از امکانات سنجنش از دور، پهنه‌هایی از خاک‌های تحت شوری را مورد بررسی قرار داده‌اند؛ در این مورد می‌توان به تحقیقات (Khorasani and Izadpanah, 1998) که تغییرات شوری خاک را در سال‌های مختلف در زیرحوضه دشت قزوین در مدت ۲۰ سال (۱۹۵۵-۱۹۷۵) با استفاده از اطلاعات ماهواره لندست MSS بررسی نموده‌اند همچنین می‌توان به بررسی‌های (Khajehaddin, 1996) با استفاده از سه سری داده‌های رقومی Landsat MSS در اراضی شور منطقه جازموریان اشاره نمود.

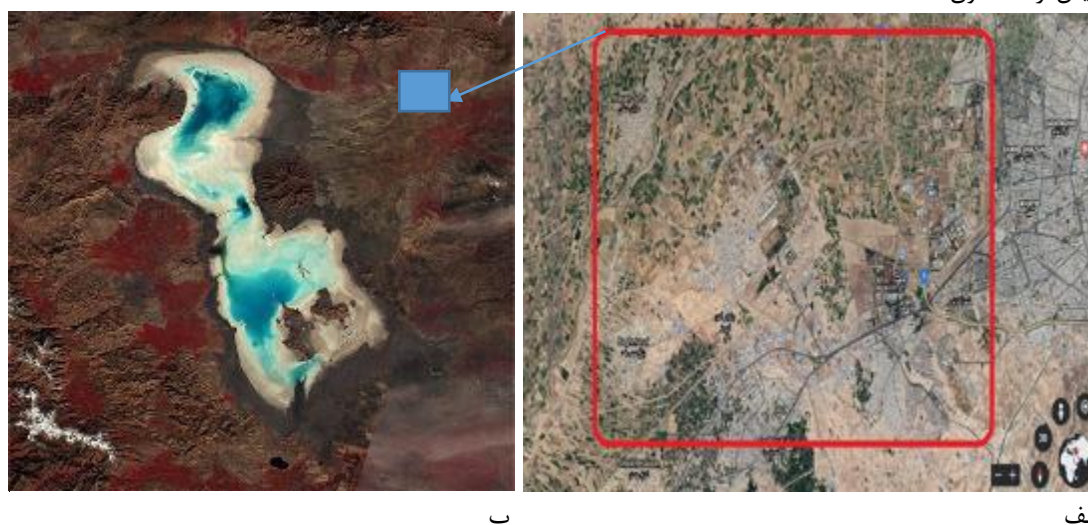
در این مقاله بیشترین تمرکز تحقیق روی مسئله شوری خاک در شعاع چند کیلومتری دریاچه ارومیه و در نزدیکی تبریز است. مشاهدات و بررسی‌های اولیه نشان می‌دهد که مشکل شوری آب و به دنبال آن شوری خاک، در منطقه مورد مطالعه به حدی زیاد شده است که شکایت زارعان و به دلیل عدم باردهی زمین، حتی ترک زراعت را موجب شده و به لحاظ ابعاد خطرناک مساله، توجه محققین را بیش از

گذشته به مشکل شوری خاک جلب کرده است. دلیل اصلی تمرکز روی این منطقه، شوری بیش از حد خاک در شعاع ۵۰ کیلومتری دریاچه ارومیه است. در این تحقیق سعی شده است با استفاده از بررسی مناطق با استفاده از رفتار طیفی عوارض، ابعاد شوری خاک مورد بررسی قرار گیرد؛ با توجه به اینکه موضوع مربوط به تحقیق درباره بررسی وضعیت شوری آب و خاک است و شعاع عملکرد عوامل شورکننده خاک محدوده وسیعی را شامل می شود، به همین دلیل در این بررسی شرق دریاچه ارومیه مد نظر قرار گرفته است. محدوده مورد بررسی به لحاظ کاربردهای صنعتی و کشاورزی نسبت به شورشیدن خاک بسیار حساس است. به همین دلیل سعی شده است در این تحقیق با استفاده از روش ها و نرم افزارهای جدید، وضعیت شوری خاک بررسی شود و با پردازش تصاویر مربوط به محدوده مورد مطالعه گستره شوری مشخص گردد و در نهایت با استفاده از شاخص های مختلف تغییرات شوری در روی تصاویر تعیین شود.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- معرفی محدوده مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی منطقه تصویربرداری، شامل حومه شهر تبریز، محدوده پالایشگاه تبریز با مختصات: ۳۸ درجه ۰۳ دقیقه ۲۶ ثانیه عرض شمالی (N)، ۴۸ درجه ۰۹ دقیقه ۳۷ ثانیه طول شرقی (E) با میانگین ارتفاع ۱۳۵۰ متر از دریا است (شکل ۱) و همچنین متوسط دمای حوضه از سال ۱۳۵۰ از دمای ۱۲.۵ سانتی گراد به ۱۴ درجه در سال ۱۴۰۱ رسیده است و متوسط بارش سالانه از سال ۱۳۵۰ از ۳۳۰ میلی متر به ۱۶۹.۵ میلی متر در سال ۱۴۰۱ رسیده است. بررسی تراکم چاه های شمال غرب کشور نیز نشان دهنده این است که تراکم چاه های برداشت آب های زیرزمینی در قسمت های شرق و جنوب شرق دریاچه از ۳.۴۹ به ۱۰.۹ تغییر یافته است. این محدوده شامل زمین های کشاورزی، باغی و صنعتی است که تمامی کاربری های موجود با مصرف آب زیادی همراه هستند که این امر به استحصال آب زیاد و به پیشروی آب شور به طرف آب های شیرین منجر شده است. در محدوده مورد مطالعه، گسترش بی رویه خانه های دوم و حفر چاه های غیر مجاز، مساله شوری خاک را بیش از پیش پیچیده و تشدید کرده است و آب و خاک های محدوده را به مشکل تشدید شوری بیش از حد سوق داده است.



شکل ۱: مناطق مورد مطالعه؛ الف) جنوب غرب شهر تبریز و ب) دریاچه ارومیه، تاریخ انتشار: ۰۳ آذر ۱۴۰۱
Figure 1: Studied areas; a) Southwest of Tabriz city and b) Lake Urmia, (22 Nov 2022)

۲-۲- مواد و مراحل تحقیق

در این تحقیق به منظور پایش شوری آب و خاک اطراف دریاچه ارومیه از داده های سنجنده ماهواره Landsat استفاده شده است و با استفاده از شاخص های مختلف محدوده های شور تعیین شده است. قبل از بکارگیری شاخص ها تصحیحات لازم برای تفسیر چشمی مناطق و برای بهبود کنتراست، تصاویر استفاده شده تا نمکزارها به خوبی مشخص گردد. سپس با توجه به بازتاب های طیفی نمکزار در باندهای مختلف سنجنده لندست مورد استفاده و توسط نسبت گیری طیفی، انواع شاخص های تشخیص نمکزارها پیاده سازی گردید.

بطور کلی مراحل تحقیق به صورت زیر بوده است :

- "انتخاب تصاویر: از تصاویر سنجنده‌های ماهواره لندست ۸ و لندست ۹ با تاریخ‌های تصویربرداری مختلف استفاده شده و نسبت به شرایط منطقه و براساس نوع الگوریتم‌های مورد نیاز انتخاب شده است.

- "پیش پردازش": به منظور کاهش اختلاف بین تصاویر سری زمان، توسط سامانه‌های مورد استفاده

- "استخراج ویژگی": با استفاده از روابط Feature Extraction، برای بررسی اطلاعات طیفی پدیده‌ها، شکل و اطلاعات بافتی از پیکسل‌های همگن

- "پیاده‌سازی الگوریتم‌های شناسایی شوری": با اعمال انواع شاخص‌های طیفی روی تصاویر سری زمانی که هر خروجی متناسب با باندهای انتخابی نتیجه ای از وضعیت شوری خاک / شوری آب می‌دهد.

- "تهیه نقشه شوری خاک": اعمال شاخص‌های شوری و شاخص‌های مرتبط و تهیه نقشه

- "پس پردازش": خروجی انواع نقشه‌ها، توسط نرم افزارها و با ترکیب الگوریتم‌های مدلسازی

در این مقاله، برای بررسی‌های دقیق تر سعی شد تصحیح اتمسفری در روی تصاویر صورت گیرد. روش‌های زیادی برای انجام تصحیحات اتمسفری وجود دارند، اما الگوریتم QUAC در مقایسه با سایر روش‌های مبتنی بر محاسبات فیزیکی از سرعت بسیار بالایی برخوردار است (Du et al., 2002). در این مقاله از جدیدترین نسخه‌های این الگوریتم که در نسخه های نرم افزار ENVI به منظور تصحیح تصاویر ماهواره‌ای چون لندست، وجود دارد، استفاده شد و کدهای پیش پردازش تصاویر در سامانه گوگل ارث انجین پیاده سازی شد. برای پردازش تصاویر توسط شاخص‌های طیفی، محاسبه مقدار بازتاب سطحی^۴ که دامنه پیکسل‌های تصویر را بین ۰ تا ۱ قرار می‌دهد، انجام شد. لازم به ذکر است که بازتاب سطحی با در نظر گرفتن اثرات جوی مانند پراکندگی آئروسول و ابرهای نازک که می‌تواند به تشخیص و توصیف تغییرات سطح زمین کمک کند، کاربرد دارند (Chiemeka, 2008) و همچنین انجام آن، مقایسه بین چندین تصویر در منطقه مورد مطالعه را بهبود می‌بخشد. بخش مهم در این تحقیق، استفاده از شاخص‌های طیفی و شاخص‌های شوری، جهت شناسایی شوری مناطق بود. برای بکارگیری این شاخص‌ها ابتدا تصاویر انتخاب و داده‌های مربوطه استخراج شد. در این تحقیق، از تصاویر سری زمانی لندست با اعمال تصحیحات لازم استفاده شد و در مرحله بعدی الگوریتم مربوطه طراحی و نقشه های خروجی گرفته شد.

۲-۲-۲- شاخص‌های مورد استفاده

۲-۲-۲-۱- شاخص NDSI^۵

با توجه به ویژگی‌های شاخص NDSI در بررسی شوری خاک، از این شاخص مهم استفاده شد. در این شاخص طول موج‌های مادون قرمز میانی در دو مقطع طولی ۱/۵ تا ۱/۷ و ۲/۱ تا ۲/۸ میکرون که در برگ‌برنده باندهای ۵ و ۷ ماهواره لندست هستند، ترکیب مناسبی برای آشکارسازی پیکسل‌های معرف شوری خاک در اراضی بدون کشت ارایه می‌دهد که با اعمال عملیات جبری بر روی این دو باند می‌توان شاخص شوری خاک را استخراج نمود (Paudyal, 2005). این شاخص طیفی یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها در شناسایی مناطق با خاک شور است که به "شاخص شوری تفاضلی استاندارد شده" معروف است و به صورت زیر قابل محاسبه است :

$$\text{NDSI} = (B3 - B4) / (B3 + B4) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در شاخص NDSI باندهای ورودی، B_3 و B_4 ، مقادیر عددی اطلاعات رقومی باندهای ۴ و ۳ ماهواره لندست ۸ می‌باشد. با اعمال رابطه‌ی فوق بر روی تصویر NDSI بدست آمده، تصویری حاصل می‌شود که مقدار DN value آن بیانگر میزان EC منطقه می‌باشد. با اندازه گیری EC خاک، همزمان با بکارگیری نسبت باندهای B_3 و B_4 می‌توان با اعمال رابطه (۱) و بدون نیاز به نمونه برداری‌های مجدد میزان شوری خاک منطقه مستقیماً از روی تصاویر ماهواره‌ای را تعیین کرد (Paudyal, 2005).

