Research Paper

Monitoring Soil Salinity Changes Due to the Advance of the Salty Water of Lake Urmia in the Industrial and Agricultural Area of West Tabriz Using Spectral Indices Case Study: Around Tabriz Refinery

Maryam Bayati Khatibi*[1], Negar Zabet[2]

DOI: 10.22034/HYD.2023.55133.1676

Refference to this article: Bayati Khatibi, M; Zabet, N (2023). Monitoring Soil Salinity Changes Due to the Advance of the Salty Water of Lake Urmia in the Industrial and Agricultural Area of West Tabriz Using Spectral Indices (Case Study: Around Tabriz efinery). *Hydrogeomorphology*, 10(35): 82-101.

Keywords

Remote sensing of soil salinity, Water salinity, Spectral indices, East of Lake Urmia, Tabriz refinery area

Receive Date: 2023/01/28

Accept Date: 2023/06/25

Available: 2023/07/21

A B S T R A C T

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 (Hussaini, 2015). 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.

*** Corresponding Author: Maryam Bayati Khatibi**
E-mail: m5khatibi@yahoo.com

1. Prof. of RS and GIS Department, Planning and Environment Sciences Faculty, Tabriz, Iran.
2. Student of RS and GIS Department, Planning and Environment Sciences Faculty, Tabriz, Iran.

Extended Abstract

1-Introduction

In Iran, since 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 (Ahmadi, 2016). 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 research focus is on the issue of water and soil salinity in the east of 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 (Dadrasi,2016). 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. This research tried to investigate the dimensions of soil salinity by using field surveys and identifying areas using the spectral behavior of complications (Allbed et al ,2018).

The review of the related research shows that even though the soils of the studied area are affected by a very deadly disease such as salinity, extensive and comprehensive research has not been done. In terms of industrial and agricultural users, the studied area is very sensitive to soil salinity, for this reason, has been tried in this research, using new methods and software, to investigate the state of soil salinity and process the images related to the studied area, and finally, to prepare the map soil salinity changes.

2-Materials and Methods

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 range and in the pre-processing stage, 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 sensor 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, 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, and NDVI. For fast processing, the relationships of the study area were determined on the Google Earth Engine system map, and the file slope of the study area was uploaded. After completing the process of uploading the file into the system, all the coded algorithms were applied only to the uploaded cutting file. In this research, the study area according to Figure covers the western area of Tabriz city, which includes residential areas, agricultural lands, and an industrial town (Tabriz Grand Refinery). After the operation of classifying the lands of these regions and preparing a thematic map, the salinity of the lands of this region has been examined. It has been done through coding in this environment (Bayati Khatibi, and Karami,1390).

3-Discussion

Since 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. This research has 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 relation 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. The results show that in the 5 years from 2000 to 2005, 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 results show that in the 5 years from 2005 to 2010, the amount of soil salinity in the northwestern and southeastern areas of Tabriz Refinery has increased and the area of saline soil in these areas has increased compared to the previous 5 years. The central point of the map is the exact location of the Tabriz refinery, and the soil salinity has increased in the areas east of the refinery, which includes agricultural lands. One of the factors of increasing salinity in this period is improper irrigation of fields and human factors. The output map shows that in the 10 years, salinity has increased by 79-89% in agricultural lands.