^۴ Surface Reflectance

^۵ NDSI (Normalized Difference Salinity Index)

۲-۲-۲-۲ - شاخص برآورد شوری SI^۶

شاخص SI از جمله شاخص های شوری است (با انواع آن) که در این بررسی مورد استفاده قرار گرفته اند. این شاخص با تیپ های مختلف (SI₁, SI₂, SI₃, SI₄) معمولاً نتایج بهینه ای در رابطه با برآورهای شوری ارایه می دهند. در این شاخص باندهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. شاخص طیفی SI از پرکاربردترین شاخص های طیفی می باشد که توسط محققین بسیاری مورد آزمایش قرار گرفته است (رابطه ۲). این شاخص برای محاسبه شوری توسط معادلات نسبت باندهای مختلف ماهواره لندست استفاده می کند (Kappa, 2005).

رابطه (۲)

$$SI_1 = (R / NIR) * 100$$

$$SI_2 = (B / R)$$

$$SI_3 = (R / NIR) * 100$$

$$SI_4 = R * NIR / G$$

۳-۲-۲-۲ - شاخص NDVI

در این مطالعه از شاخص NDVI که از جمله معتبرین شاخص ها در بررسی ویژگی های سطحی است، بهره گیری شده است. مقادیر شاخص NDVI بین منفی یک تا مثبت یک متغیر است (Opoku, 2008). رابطه (۳) الگوریتم محاسبه شاخص NDVI را نشان می دهد.

رابطه (۳)

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

علاوه از شاخص های مورد ذکر، از شاخص های دیگری نیز بهره گیری شده است که در ادامه و در متن به آن ها اشاره خواهد شد.

۳-بحث و نتایج

۳-۱- بررسی دامنه شوری در شرق دریاچه ارومیه و غرب تبریز

۳-۱-۱- پیاده سازی شاخص های شوری EC

یکی از شاخص های مربوط به تعیین شوری، استفاده از شاخص EC است. در این تحقیق از این شاخص استفاده و نقشه خروجی مربوط به آن در یک طیف رنگ بندی شده از پالت رنگ موجود در فضای گوگل ارث انجین ساخته شده است. سپس بازه مقادیر بصورت حد آستانه به نقشه خروجی EC معرفی گردیده و در ادامه، نقشه حد آستانه گذاری شده از وضعیت شوری منطقه ارایه شده است (شکل ۲). با توجه به خروجی های بدست آمده از شاخص EC می توان نتیجه گرفت که برآورد رسانای الکتریکی منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره ای روشی مناسب برای بررسی میزان عنصر سدیم در خاک/آب می باشد. با استفاده از تصاویر ماهواره ای و با استفاده از روابطی نسبتاً پیچیده، پارامتر مذکور قابل پیاده سازی است. این پارامتر برخلاف پارامتر GDVI رابطه مستقیم با شوری دارد (Gaadi et al., 2021). پیاده سازی شاخص EC جهت شناسایی شوری خاک منطقه مورد مطالعه با استفاده از رابطه محاسباتی زیر صورت گرفته است:

رابطه (۴)

```
var image_EC = ((imageOut.log().multiply(-23.27)).subtract(2.87)).rename('EC');
```

```
return imageOut.addBands(image_EC)    رابطه اصلی مربوط به شاخص EC
```

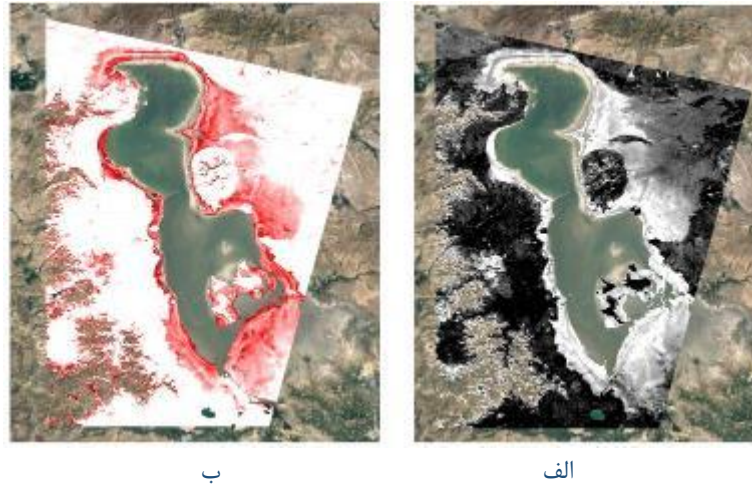
```
.set('system:time_start', img.get('system:time_start'))
```

```
.set('system:time_end', img.get('system:time_end'));
```

نقشه های خروجی نشان دهنده شوری بالا در محدوده مورد بررسی است (شکل ۲). در این نقشه، مناطق با رنگ روشن (سفید) نشان دهنده EC بالا است که با میزان شوری ارتباط مستقیم دارد. با توجه به نقشه خروجی می توان نتیجه گرفت که درصد شوری در حاشیه دریاچه

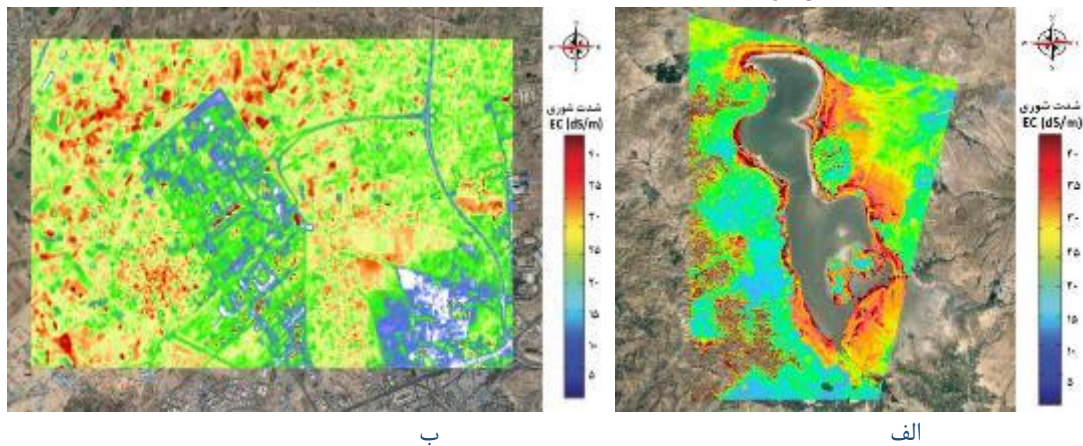
^۶ Salinity Index

به حداکثر میزان خود رسیده است. در خروجی شکل (۳) وضعیت شوری خاک در غرب تبریز و در محدوده پالایشگاه نفت تبریز به وضوح مشخص است (با توجه به بازه‌های مقادیر صفر تا ۵۰ EC (dS/m) حدآستانه گذاری شده).

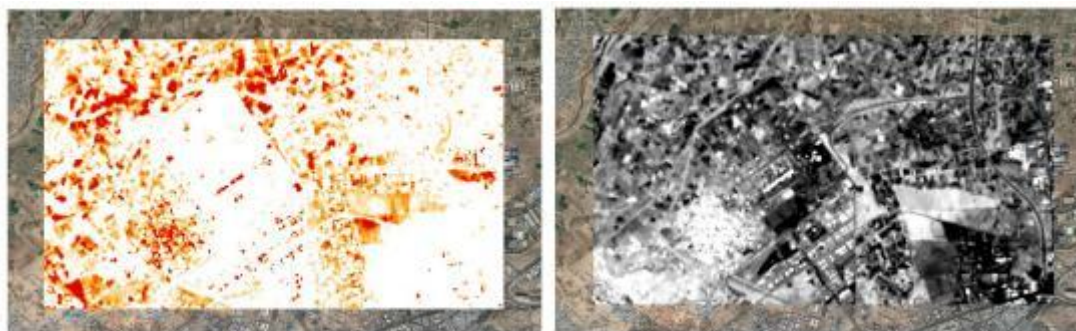


شکل ۲: الف) خروجی شاخص EC (تصویر مربوط به ۴ فروردین ۱۴۰۰)، ب) شاخص EC با یک حدآستانه جهت نمایش بهتر
Figure 2: a) Output of EC index (image related to April 4, 1400), b) EC index with a threshold for better display

نکته قابل توجه این است که بسیاری از زمین‌های زراعی در بخش شمالی پالایشگاه به دلایل مختلف از جمله، بدلیل آبیاری از منابع آبی نامناسب شور شده‌اند و تکرار این آبیاری در دفعات مکرر موجب شور شدن کامل سطح خاک و کاهش پوشش گیاهی شده است. در واقع می‌توان گفت که دلیل کاهش پوشش گیاهی در ۲۰ سال اخیر در منطقه مورد مطالعه، آبیاری از آب‌های زیرزمینی شور بوده است. به دلیل تداوم آبیاری با آب شور و در نتیجه شور شدن خاک، گیاهان دچار اختلال رشد شده و بعد از چندین دوره کشاورزی از درصد زمین‌های کشت شده کاسته شده است (اشکال ۳ و ۴).



شکل ۳: الف) نقشه شدت شوری منطقه با روش EC در منطقه دریاچه ارومیه و ب) نقشه شدت شوری با روش EC در غرب تبریز
Figure 3: a) salinity intensity map of the region with the EC method in the Lake Urmia area, b) salinity intensity map with the EC method in the west of Tabriz



الف ب

شکل ۴: الف) خروجی شاخص EC ، منطقه پالایشگاه تبریز (تاریخ ۱۲ آبان ۱۴۰۰) ، ب) شاخص EC با یک مقدار حدآستانه جهت نمایش بهتر

Figure4: a) EC index output, Tabriz Refinery area (date 12 Aban 1400), b) EC index with a threshold value for better display

۳-۱-۲- استفاده از شاخص های طیفی برای بررسی شوری آب و خاک

در سنجش از دور ، معمولاً از شاخص های طیفی برای شناسایی محدوده های شور و یا در معرض شوری استفاده می شود (Zinck, 2001). در این مطالعه نیز به منظور بررسی شوری آب و خاک در قسمت شرق دریاچه ارومیه گام دوم استفاده از شاخص های طیفی برای استخراج نقشه های شوری خاک بود. با هدف شناسایی پهنه های تحت شوری ، از شاخص های مختلف طیفی برای بررسی شوری از قبیل NDVI ، NDSI ، SI ، SI1 ، SI2 ، SI3 بهره گیری شده است.

در استفاده از شاخص های طیفی، از روش های نسبت باندی مربوط به برآورد شوری خاک استفاده می شود که نیازمند کدنویسی و پیاده سازی انواع الگوریتم های محاسبه شوری است . به همین دلیل در این بخش از چندین شاخص طیفی برای برآورد شوری خاک استفاده و کدنویسی مربوطه در محیط گوگل ارث اینجین صورت گرفته است .

۳-۱-۲-۱- شاخص NDVI

با توجه به اینکه که بایستی وضعیت شوری حاصل از پهنه آبی مورد بررسی قرارگیرد، بنابر این لازم بود پهنه های آبی و سپس آب های شور شناسایی و بررسی شود. از جمله روابطی که در شناسایی پوشش آبی کاربرد دارد، استفاده از شاخص های طیفی مناسب با هدف بررسی می باشد. یکی از روابط ریاضی مناسب برای شناسایی پهنه آبی استفاده از شاخص NDVI است. این شاخص در واقع برای شناسایی پوشش گیاهی می باشد. اما اگر ورودی باندهای سنجنده تغییر کند، برای شناسایی پوشش آبی نیز مورد استفاده قرار می گیرد. باندهای مورد استفاده که بعنوان ورودی استفاده می شود شامل باند کانال قرمز (R) و کانال مادون قرمز میانی (NIR) می باشند. در این مقاله از سه روش مختلف برای محاسبات NDVI استفاده شده است. در اینجا باند ۴ مربوط به قرمز و باند ۵ مربوط به مادون قرمز میانی است. در روش اول ، محاسبه پهنه های آبی توسط شاخص NDVI مربوط به محدوده مورد مطالعه به صورت زیر محاسبه شده است (Gaadi et al., 2021).

رابطه ۵)

```
var Landsat1 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LE07/C01/T1_SR')
filter(ee.Filter.lessThan(CLOUD_COVER, 5))
select('B[4 - 5]') ..... .normalizedDifference(['B4', 'B5'])
```

با استفاده از روابط فوق ، وضعیت پوشش آبی دریاچه ارومیه بررسی شده و بعد از جداسازی پوشش آبی از خشکی ها به بررسی وضعیت شوری آب پرداخته شده و نقشه خروجی از وضعیت پوشش آبی مناطق نمایش داده شده است (شکل ۵). با توجه به نقشه خروجی حاصل از برآورد پوشش آبی ، می توان گفت که شناسایی پهنه های آبی شور توسط تصاویر ماهواره ای با استفاده از باندهای ۴ و ۵ سنجنده لندست ۸ امکان پذیر و به وضوح قابل تشخیص است.



شکل ۵: برآورد پهنه‌های آبی دریاچه ارومیه توسط تصاویر میانگین‌گیری شده از ماه‌های سه سال اخیر. الف) جدیدترین تصویر ماهواره‌ای از دریاچه ارومیه، ب) خروجی شاخص آبی، پ) خروجی کلاس‌بندی شده جهت متمایز کردن پهنه آبی

Figure 5: Estimation of the water areas of Lake Urmia by averaged images from the months of the last three years. a) The latest satellite image of Lake Urmia, b) blue index output, c) Classified output to distinguish the blue zone

در روش دوم، تمامی پردازش‌های این تحقیق روی مجموعه‌ای از تصاویر ماهواره‌ها از ماه‌های مختلف سال اعمال شده است. با عنایت به این که از عملیات ابتدایی، محاسبه شاخص NDVI، جداسازی باندهای مورد نیاز سنجنده است در این مرحله باندهای مربوطه انتخاب و فرموله بندی شده است. طبق فرمول شاخص NDVI، باندهای شماره ۵ (مادون قرمز میانی) و شماره ۴ (کانال قرمز) سنجنده لندست ۸ جهت محاسبه فرمول NDVI به صورت زیر مورد استفاده قرار گرفت. باند شماره ۵ مربوط به کانال مادون قرمز میانه سنجنده لندست ۸ و باند شماره ۴ مربوط به کانال قرمز سنجنده لندست ۸ توسط کدهای پیاده شده در فضای گوگل ارث انجین صورت گرفت.

رابطه ۶)

$Var\ nir = Landsat.select('B5') / export\ Band\ 5\ Landsat8 - NIR$

$Var\ nir = Landsat.select('B4') / export\ Band\ 4\ Landsat8 - RED$

با استفاده از کدنویسی فوق؛ توسط دستور Landsat.select باندهای تصاویر فراخوانی شده، قابل انتخاب است که در این رابطه فقط باندهای ۵ و ۴ سنجنده لندست ۸ استخراج شدند که برای محاسبه شاخص پوشش گیاهی NDVI بکار گرفته می‌شود (شکل ۶).



شکل ۶: خروجی تصویری از استخراج باندهای ۴ (Red) و ۵ (NIR) سنجنده لندست ۸

Figure 6: image output from the extraction of bands 4 (Red) and 5 (NIR) of the Landsat 8 sensor

در روش سوم، ساده‌ترین روش محاسبه شاخص NDVI استفاده دستور از قبل تعریف شده در سامانه گوگل ارث انجین است که با عنوان normalizedDifference روی باندهای انتخابی اعمال می‌شود. با فراخوانی این دستور رابطه NDVI محاسبه می‌شود و خروجی

تصویری این دستور، پوشش گیاهی منطقه را به وضوح نشان می دهد. محاسبه رابطه شاخص NDVI با استفاده از باندهای ۴ (Red) و ۵ (NIR) سنجنده لندست ۸ به صورت زیر اعمال شده است .
رابطه ۷)

$$var\ NDVI = clip.normalizedDifference(['B5', 'B4']);$$

در خروجی NDVI با این روش، مناطق با روشنایی بیشتر (سفید) دارای پوشش گیاهی زیاد است (شکل ۷). این محدوده ها مقدار نزدیک به ۱ و مناطق تیره، مربوط به پدیده های غیر گیاه، مقدار نزدیک به -۱ را به خود گرفته اند. طبق خروجی فوق از شاخص NDVI که روی یک تصویر ماهواره ای اعمال شده است (شکل ۷)، با توجه به بررسی ها روی تصاویر و تجربیات میدانی می توان گفت که منطقه مورد مطالعه شامل زمین های زراعی زیادی است.

برای بررسی بیشتر منطقه، از روش دیگری نیز برای محاسبه شاخص NDVI استفاده شده است (روش سوم). استفاده از دستورات جمع و تفریق و تقسیم به زبان برنامه نویسی پایتون در فضای سامانه گوگل ارث انجین یکی از روش های محاسبه میزان پوشش گیاهی توسط رابطه اصلی NDVI است. این روش بعنوان نسب بین باندی شناخته می شود که بعد از جدا کردن باندهای مورد نظر (باندهای ۴ و ۵) بصورت ورودی روی رابطه اصلی زیر اعمال می شود. محاسبه رابطه شاخص NDVI با استفاده از دستورات جمع، تفریق و تقسیم ریاضیات صورت می گیرد. در رابطه ارائه شده دستور subtract بعنوان منها، دستور divide بعنوان تقسیم و دستور add بعنوان جمع ریاضی است. با عنایت به خروجی این روش می توان گفت که خروجی NDVI مناطق با روشنایی بیشتر (سفید) دارای پوشش گیاهی زیاد است و مناطق تیره نشان دهنده پدیده های غیر گیاه را به خود گرفتند (شکل ۸).

```
var NIR = clip.select('B5'); //export Band 5 Landsat8 —: (رابطه ۸)
NIR
var RED = clip.select('B4'); //export Band 4 Landsat8 — RED
var NDVI_img = NIR.subtract(red).divide(nir.add(red)); //formol dasti
```

با استفاده از این روش جهت محاسبه شاخص NDVI تصویر تک باندی از منطقه مورد مطالعه حاصل می شود که مانند روش اول مناطق زیادی را بعنوان پوشش گیاهی و زمین های زراعی نشان می دهد. استفاده از دستور Expression بعنوان یک رابطه ریاضی استفاده از روش دیگر در محاسبه شاخص NDVI است. در این روش، ابتدا رابطه ریاضی شاخص پوشش گیاهی بصورت جمع، تفریق و تقسیم نوشته، سپس ورودی ها معرفی شده است. در فضای گوگل ارث انجین از این دستور برای نوشتن رابطه ریاضی استفاده شده، که بعد از دستور expression می توان فرمول NDVI را قرار داد.

$$var\ NDVI = clip.expression(' (NIR - R) / (NIR + R) ') \tag{9}$$

```
{'NIR': clip.select('B5'), 'R': clip.select('B4')}
```

خروجی تصویر تک باندی NDVI نشان می دهد (شکل ۷) که مناطق با روشنایی بیشتر (سفید) دارای پوشش گیاهی زیاد است و مناطق تیره پدیده های غیر گیاه را نمایش می دهند (شکل ۷). یعنی نشان دهنده محدوده هایی با شوری زیاد است.

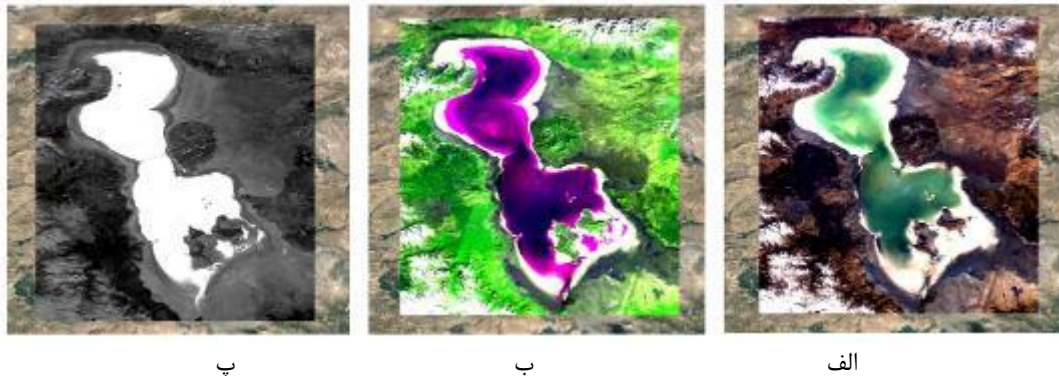


شکل ۷: تصویر خروجی محاسبات NDVI. الف) روش اول، ب) روش دوم و پ) روش سوم

Figure 7: Output image of NDVI calculations. a) first method, b) second method and c) third method

۳-۱-۲-۲-شاخص NDWI

یکی از الگوریتم‌های پرکاربرد در برآورد وضعیت پوشش آبی منطقه استفاده از شاخص طیفی NDWI می‌باشد. در ورودی‌های این شاخص طیفی باندهای سبز (G) و مادون قرمز میانی (NIR) است. در این روش، جهت بررسی شوری، ابتدا به برآورد وضعیت پهنه آبی مناطق پرداخته شده و سپس روی منطقه دریاچه ارومیه و سپس در محدوده غرب تبریز مورد بررسی قرار گرفته و در روی نقشه‌ها پیاده شده است (شکل ۸).