4-Conclusion

In this research, based on the coefficient of explanation between the amount of salinity and the amount measured by different indices, the series of salinity indices SI-1 showed the best compliance. Finally, by using SI-1 and SI-2 indicators, the process of monitoring the changes in the last 20 years was implemented, and in both methods, the salinity of the Tabriz Refinery area has been increasing from the last 20 years until now, in the last 8 years, the area of areas with saline soil has increased more rapidly. The salinity maps related to the SI methods show the condition of the soil in the Tabriz Refinery area very well, and all the methods used in this research are very similar. The 20-year change map of the area shows the spread of salinity around the Tabriz Refinery. According to the findings of the research, there are two main factors of salinity in the agricultural lands around the refinery, one is the irrigation of the agricultural lands from the sources of salty surface water (containing a lot of sodium) which are located on the way to Lake Urmia, And the second is the increase in the annual temperature in the hot seasons, due to the evaporation of surface water and the lack of agricultural water sources, the cultivation of many agricultural lands has stopped, and due to the vegetation cover and the increase of barren soils in the Tabriz refinery area, the percentage of salinity has been increasing in the last decade. Solving the problem of reducing surface freshwater requires comprehensive management. Finally, it can be added that the preparation of a salinity map is necessary for better land management in different fields of agriculture and for reducing costs. For this reason, the type of method used and the accuracy of preparation of salinity maps are important for agricultural land management. For better monitoring of salinity changes, it is necessary to determine a suitable method among the spectral indices, for this reason, appropriate indices should be selected to reveal the changes.

5-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), PP: 85-96.

Allbed, A., Kumar, L. & Sinha, P. (2018*). Soil salinity and vegetation cover change detection from multi-temporal remotely sensed imagery in Al Hassa Oasis in Saudi Arabia*. Geocarto International, 33 (8), 830-846.

Bayati Khatibi, M and Karami, F. (1390). *Soil Geomorphology*, Samt publisher. Tehran, Iran.

Dadrasi, E., Pakparvor, M., Yamani., M., and Davarzani, Z (2016). *Investigating the trend of soil salinity changes using remote sensing data and geographic information systems in the hot and dry southeast region of Sabzevar city*. Journal of Geography and Development, University of Tehran, spring and summer 2015.No,20, PP.27-45.

Dwivedi, R. S. & K. Sreenivs (2010). *Image transformation as a tool for the study of soil salinity and alkalinity dynamics.* Int. J. Remote Sens., Vol. 19, PP. 605_619.

مقاله پژوهشی

پایش تغییرات شوری خاک در اثر پیشروی آب شور دریاچه ارومیه در محدوده صنعتی و زارعی غرب تبریز با استفاده از شاخص‌های طیفی مطالعه موردی: اطراف پالایشگاه تبریز

مریم بیاتی خطیبی[1*]، نگار ضابط[2]

DOI: 10.22034/HYD.2023.55133.1676

ارجاع به این مقاله: بیاتی خطیبی، مریم؛ ضابط، نگار (۱۴۰۲). پایش تغییرات شوری خاک در اثر پیشروی آب شور دریاچه ارومیه در محدوده صنعتی و زارعی غرب تبریز با استفاده از شاخص‌های طیفی مطالعه موردی: اطراف پالایشگاه تبریز. *هیدروژئومورفولوژی*، ۱۰ (۳۵): ۲۷-۴۳.