شکل ۸: برآورد پهنه‌های آبی دریاچه ارومیه از میانگین ماه‌های دو سال اخیر توسط سنجنده لندست ۹. الف) تصویر RGB از دریاچه ارومیه، ب) نقشه با رنگ کاذب R-NIR-B، پ) شاخص NDWI

Figure 8: Estimation of the water areas of Lake Urmia from the average months of the last two years by Landsat sensor 9. a) RGB image of Lake Urmia, b) Map with false color R-NIR-B, p) NDWI index

خروجی ارائه شده در شکل (۸)، با استفاده از شاخص پوشش آبی NDWI که برای برآورد وضعیت آب‌های سطحی، با استناد به رابطه طیفی و ریاضی تهیه شده است، نشان دهنده این است که مناطق سفید رنگ در حاشیه دریاچه ارومیه حاکی از مناطقی است که قبلاً پوشش آبی بوده، در حال حاضر خشک شدند و مقدار زیادی نمک را بر روی خشکی‌های این منطقه بجای گذاشتند (شکل ۸).

۳-۱-۲-۳-شاخص GDVI^۶

شاخص GDVI یک شاخص طیفی است، که با وضعیت شوری رابطه عکس دارد یعنی هرچه قدر میزان GDVI محاسبه شده مقدار کمتری در منطقه مورد مطالعه نشان دهد، میزان شوری آن بخش از منطقه بیشتر است و برعکس. به همین دلیل محاسبه این شاخص جهت برآورد شوری منطقه اهمیت دارد. به لحاظ این اهمیت در این تحقیق با استفاده از یک روش ریاضیاتی وضعیت شوری در محدوده برآورد شده است. پیاده سازی شاخص GDVI جهت شناسایی شوری خاک منطقه مورد مطالعه به صورت زیر صورت گرفته است:

$$\text{var GDVI} = \text{function}(\text{img})$$

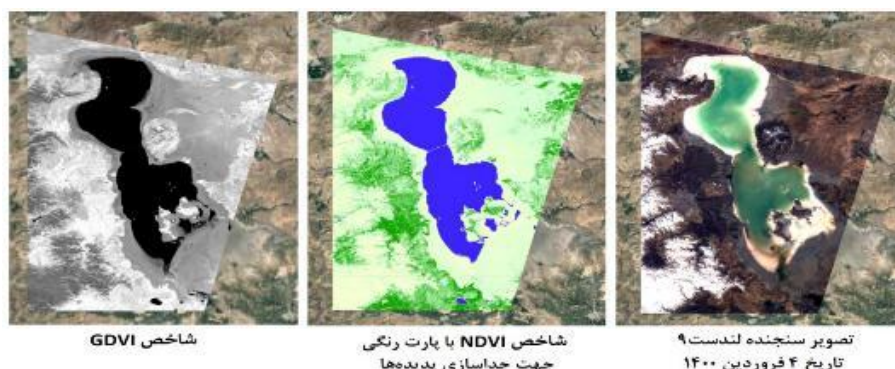
رابطه ۱۰)

```
var img2 = img.select('B5', 'B4').multiply(img.select('B5', 'B4'));
```

```
var imageOut = img2.normalizedDifference(['B5', 'B4']).rename('GDVI');
```

بعد از محاسبات با شاخص و روابط مورد ذکر، خروجی گرفته شده است با توجه به خروجی مربوط به شاخص GDVI مربوط به دریاچه ارومیه (شکل ۹)، مناطق با رنگ روشن (سفید) مقادیر GDVI بالایی دارند و بیشتر مناطقی را که پوشش گیاهی دارند، شامل می‌شود و درصد شوری در مناطق روشن کمتر می‌باشد. مناطق با پهنه آبی با رنگ آبی نشان داده شده و در خروجی GDVI رنگ کاملاً مشکی و مقادیر صفر (کاملاً شور) را به خود گرفته است. در خروجی GDVI مناطق با رنگ خاکستری، درصد شوری نسبتاً بالا دارند. برای برآورد درستی نتایج GDVI با خروجی شاخص NDVI مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد مناطقی که شاخص GDVI مقادیر زیادی (رنگ روشن) دارند، پوشش گیاهی رشد بیشتری دارد و در مناطقی که پوشش گیاهی رشد خوبی دارند، شوری خاک کمتر است. پس در نتیجه رابطه تصویر بین شاخص GDVI و وضعیت شوری در اینجا برقرار و صحیح می‌باشد.

^۶ Generalized Difference Vegetation Index



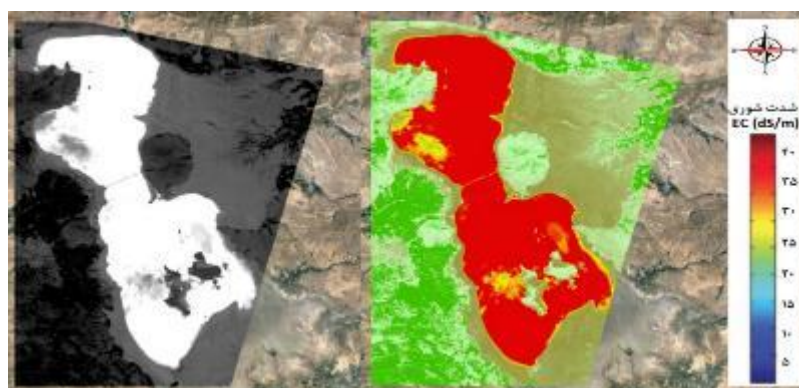
شکل ۹: خروجی شاخص GDVI مربوط به دریاچه ارومیه، تصویر سنجنده لندست ۹ مربوط به تاریخ ۴ فروردین ۱۴۰۰، خروجی NDVI با پالت رنگی جهت جداسازی پدیده‌ها جهت شناسایی شوری

Figure 9: Output of GDVI index related to Lake Urmia, Landsat 9 sensor image related to April 4, 1400, NDVI output with color palette to separate water cover and vegetation to identify salinity

۳-۲-۴- شاخص NDSI

شاخص طیفی NDSI یکی از شاخص‌های طیفی مهم جهت برآورد شوری آب و خاک است. برای پیاده‌سازی روابط ریاضی این الگوریتم از نسبت باندهای سنجنده لندست استفاده شده است. این الگوریتم بصورت رابطه ریاضی $100 * ((B4 - B5) / (B4 + B5))$ محاسبه می‌شود. در این الگوریتم از باندهای B4 و B5 سنجنده لندست استفاده می‌شود که مولفه B4 مربوط به باند کانال قرمز و مولفه B5 مربوط به کانال مادون قرمز می‌باشد. این مولفه‌ها بعنوان پارامتر ورودی الگوریتم هستند که در ادامه خروجی تصویری از نقشه شوری خاک با روش NDSI به همراه توضیحات آن در قالب نقشه خروجی (شکل ۱۰ و ۱۱) نمایش داده شده است:

```
var NDSI = Landsat8.map(function(sultimg)
var indexndsi = sultimg.expression('((B4 - B5)/(B4 + B5)) * 100',
{'B4': sultimg.select('B4'), B5': sultimg.select('B5')});
'var clipndsi = indexndsi.clip(Area) ... return clipndsi.rename('NDSI index');
```



شکل ۱۰: خروجی نقشه شوری آب با روش NDSI از منطقه دریاچه ارومیه مربوط به تاریخ ۱۲ مهر ۱۴۰۰

Figure 10: The output of the water salinity map using the NDSI method from the Urmia Lake region on 12 Mehr 1400

طبق توضیحات فوق در خروجی شکل (۱۰) نیز رنگ‌بندی‌ها نشان دهنده وضعیت منطقه مورد مطالعه است که بیشترین درصد شوری (قرمز) در منطقه مربوط به حاشیه زمین‌های کشاورزی است. در شکل (۱۱) مناطق با رنگ قرمز روشن نشان‌دهنده نمک باقی مانده

بخاطر رطوبت آبیاری و مصالح ساختمانی حاوی سدیم می‌باشد. این منطقه بعنوان کاربری مسکونی-زراعی می‌باشد که پوشش گیاهی زیادی وجود دارد و مناطق با رنگ نارنجی و زرد شامل خاک بایر شور هستند.



شکل ۱۱: خروجی نقشه شوری با روش NDSI از منطقه پالایشگاه تبریز مربوط به تاریخ ۱۲ مهر ۱۴۰۰

Figure 11: Output of the salinity map using the NDSI method from the Tabriz refinery area on 12 Mehr 1400

در شکل (۱۱)، محدوده های واقع در جنوب شرقی (شهرک نورتبریز) نشان دهنده خاکی با درصد شوری بالایی است. همچنین حاشیه بیرونی پالایشگاه تبریز نیز بدلیل خروج زایعات تولیداتی پالایشگاه میزان درصد شوری بالایی از وجود سدیم را نشان می‌دهد. البته قابل ذکر است الگوریتم NDSI برای بررسی شوری پهنه‌های آبی مناسب است و در مناطقی با پوشش گیاهی و خاک بایر خطای چشمگیری دارد، اما در محدوده پالایشگاه تبریز نیز نتایج این الگوریتم به الگوریتم EC نزدیک است. جریان‌های دریاچه ارومیه از سمت غرب موجب شوری زمین‌های اطراف شهر تبریز شده است.

۳-۲-۱-۵- برآورد شوری خاک با شاخص SI

۳-۲-۱-۵-۱- شاخص SI^۱

شاخص طیفی SI₁ یکی از شاخص‌های طیفی مهم جهت برآورد شوری آب است. الگوریتم نسبت بانندی SI₁ یکی از پرکاربردترین روش‌های محاسبه شوری آب است. الگوریتم آن بصورت رابطه ریاضی $SI_1 = (R / NIR) * 100$ محاسبه می‌شود. در مقاله از سه باند ماهواره لندست ۸ استفاده شد که مولفه B4 مربوط به باند کانال قرمز و مولفه B5 مربوط به کانال مادون قرمز میانی می‌باشد. مراحل پیاده سازی و نتایج خروجی‌های آن در فضای گوگل ارث انجین جهت برآورد شوری آب به صورت زیر صورت گرفته است:

var SI1_landsat8 = Landsat8.map(function(si1_L8) (رابطه ۱۲)

var indexSI1_landsat8 = si1_L8.expression('($\frac{B4}{B5}$) * 100') Si 1 پیاده سازی الگوریتم

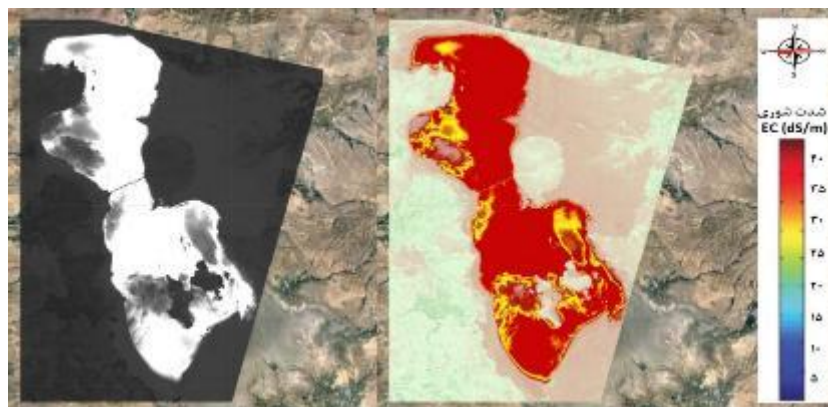
{'B2': si1_L8.select('B4'), ... 'B4': si1_L8.select('B5')});

var clip_L8 = indexSI1_landsat8.clip(Area); برش تصاویر نسبت به شاخص SI 1

return clip_L8.rename('SI - 1 index Landsat8');

نتایج خروجی که در شکل (۱۲) ارایه شده است نشان می‌دهد که مناطق با رنگ قرمز نشان‌دهنده شوری بسیار بالا است و مناطق نارنجی و زرد در حاشیه خشکی‌های دریاچه نشان‌دهنده نمک‌های باقی مانده در سطح می‌باشند (شکل ۱۲). این خروجی نیز مانند خروجی مربوط به شاخص NDSI شامل مناطق گسترده‌ای در اطراف دریاچه ارومیه است که رنگ صورتی روشن به خود گرفته است و شامل خاکی با درصد شوری متوسط می‌باشد بقیه مناطق با رنگ‌های سبز بدلیل وجود پوشش گیاهی از شدت شوری بسیار کمتری برخوردار است.

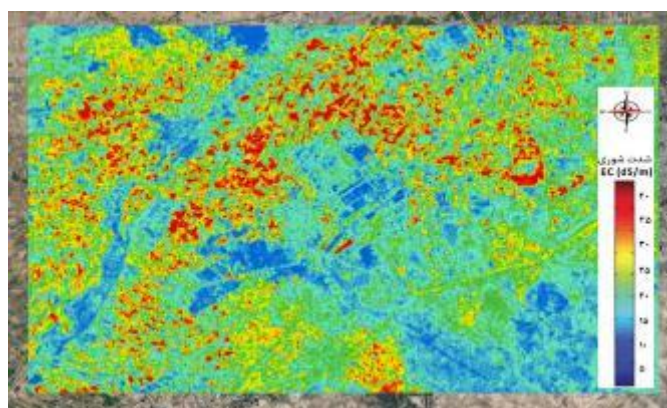
^۱ Salinity Index - Type1



شکل ۱۲: خروجی نقشه شوری آب با روش SI_1 از منطقه دریاچه ارومیه مربوط به تاریخ ۱۲ مهر ۱۴۰۰

Figure 12. Output of water salinity map using SI_1 method from Lake Urmia region on 12 Mehr 1400

طبق نقشه خروجی شکل (۱۳) در محدوده غرب تبریز نیز می‌توان نتیجه گرفت مناطق با رنگ قرمز نشان‌دهنده شوری بسیار بالا است و مناطق نارنجی و زرد در حاشیه خشکی‌های دریاچه نشان‌دهنده نمک‌های باقی مانده در سطح می‌باشند. بقیه مناطق با رنگ‌های سبز بدلیل وجود پوشش گیاهی از شدت شوری بسیار کمتری برخوردار است. طبق خروجی شکل (۱۲) رنگ‌بندی‌ها نشان‌دهنده وضعیت منطقه پالایشگاه تبریز است که بدلیل مسکونی-زراعی بودن منطقه و وجود نمک در خاک زراعی، از شدت شوری بالایی برخوردار است. مناطق زرد که بیشترین مناطق تصویر ماهواره‌ای را دربر گرفته است، شامل زمین‌های کشاورزی با درصد شوری متوسط می‌باشد که بدلیل آبیاری نامناسب گیاهان در طول چندین سال اخیر در خاک مناطق باقی مانده است. با عنایت به نتایج خروجی می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم SI_1 در برآورد شوری آب نسبت به روش شاخص NDSI عملکرد بهتری دارد. در حقیقت روش SI_1 در پایش وضعیت شوری آب و شوری خاک منطقه به وضوح قابل مشاهده و بررسی است (اشکال ۱۲ و ۱۳).



شکل ۱۳: خروجی نقشه شوری آب با روش SI_1 از منطقه پالایشگاه تبریز مربوط به تاریخ ۱۲ مهر ۱۴۰۰

Figure 13. Output of water salinity map using SI_1 method from Tabriz Refinery area on 12 Mehr 1400

۳-۱-۲-۵-۲- شاخص SI_2

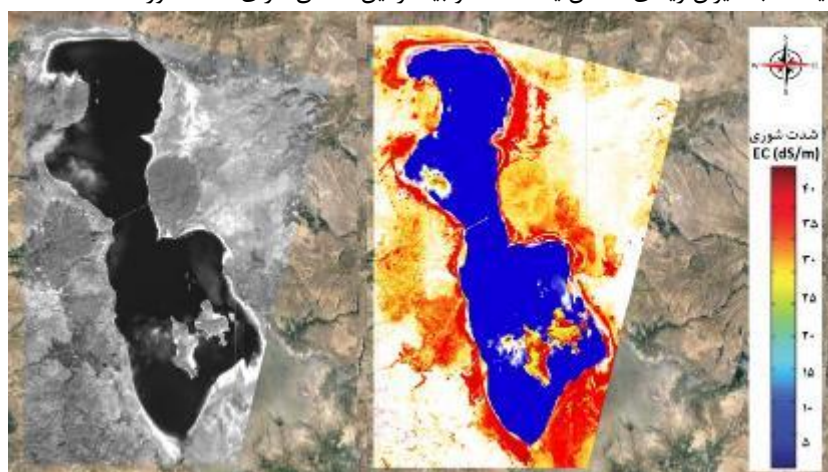
شاخص طیفی SI_2 یکی از پرکاربردترین شاخص‌های طیفی جهت برآورد شوری خاک است که برای پیاده‌سازی روابط ریاضی این الگوریتم از نسبت باندهی سنجنده لندست استفاده می‌شود. این الگوریتم بصورت رابطه زیر محاسبه شده است. در اینجا برای پیاده‌سازی الگوریتم، از سه باند ماهواره لندست ۸ استفاده شده که مولفه B2 مربوط به باند کانال آبی، مولفه B4 مربوط به باند کانال قرمز می‌باشد. این الگوریتم در فضای گوگل ارث انجین کدنویسی شده و ورودی پارامترها باندهای سنجنده معرفی شدند و در ادامه خروجی تصویری از

^۹ Salinity Index – Type2

نقشه شوری خاک با روش SI_2 به همراه توضیحات آن در قالب نقشه خروجی نمایش داده شد. پیاده سازی شاخص SI_2 در فضای گوگل ارث انجین جهت برآورد شوری خاک به زیر صورت گرفته است :
رابطه (۱۳)

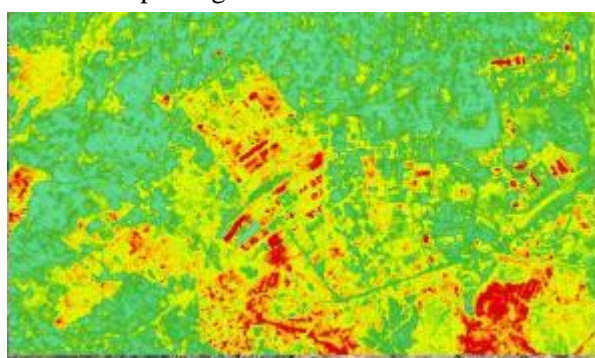
```
var SI2 Landsat8 = Landsat8.map(function(si2_L8)
var indexSI2_Landsat8 = si2_L8.expression( $\frac{(B2 - B4)}{B2 + B4}$ ) SI - 2 فرمول اصلی الگوریتم
{'B2': si2_L8.select('B2'), ... 'B4': si2_L8.select('B4')}); معرفی باندها
var clip_L8 = indexSI2_Landsat8.clip(Area); برش تصاویر نسبت به شاخص SI 1
return clip_L8.rename('SI - 2 index Landsat8');
```

بعد از پیاده سازی الگوریتم SI_2 برای برآورد شدت شوری خاک در شرق دریاچه ارومیه (شکل ۱۳)، با مناطق با رنگ نارنجی نشان دهنده شدت نسبتاً متوسطی از شوری است که بدلیل جا به جایی آب های سطحی دریاچه تا مسافت های ۵ الی ۱۰ کیلومتری از حاشیه دریاچه منتقل شدند و خاک مناطق را شور کردند. چون میزان شوری در این مناطق زیاد است درصد پوشش گیاهی در بخش جنوبی و شرقی دریاچه ارومیه بسیار پایین است. در منطقه غرب تبریز و در محدوده پالایشگاه تبریز (شکل ۱۴)، نتایج نشان می دهد در مناطق زراعی اطراف پالایشگاه میزان شوری بالا است. مناطقی که رنگ قرمز و نارنجی دارند به مناطق ساخت دست بشر نزدیک هستند و شدت شوری بالا است و مناطق زرد نسبتاً شوری پایینی دارند. این شاخص تفکیک خوبی بین پوشش گیاهی و خاک شور ایجاد کرده است. همچنین رشد گیاه در اطراف پالایشگاه به میزان زیادی کاهش یافته است و بیشتر این مناطق دارای خاک شور هستند.



شکل ۱۳: خروجی نقشه خاک آب با روش SI_2 از منطقه دریاچه ارومیه مربوط به تاریخ ۱۲ مهر ۱۴۰۰

Figure 13: Output of water soil map using SI_2 method from Lake Urmia region on 12 Mehr 1400



شکل ۱۴: خروجی نقشه شوری خاک با روش SI_2 از منطقه پالایشگاه تبریز مربوط به تاریخ ۱۲ مهر ۱۴۰۰

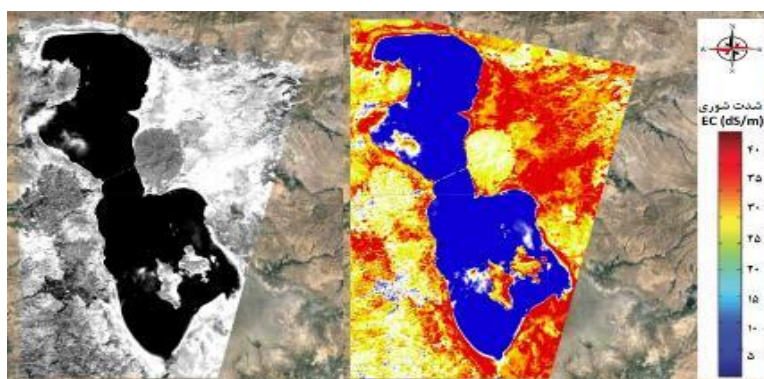
Figure 14: Output of soil salinity map using SI_2 method from Tabriz Refinery area on 12 Mehr 1400

۳-۱-۲-۵-۳ شاخص SI_3 ^{۱۰}

شاخص طیفی SI_3 از دیگر شاخص های طیفی جهت برآورد شوری خاک است که برای آن از روابط و نسبت بانندی سنجنده لندست استفاده شده و پیاده سازی آن در فضای گوگل ارث انجین جهت برآورد شوری خاک به صورت زیر صورت گرفته است :
 رابطه (۱۴)

```
var SI3 Landsat8 = Landsat8.map(function(si3_L8)
var indexSI3_Landsat8 = si3_L8.expression('(B3 * B4) * B2',
    {'B2': si3_L8.select('B2'),
    'B3': si3_L8.select('B3'),
    'B4': si3_L8.select('B4')
```

نتایج پیاده سازی الگوریتم در شکل های (۱۵ و ۱۶) ارائه شده است. طبق خروجی شکل (۱۵) نتایج در منطقه دریاچه ارومیه با استفاده از شاخص SI_3 نشان دهنده شوری خاک می باشد. در اینجا مناطق با رنگ آبی بعنوان پهنه آبی شناخته می شود. مناطق با رنگ قرمز و نارنجی درصد شوری بالایی دارند و مناطق با رنگ زرد شامل خاک ها با درصد شوری متوسط است. همچنین مناطق جزیره مانند در وسط دریاچه ارومیه نیز دارای خاکی شور می باشد که رشد گیاه در این مناطق صفر است. طبق خروجی شکل (۱۶) در منطقه غرب تبریز و در محدوده پالایشگاه تبریز با استفاده از شاخص SI_3 نشان دهنده شوری خاک می باشد. مناطق با رنگ قرمز شامل درصد بالایی از خاک شور است و مناطق با رنگ نارنجی بعنوان زمین های دستکاری شده توسط انسان بصورت شوری شناخته می شود و رشد گیاه در این مناطق درصد بسیار پایینی دارد. در خروجی شکل (۱۶) مناطق با رنگ سبز تیره و روشن بعنوان پهنه گیاهی با رطوبت بالا را نشان می دهد که در حاشیه زمین های زراعی بدلیل وجود آب های سدیم دار، مقداری از شوری را به خود گرفته است.