چکیده

شناسایی تغییرات به موقع و با دید وسیع‌تر در شرایط محیطی به وِیژه تغییرات در ویژگی‌های خاک و نظارت بر تغییرات کاربری و پوشش اراضی و مطالعات محیط زیستی در مقیاس محلی، منطقه‌ای و جهانی از جمله مزایایی استفاده از داده‌ها و ابزارهای سنجش از دور است. شوری آب و به دنبال آن شوری خاک در محدوده شرق دریاچه ارومیه و اراضی غرب تبریز از جمله تهدیدات خاک و زمین‌های زارعی و در عین حال برای محدوده‌های صنعتی تبدیل شده است. هدف اصلی این تحقیق بررسی و تحلیل شوری آب و خاک منطقه جهت پایش وضعیت زمین‌های کشاورزی در ۲۰سال اخیر است که با توجه به گستردگی خاک‌های شور و افزایش شوری آب از گذشته تا به حال، وضعیت پوشش گیاهی و منابع آبی منطقه مورد بررسی قرار گرفته است .در این تحقیق برای بررسی میزان شوری خاک به تغییر رفتار طیفی خاک و آب در طول زمان، با بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای سری زمانی جهت شناسایی تغییرات تاکید شده است. در این بررسی چون خاک‌های شور بازتاب طیفی بیش‌تری در ناحیه مرئی و مادون قرمز طیفی، نسبت به خاک‌های غیر شور، دارند؛ ناحیه مادون قرمز حرارتی، اغلب برای تعیین رطوبت و شوری به کار می‌رود. به‌همین دلیل از شاخص‌هایی که از این باندها استفاده شده است . از جمله شاخص‌های که در این تحقیق پیاده‌سازی شده است شاخص‌های: NDSI ، SI-1 ، SI-2 ، SI-3 ، SI-4 ، SI-4 ، SI-5 ، SI-6 و IPVI. نتایج بررسی تغییرات شوری در طی زمان در محدوده مورد بررسی نشان می‌دهد که در بازه زمانی مورد مطالعه، میزان شوری خاک در مناطق شمال غربی و جنوب شرقی پالایشگاه تبریز روند افزایشی داشته و مساحت خاک شور در این مناطق نسبت به سال‌های گذشته بیشتر شده است. نقطه مرکزی نقشه، موقعیت دقیق پالایشگاه تبریز می‌باشد و در نواحی شرق پالایشگاه که شامل زمین‌های زراعی می‌باشد، شوری خاک افزایش پیدا کرده است. یکی از عوامل افزایش شوری در این بازه زمانی، آبیاری نامناسب مزارع و به عبارت کلی‌تر عوامل انسانی می‌باشد.

کلیدواژه‌ها

سنجش از دور شوری خاک، شوری آب، شاخص‌های طیفی، شرق دریاچه ارومیه، محدوده پالایشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۴
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۴/۳۰

* نویسنده مسئول: مریم بیاتی خطیبی
رایانامه: m5khatibi@yahoo.com

۱- استاد ژئومورفولوژی، گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲- دانش آموخته سنجش از دور و GIS، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۱- مقدمه

امروزه به علل مختلف شورشدن خاک در طی زمان از مشکلات عمده محیطی در محدوده های نیمه خشک محسوب می شود .در محدوده کاربری های مختلف، حضور و ازدیاد نمک پیامدهای زیان باری زیادی دارد که باید مدنظر قرارگیرد .این پیامدهای منفی حضور نمک در محدوده های زراعی به مراتب بیش از سایر کاربری ها است(بیاتی خطیبی،۱۳۹۰) .به لحاظ تاثیر منفی نمک در تولید محصولات زراعی،شورشدن خاک به یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی تبدیل شده است (Flowers.T , 2005).با عنایت یه اینکه حدود نیمی از زمین‌های آبی در جهان تحت تأثیر شوری قرار دارد،تجمع بیش از اندازه سدیم که موجب سمی شدن خاک و عامل بازدارنده در رشد گیاهان محسوب می شود، به یک عامل بزرگ محدودکننده در تولید محصولات کشاورزی تبدیل شده است (Heidari.M , 2012وGrieve.C , 2000) متاسفانه در نتیجه عدم آگاهی به اصول زراعت و یا برای دستیابی به منافع کوتاه مدت ، خاک‌ها و آب‌ها (به عنوان ثروت های ملی در هر کشور)مورد بهره برداری غلط قرار گرفته و در نتیجه پس از مدتی خاک مرغوبیت خود را از دست داده است ،بطوریکه هم اکنون در جهان میلیون‌ها هکتار از زمین‌های زیرکشت آنقدر شور شده اند که تولید محصول در آنها از نظر اقتصادی دیگر مقرون به صرفه نیست (Masoudi,2006).این پدیده زمانی بیشتر محسوس می شود که غلظت املاح در خاک از حد متعارف تجاوز نماید (Flowers.T , 2005).

در ایران با توجه به اینکه بخش زیادی از مساحت کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، مشکل شوری به یک معضل بزرگ در کشاورزی تبدیل شده است. در ایران حدود ۱۴/۷ درصد از مساحت کل کشور را اراضی شور تشکیل داده‌اند و نزدیک به ۵۰ درصد از زمین‌های مورد استفاده کشاورزی به درجات مختلف با مشکل شوری یا قلیایی و غرقابی بودن روبرو می‌باشند(Hussaini,2015).در منطقه آذربایجان بدلیل وجود دریاچه ارومیه، و کشت و استحصال غیر مجاز آب های زیر زمینی ،شوری خاک در بخش بزرگی از منطقه به یک مشکلی بزرگ تبدیل شده است (ولی زاده و همکاران ،۱۳۹۵و ندیری و همکاران ،۱۳۹۴)و به نظر می رسد که در آینده ابعاد آن نیز بزرگتر خواهد شد . در این مقاله بیشترین تمرکز تحقیق روی مسئله شوری خاک در شعاع چند کیلومتری دریاچه ارومیه و در نزدیکی تبریز است . مشاهدات و بررسی های اولیه نشان می دهد که ،مشکل شوری آب و به دنبال آن شوری خاک، در منطقه مورد مطالعه به حدی زیاد شده است که شکایت زارعان و ترک زراعت را موجب شده و به لحاظ ابعاد خطرناک مساله ،توجه محققین را 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 پیمایش های میدانی و شناسایی مناطق با استفاده از رفتار طیفی عوارض،ابعاد شوری خاک مورد بررسی قرار گیرد.