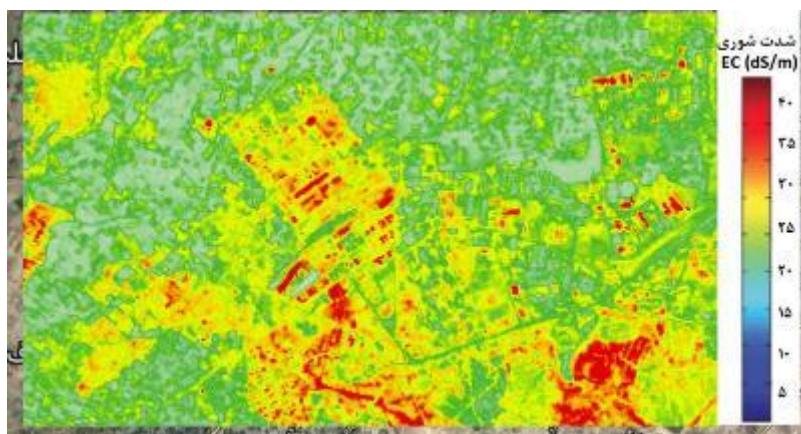


شکل ۱۵: خروجی نقشه شوری خاک با روش SI_3 از منطقه دریاچه ارومیه مربوط به تاریخ ۱۲ مهر ۱۴۰۰

Figure 15: Output of the soil salinity map using the SI_3 method from the Urmia Lake region on 12

Mehr 1400

^{۱۰} Salinity Index – Type3



شکل ۱۶: خروجی نقشه شوری خاک با روش SI_3 از منطقه پالایشگاه تبریز مربوط به تاریخ ۱۲ مهر ۱۴۰۰

Figure 16: Output of soil salinity map using SI_3 method from Tabriz Refinery area on 12 Mehr 1400

۳-۱-۲-۵-۴ شاخص SI_4

شاخص طیفی SI_4 یکی از پرکاربردترین شاخص‌های طیفی جهت برآورد شوری است که برای پیاده‌سازی روابط ریاضی این الگوریتم از نسبت باندهای سنجنده لندست استفاده شد. در اینجا از سه باند ماهواره لندست ۸ استفاده می‌شود که مولفه B3 مربوط به باند سبز، مولفه B4 مربوط به باند کانال قرمز و مولفه B5 مربوط به کانال مادون قرمز میانی می‌باشد. این الگوریتم در فضای گوگل ارث انجین کدنویسی شده و ورودی پارامترها باندهای سنجنده معرفی شدند و در ادامه خروجی تصویری از نقشه شوری خاک با روش SI_4 به همراه توضیحات آن در قالب نقشه خروجی نمایش داده شدند (شکل‌های ۱۷ و ۱۸). پیاده‌سازی شاخص SI_4 در فضای گوگل ارث انجین جهت برآورد شوری خاک به صورت زیر صورت گرفت:

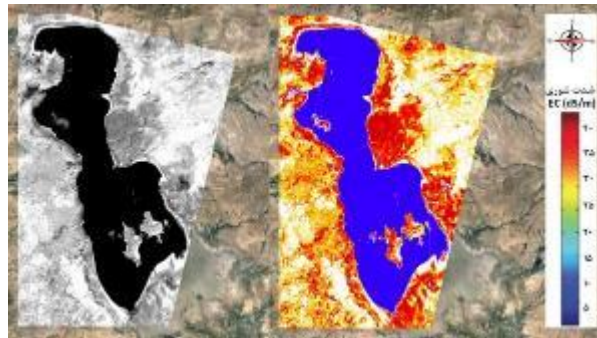
`var SI4_landsat8 = Landsat8.map(function(si4_L8)` (رابطه ۱۵)

`var indexSI4_landsat8 = si4_L8.expression(' $\frac{B4 * B5}{B3}$ '),`

`{ 'B3': si4_L8.select('B3'),`
`'B4': si4_L8.select('B4'),`
`'B5': si4_L8.select('B5') };`

طبق خروجی شکل (۱۷) نتایج در منطقه دریاچه ارومیه با استفاده از شاخص SI_4 نشان‌دهنده شوری خاک می‌باشد. در اینجا مناطق با رنگ آبی بعنوان پهنه آبی شناخته می‌شود. مناطق با رنگ قرمز و نارنجی درصد شوری بالایی دارند و مناطق با رنگ زرد شامل خاک‌ها با درصد شوری متوسط است. با توجه به این شاخص رشد گیاه در مناطق با رنگ قرمز و نارنجی درصد بسیار پایینی دارد. خروجی شکل (۱۷) نسبت به خروجی مربوط به شاخص SI_2 نتایج خوبی را نشان می‌دهد. طبق خروجی شکل (۱۸) در منطقه غرب تبریز و در محدوده پالایشگاه تبریز با استفاده از شاخص SI_4 نشان‌دهنده شوری خاک می‌باشد. در اینجا مناطق شور با رنگ قرمز و نارنجی درصد شوری بسیار بالایی دارند. مناطق با رنگ خاک‌های بایر را شامل می‌شوند که شوری متوسطی دارند و پوشش گیاهی در این مناطق وجود ندارد.

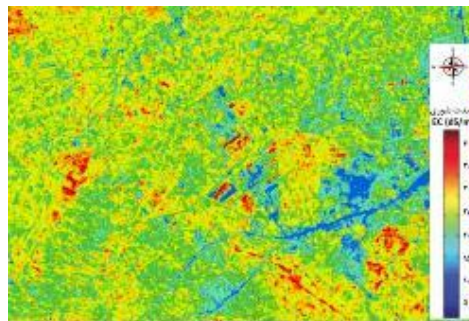
^{۱۱} Salinity Index – Type4



شکل ۱۷: خروجی نقشه شوری خاک با روش SI_4 از منطقه دریاچه ارومیه مربوط به تاریخ ۱۲ مهر ۱۴۰۰

Figure 17: The output of the soil salinity map using the SI_4 method from the Lake Urmia region on 12 Mehr 1400

طبق خروجی های بدست آمده از روش های SI_1 و SI_2 و SI_3 می توان نتیجه گرفت که در هر سه مورد نقشه های خروجی شباهت زیادی در شناسایی شوری دارند و این نشان می دهد که استفاده از شاخص های طیفی برای برآورد شوری آب و شوری خاک مناسب هستند.



شکل ۱۸: خروجی نقشه شوری خاک با روش SI_4 از منطقه پالایشگاه تبریز مربوط به تاریخ ۱۲ مهر ۱۴۰۰

Figure 18: The output of the soil salinity map using the SI_4 method from Tabriz refinery area on 12 Mehr 1400

۲-۳- پیاده سازی و نتایج پایش تغییرات شوری

روش های آشکارسازی مختلفی برای بررسی تغییرات رخ داده وجود دارد که اغلب آنها با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین قابل پیاده سازی است. در این تحقیق از روشی ساده و دقیق جهت برآورد تغییرات دو تصویر ماهواره ای استفاده شده است که در این روش دو به دو تصاویر وارد فرآیند پایش تغییرات می شوند و نمایش تغییرات بصورت باینری (تغییر یا عدم تغییر) نمایش داده می شوند. الگوریتم مربوط به پایش تغییرات شوری در محدوده مورد بررسی به صورت زیر پیاده سازی شدند:

رابطه (۱۶)

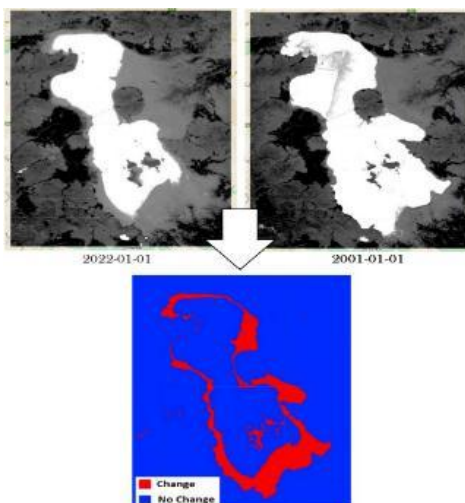
```
var LandsatT2
= SIT_bands_Time2;           تصویر قبل
var LandsatT1
= SIT_bands_Time1;           تصویر بعد
var stack = ee.Image.cat([Landsat1, Landsat2]); print(stack, 'Stack Time1, Time2');
```

رابطه اصلی برای پایش تغییرات دو تصویر

رابطه (۱۷)

```
var change = stack.expression('(T1 - T2)/(T1 + T2)',
'T1': stack.select('SI - index Landsat5'),
'T2': stack.select('SI - index Landsat8') });
Map.addLayer(change)
```

نمایش تغییرات شوری



شکل ۱۹: نقشه آشکارسازی تغییرات در بازه ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۲ (رنگ قرمز مربوط به محدوده تغییرات در مساحت پهنه آبی دریاچه ارومیه است)

Figure 19: The map revealing the changes in the period from 2001 to 2022 (the red color corresponds to the range of changes in the area of the blue zone of Lake Urmia)

نقشه خروجی میزان تغییرات شوری در محدوده دریاچه را نشان می دهد. این محدوده ها به صورت نواحی قرمز در نقشه مشخص شده است (شکل ۱۹).

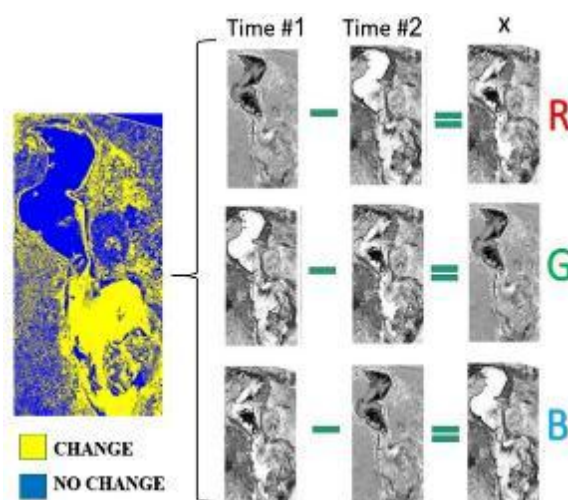
۳-۳- پایش تغییرات شوری آب به روش تفاضل تصاویر

یکی از دلایل تغییر ویژگی های شیمیایی آب به سبب دلایل زیادی از جمله، تغییر در نحوه مدیریت آب، وقوع تغییرات محیطی و تغییر در میزان استحصال آب های زیر زمینی می تواند صورت گیرد که خود این امر باعث می شود آب های شیرین همجوار با آب های شور تغییر محدوده داده و در نهایت خاک های قابل زراعت نیز در اثر آبیاری مداوم، شور شود. برای بررسی آب های شور زیرزمینی عامل در شوری خاک، روش های زیادی وجود دارد، یکی از روش های بررسی شوری آب های زیر زمینی استفاده از تکنیک تفاضل است. در تکنیک تفاضل، تصاویر ثبت شده از نظر مکانی در زمان های t_1 و t_2 پیکسل به پیکسل تفریق می شوند تا تصویری که نشانگر تغییر بین دو زمان است، تولید شود (شکل ۲۰). در صورتی که t_1 باند ۱ تصویر تاریخ اول و t_2 باند ۱ تصویر تاریخ دوم باشد، می توان تغییرات در منطقه را از روابط زیر بدست آورد:

$$x = t(2) - t(1) + C$$

رابطه ۱۸)

عدد ثابت C برای جلوگیری از منفی شدن مقدار X بکار گرفته می شود که معمولا ۱۲۷ انتخاب می شود (Moser, 2009). در این صورت اگر $X \geq 1\sigma$ باشد، نشان دهنده وجود تغییر است اما اگر $1\sigma < X \leq 2\sigma$ باشد، نشان دهنده عدم وجود تغییر است. اگر $X < 1\sigma$ نیز باشد نشان دهنده وجود تغییر است.



شکل ۲۰: روش تفریق تصاویر جهت آشکارسازی تغییرات

Figure 20: The method of subtracting images to reveal changes .

در روابط بالا X مقدار پیکسل در تصویر تفاضل بوده و ۲σ و ۱σ دو حدآستانه هستند که بایستی با توجه به شرایط منطقه انتخاب می شوند و معمولاً از هیستوگرام تصویر منطقه به دست می آیند. خروجی نقشه حاصل از این روش نیز نشان دهنده شوری در محدوده اطراف دریاچه است (شکل ۲۰). در صورتی که مقدار پیکسل X در تصویر تفاضل بزرگتر از حد آستانه ۱σ و یا کوچکتر از حدآستانه ۲σ باشد، تغییر رخ داده است (Moser, 2009). روش مبتنی بر تفاضل تصاویر نسبت به تصحیحات اتمسفری، رادیمتریکی، نرمالیزاسیون و هندسی، بسیار حساس بوده و در صورت عدم انجام صحیح این تصحیحات، مناطق تغییر یافته، به اشتباه استخراج می گردند. این روش‌ها همچنین نیاز به تعیین حدود آستانه مناسب داشته و این عمل، بایستی با دقت کامل انجام شود. حدآستانه‌ها می‌توانند از طریق مناطقی که در دو تاریخ تغییر نکرده اند (نظیر آب دریاچه عمیق) به دست آیند. برای این کار، می‌توان از میانگین مقادیر پیکسل های چنین مناطقی در تصویر تفاضل استفاده نمود. این میانگین‌ها می‌تواند به عنوان حدود آستانه در نظر گرفته شوند (Gillanders, 2008). (Miller and Donahue, 1971) و (Zinck., 2000).

۴- نتیجه گیری

تغییرات اقلیمی به همراه عدم تغییر عملکرد انسانی در مقابل طبیعت و برعکس تشدید فعالیت‌های غیر اصولی در رابطه با مصارف آب و فرسایش خاک، شرایطی طبیعی آب و خاک در محدوده‌های نزدیک به تجمع‌های انسانی را با سرعت زیادی تغییر داده است. شوری آب و خاک از جمله پیامدهای چنین رفتار غیراصولی انسان با طبیعت است متأسفانه در دهه‌های اخیر عامل انسانی مخصوصاً در محدوده مورد بررسی بیشتر خود را نشان داده است. دریاچه ارومیه که میلیون‌ها سال به اطراف خود نعمت تزریق می کرد، اکنون با کم شدن وسعت آبی آن، به یک عامل تهدید تبدیل شده است. طبق یافته‌های تحقیق، تغییرات در بخش شرقی دریاچه ارومیه که در ارتفاع پست‌تری قرار دارد و بیشترین جریان‌ات رودخانه‌ای متصل به دریاچه شور هستند زیاد بوده و این تغییرات در طی زمان باعث شده که شوری خاک و آب‌های زیر زمینی در مناطق شرقی دریاچه ارومیه روند افزایشی داشته باشد. تراکم مراکز انسانی و به تبع آن افزایش مراکز صنعتی آب بر، باعث استحصال آب‌های زیرزمینی زیاد در این محدوده شده که این امر به پیشروی آب‌های شور زیر زمینی به طرف آب‌های شیرین قبلی شده است. این مسئله در نواحی غرب تبریز و در اطراف پالایشگاه تبریز بیشتر مشهود است. تمرکز صنایع، شهرک‌ها، خانه‌های دوم و زمین‌های زراعی در قسمت شرق دریاچه و غرب تبریز باعث شده است که خاک نواحی غربی شهر تبریز با مصرف آب زیاد به تدریج و در سال‌های اخیر با سرعت زیادتر شورتر شود. با توجه به وسعت زیاد تحت تاثیر شوری در محدوده مورد بررسی، یکی از ضرورت‌های این تحقیق استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بود. پوشش منطقه مورد مطالعه با وسعت تقریبی ۳۵ هزار کیلومتر مربع چالشی بود که فقط با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای امکان پذیر به نظر می رسید. به همین دلیل از تصاویر ماهواره لندست ۹ و ۸ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متری، منطقه مورد مطالعه را در بازه‌های زمانی مختلف پوشش می‌دهد، استفاده شد. برای پایش بهتر تغییرات شوری، تعیین روشی مطلوب از بین شاخص‌های طیفی امری ضروری بود به همین دلیل جهت آشکارسازی تغییرات شاخص‌های مناسب انتخاب شد.

نتایج بررسی‌های صورت گرفته نشان داد که میزان شوری منطقه غرب تبریز از ۲۰ سال گذشته تا به الان روند افزایشی داشته که در ۸ سال اخیر روند افزایشی در وسعت مساحت مناطق در معرض تهدید شوری خاک، شدت و سرعت بیشتری داشته است. نقشه‌های شوری مربوط به روش‌های مختلف و شاخص‌های مورد استفاده، وضعیت تغییر ویژگی‌های خاک منطقه غرب تبریز را به خوبی نشان می‌دهند. نقشه تغییرات ۲۰ ساله از منطقه، نشان دهنده گسترش شوری در غرب تبریز، بویژه در اطراف پالایشگاه تبریز است. آبیاری زمین‌های زراعی با استفاده از آب‌های زیرزمینی شور شده و تبخیر آب‌های سطحی، باعث افزایش وسعت خاک‌های شور در غرب تبریز شده است. در نهایت باید اضافه نمود که افزایش وسعت محدوده شور بستر دریاچه و خیزش نمک در محدوده‌های از آب آزاد شده، توسط طوفان‌های محلی و در نهایت نهشته شدن نمک در سطح خاک و آب‌های سطحی، باعث شده و خواهد شد، مشکل و مساله شوری روز به روز پیچیده‌تر شود. به همین دلیل، بررسی بیشتر مساله شوری در ابعاد محلی و منطقه‌ای و همچنین تهیه نقشه شوری برای مدیریت بهتر اراضی در حوزه‌های مختلف کشاورزی و کاهش هزینه‌ها ضروری است.

References

- Ahmadi, M., Rezaei Moghadam, M., & Faizizadeh, B. (2016). "Survey of indicators and preparation of soil salinity map using remote sensing data, case study: Aji Chai delta". **Remote Sensing and GIS in Natural Resources**, 8(1), 85-96.
- Bayati Khatibi, M., and Karami, F. (1390). "Soil Geomorphology", Samt publisher: Tehran.
- Bayati Khatibi, M., and Zabet, N. (2023). "Monitoring soil salinity changes due to Urmieh underground saline water in the industrial and agricultural area of West Tabriz using spectral indices.
- Chajedin, S. (1990). Using satellite data to study plant communities and determine saline lands in the Jazmorian region. Proceedings of the Second National Conference on Desertification and Different Methods of Desertification.
- Chiemeka, I. (2008). "Estimation of Solar Radiation at Uturu, Nigeria." **International Journal of Physical Sciences**, 31, 26-30.
- Dadrasi, A., Yamani, M., & Pak-Parvar, Z. (2006). Evaluation of the changes of soil salinity in South East of Sabzevar arid zones by using the remote sensing datum and GIS. **Geography and Development**, 7(4), 173-184. doi: 10.22111/gdij.2006.3805.
- Du, Y., Teillet, P.M., and Cihlar, J. (2002). "Radiometric normalization of multitemporal high-resolution satellite images with quality control for land cover change detection". **Remote Sensing of Environment**, 82, 123-134.
- Flowers, T. J., and Flowers S. A. (2005). "Why does salinity pose such a different problem for plant breeders? Agric". **Water Manage**, 78, 15-24.
- Gaadi, K.E., Kamil, T., Angaswamy, M., & Ronnel, B. (2021). "Sentinel-2 images for effective mapping of soil salinity in agricultural fields." **Current Science**, 121(3), 384-396.
- Gillanders, S.N., Coops, N.C., Wulder, M.A., Gergel, S.E., & Nelson, T. (2008). "Multitemporal remote sensing of landscape dynamics and pattern change", **Describing Natural Trends. Progr. Phys. Geogr**, 32, 503-528.
- Grieve, C. (2000). "Salt tolerance of vegetables. Can environmentally friendly technique to control salination: salt removing crops". **Acta Hort**, 598, 137-142.
- Hassanvandi, N., Landy, A., Mateen Far, H., & Taherzadeh, M. H. (2013). "Preparation of surface soil salinity map using digital data of Landsat ETM satellite in a region in the south of Ahvaz". **Agricultural Engineering, Agricultural Scientific Journal**, 37(1), 23-33 4.
- Heidari, M. (2012). "Effects of salinity stress on growth, chlorophyll content and osmotic components of two basil (*Ocimum basilicum*) genotypes". **Afr J. Biotech**, 11, 379-384.
- Homaei, M. (2002). Plant response to salinity, Tehran: National Irrigation and Drainage Committee of Iran. 2 174.
- Hussaini, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H. and Stanley, D. (2013). "Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches". **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 28, 286-232.

- Karam, A., Kiani, T., Dadras sabzevar, A., & Davarzani, Z. (2019). "Estimating soil salinity by using of remote sensing data and spatial statistic in sabzevar region". **Quantitative Geomorphological Research**, 7 (4), 31-53. (In Persian).
- Kappa, M., Shawan, A., and Erasmi S.(2005). " **Remote Sensing based Classification of Salt affected Soils as an Indicator for Landscape Degradation in the south of Aleppo, Syria**, UN convention to combat desertification, Trier, Germany, 7-9 sep, 2005.
- Khorasani,N.,Hassanzadeh,M., & Mohamadi,M.(2008).**Practical guide to planting, growing, and harvesting corn**. Berlin: Serva Publishing.
- Khorasani,N., & Izadpanah,A.(1992).Study of the central watershed and evaluation of salinity changes in one of its basins in the semi-arid region. Proceedings of the Seminar on the Study of Desert and Desertification Issues in Iran
- Masoudi, A.A. and Kike, K.(2006). Arid land salinization detected by Remotely-Sensed Landcover Changes. A case study in the Siwa region, NW Egypt. **Journal of Arid Environments**, 66,151-167.
- Miller RW., & Donahue, RL. (1990). "An Introduction to Soils and Plant Growth". Michigan: Prentice Hall, The University of Michigan.
- Moser,G., and Serpico,S.(2009). "Unsupervised Change Detection from multichannel SAR data by Markovian data fusion." **IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.**, 47(7),2114–2128.
- Opoku-Duah, S., Donoghue, D., and Burt, T.(2008). "Intercomparison of evapotranspiration over the Savannah Volta basin in west Africa using remote sensing data." **Sensors**, 8, 36-61.
- Paudyal, K.R., & Erenstein, Q. (2005). "Multistakeholder program to Accelerate Technology adoption to improve Rural Livelihoods in Rainfed eastern Gangetic plains (IFAD TAG634) ". Annual technical progress report. By: International Maize and wheat improvement center.
- Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., and Sepaskhah, A. R.(2015).“Improving barley performance by proper foliar applied Salicylic-Acid under saline conditions “ . **Int. J. Plant Prod**, 9,467-486.
- Sayyari, M., and Mahmoodi,S. (2002). "An investigation of reason of soil salinity and alkalinity on some part of Khorasan province (Dizbad-e Pain Region) “. 17th WCSS, 14-21, August 2002, 1981, Thailand.
- Wang, D., Wilson,C., and Shannon, C.(2002).“Interpretation of Salinity and irrigation effects on Soybean Canopy reflectance in visible and near-infrared spectrum domain“. **International Journal of Remote Sensing**, 23(5),485-492.
- Wang,Y.(2013).“Land exploitation resulting in soil salinization in a desert–oasis ecotone”.**Catena**, 100, 50-56.
- Yu, R., Liu, T., Xu, Y., Zhu, Ch., Zhang, Q., Qu, Zliu, X., and Li, C.(2010). "Analysis of salinization dynamics by remote sensing in Heta to Irrigation district of North china“. **Agricultural water Management**, 97,1925- 1950.
- Zinck, J.A.(2000).“Monitoring salinity from remote sensing data. In: Goossens, R., and De Vliegheer, B.M., (Eds.). **Proceedings of the 1st Workshop of the EARSeL Special Interest Group on Remote Sensing for Developing Countries**. Ghent University Pub: Belgium, pp. 359– 368.

-Zinck. J.A.(2001).“Monitoring soil salinity from remot sensing data. 1st workshop EARSeL special interest group on remote sensing for developing countries“. soil and soil salinity pages 357 408.

Investigation of water and soil salinity in the areas east of Lake Urmia and west of Tabriz ,Due to the advancement of underground saline water, using remote sensing

M.Bayati Khatibi * و N.Zabet ,K,Valizadeh

Introduction

In recent decades, in the basin of Lake Urmia, both affected by climate changes and due to the lack of awareness of farmers on the principles of agriculture and carrying out a series of construction works with the aim of achieving short-term benefits, the soils and waters of the area have suffered a decrease in quality and a pollution crisis. So that due to the exploitation of the soil in the exploited areas, it has lost its quality. Currently, millions of hectares of cultivated land in the world have become so salty that it is no longer economically viable to produce crops in them. It is not economical . This amount in Iran and around Lake Urmia is nearly six times the global rate. The phenomenon of salinity is felt more when the concentration of salts in the soil exceeds the normal limit . Given that about half of the irrigated lands in the world are affected by salinity, excessive accumulation of sodium, which causes soil toxicity and inhibits the growth of plants, has become a major limiting factor in the production of agricultural products. Is In Iran, due to the fact that a large part of the country is located in arid and semi-arid areas, the problem of salinity has become a big problem in agriculture. In Iran, about 14.7% of the total area of the country is made up of saline lands, and nearly 50% of the agricultural lands are faced with the problem of salinity or alkalinity and waterlogging to varying degrees . In the Azerbaijan region due to Lake Urmia, and illegal cultivation and extraction of underground water, soil salinity has become a big problem in a large part of the region and it seems that its dimensions will increase in the future. In this article, the most research focus is on the problem of salinity. The soil is within a radius of a few kilometers from Lake Urmia and near Tabriz. Preliminary observations and studies show that the problem of water salinity and then soil salinity has increased in the study area to such an extent that it has caused farmers to complain and abandon agriculture. and in terms of the dangerous dimensions of the problem, it has drawn the attention of researchers to the problem of soil salinity. The main reason for focusing on this area is excessive soil salinity within a 50-kilometer radius of Urmia Lake.

Key words: soil salinity, water salinity, spectral indices, EC index, east of Lake Urmia, west of Tabriz

Materials and methods

In this article, for more detailed investigations, atmospheric correction was attempted on the images. There are many methods for performing atmospheric corrections, but the QUAC algorithm is very fast compared to other methods based on physical calculations . In this article, the latest versions of this algorithm, which are available in ENVI software versions for the purpose of correcting satellite images such as Landsat, were used, and the image preprocessing codes were implemented in the Google Earth Engine system. between 0 and 1. It should be noted that surface reflectance is used considering atmospheric effects such as aerosol dispersion and thin clouds that can help to detect and describe changes in the earth's surface and also Doing it improves the comparison between several images in the study area. The important part in this research was the use of spectral indices and salinity indices to identify the salinity of the regions. To use these indices, images were first selected and relevant data extracted. In this research, Landsat time series images were used with necessary corrections, and in the next step, the corresponding algorithm was designed and the output maps were taken. In this study, the data of OLI and TIRS sensors (Multi-Spectral and Thermal-Bands images) with time series images from the area of Tabriz Refinery, last 20 years (Landsat 8 satellite) have been used. After selecting the area and in the previous stage Processing, necessary corrections for the visual interpretation of the areas, (contrast improvement) of the

images have been used to clearly define the salinity threat ranges. Then, according to the spectral reflections of the salt flats in different bands of the Landsat meter and by resorting to the spectral attribution method, as well as using various spectral indices, the ranges and salt flats have been identified. To process the images by spectral indices, the calculation of Surface Reflectance value was done, which sets the range of image pixels between 0 and 1 and calculates and displays the amount of reflected energy from the surface of the phenomenon. In this research, pre-processing of images has been done to implement spectral indices. As mentioned, in fact, the most important step in this study is the use of different spectral indices to extract soil salinity maps such as SI3, SI2, SI1, SI, NDSI, BI, It was NDVI.

Discussion

Due to the fact that water salinity is often the main factor of soil salinity, for this reason it is of primary importance to estimate water salinity in the first stage. The SI-1 spectral index is considered one of the most important and suitable spectral indices for estimating water salinity. Importance, in this research, it has been tried to estimate the water salinity in the investigated area with different indicators. The SI-1 band ratio algorithm is one of the most widely used methods for calculating water salinity. This algorithm is calculated as a mathematical relationship $SI1 = (R / NIR) * 100$. To estimate salinity using the mentioned index, three bands of Landsat 8 satellite have been used, component B4 is related to the red channel band and component B5 is related to the mid-infrared channel. According to the ground matches, it can be concluded that the SI-1 algorithm has a better performance in estimating water salinity. In fact, the SI-1 method can be clearly seen and investigated in monitoring water salinity and soil salinity in the region. One of the reasons for the change in the chemical properties of water can be due to many reasons, including changes in the way water is managed, environmental changes, and changes in the amount of underground water extraction, which in itself causes the fresh waters adjacent to the waters. The salinity has changed its range and eventually the arable soils will also become saline due to continuous irrigation. There are many methods to check the saline ground water that affects the soil salinity, one of the methods to check the salinity of the underground water is using the technique is the difference. In the difference technique, the spatially recorded images at times t_1 and t_2 are differentiated pixel by pixel to produce an image that shows the change between the two times, if t_1 band 1 is the first date image and t_2 band 1 is the image of the second date, the changes in the region can be obtained from the following relationship, $x = t(2) - t(1) + C$ relation (4)

The constant number C is used to prevent the value of x from becoming negative, which is usually chosen as 127 (Moser, 2009). In this case, if $\sigma_1 \leq x$, it indicates the presence of change, but if $\sigma_1 > x \geq \sigma_2$, it indicates the absence of change. If $\sigma_1 > x$ also indicates the presence of change. The results show that in the 5-year period from 1384 to 1389, the amount of soil salinity in the central and northern areas of Tabriz Refinery has increased and the area of saline soil in these areas has increased compared to the last 5 years. The central point of the map is the exact location of the Tabriz refinery, and the soil salinity has increased in the northern areas of the refinery, which includes agricultural lands. The output map shows that in the 10-year period, salinity has increased by 79-89% in agricultural lands.

Conclusion

Climate changes along with the lack of change in human performance against nature and on the contrary the intensification of unprincipled activities related to water use and soil erosion have changed the natural conditions of water and soil in the areas close to human settlements at a high speed. The salinity of water and soil is one of the consequences of such unprincipled behavior of man with nature. Unfortunately, in recent decades, the human factor has shown itself, especially in the investigated area. Its blue expanse has become a threat factor. According to the findings of the research, there have been many changes in the eastern part of Lake Urmia, which is at a lower altitude, and most of the river flows are connected to Lake Shore, and these changes over time have caused an increase in the salinity of soil and groundwater in the eastern areas of Lake Urmia. The density of human centers and as a result the increase of water-bearing industrial centers has caused a lot of underground water extraction in this area, which has led to the advance of saline

underground water towards the previous fresh water. This problem is in the western areas of Tabriz. and it is more evident around the Tabriz refinery. The concentration of industries, towns, second homes and agricultural lands in the eastern part of the lake and the western part of Tabriz has caused the soil in the western areas of Tabriz city to gradually and in recent years with high water consumption. The higher the speed, the more salty. Due to the large area under the influence of salinity in the investigated area, one of the necessities of this research was the use of satellite images. Covering the study area with an approximate area of 35,000 square kilometers was a challenge that seemed to be possible only by using satellite images.