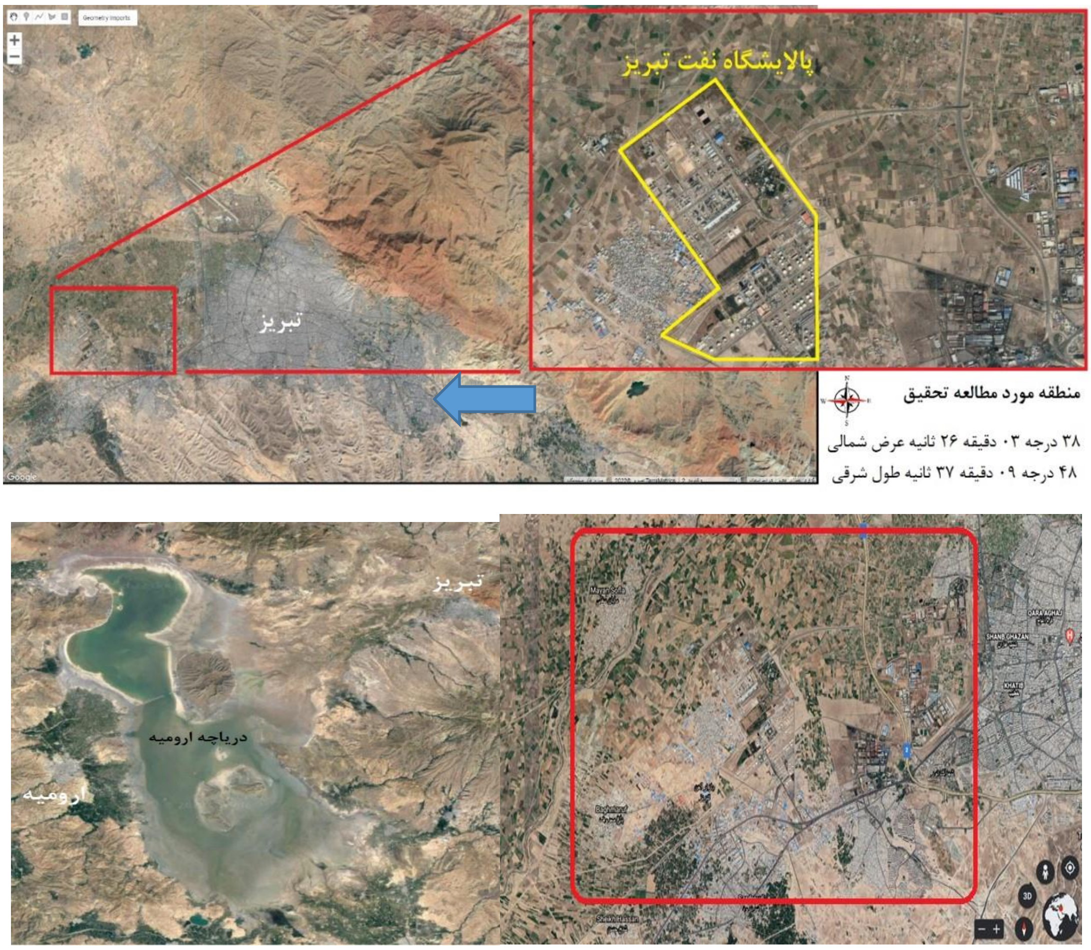
در محدوده پالایشگاه تبریز نیز،بدلیل پیچیدگی‌های زیاد مربوط به ویژگی های فیزیکی،شیمیایی و بیولوژیکی خاک،انتظار پیچیدگی های طیفی خاک نیز منطقی است و همین مسئله کار بررسی و تحقیق در مورد شوری خاک منطقه را با دشواری هایی مواجه ساخته است .البته علی رغم وجود مسال خاص در بررسی شوری خاک، تحقیقات متعددی با استفاده از داده های سنجنده ها صورت گرفته است که می توان به تحقیقات خراسانی و ایزدپناه (۱۳۷۷) که به بررسی تغییرات شوری در سال های مختلف در زیرحوضه‌ی دشت قزوین در مدت ۲۰ سال (۱۹۵۵–۱۹۷۵) با استفاده از اطلاعات ماهواره لندست MSS و به برررسی های خواجه الدین (۱۳۷۵) با استفاده از سه سری داده های رقومی Landsat MSS در اراضی شور منطقه جازموریان وپیراسته و همکاران (۲۰۱۵)، و سیاری و محمودی (۲۰۰۲)، که براساس آزمایشات صحرایی و داده های سنجنده ها خاک های شور و قلیایی محدوده مورد نظر را بررسی کرده اند .البته محققانی هم بوده اند که شوری خاک را با استفاده از داده های میدانی و به همرها داده های حاصل از سنجنده ها مورد بررسی قرار داده اند که می توان به تحقیقات حسنوندی و همکاران (۱۳۹۳) کرم و همکاران(۱۳۹۸)، دادرسی و همکاران (۱۳۸۵)، مسعود و کایک (۲۰۰۶)، فریفته و همکاران (۲۰۰۵)، وانگ و همکاران (۲۰۰۲)، سینگ و مدرنک (۲۰۰۰) یو (yu) و همکاران (۲۰۱۰) خان و همکاران (۲۰۰۱) اشاره نمود که به منظور ارائه مدلی برای تهیه نقشه شوری و با استفاده از داده های سنجنده های مختلف ،مقادیر شوری تحقیقی در محدوده های مورد برررسی را برآورد و محاسبه و در قالب نقشه ها ارایه نموده اند .بررسی پیشینه تحقیق نشان می دهد که علی رغم ،دچار شدن خاک های محدوده مورد بررسی به بیماری بسیار مهلکی مانند شوری ،تحقیقات گسترده و جامعی صورت نگرفته است . محدوده مورد بررسی به لحاظ کاربرهای صنعتی و کشاورزی به شورشدن خاک بسیار حساس است به همین دلیل سعی شده است در این تحقیق ،با استفاده از متدها و نرم‌افزارهای جدید به بررسی وضعیت شوری خاک و پردازش تصاویر مربوط به محدوده مورد مطالعه پرداخته و در نهایت نقشه تغییرات شوری خاک تهیه شود.

۲-مواد و روش

۲-۱ معرفی محدوده مورد بررسی

موقعیت جغرافیایی محدوده مورد بررسی و منطقه تصویربرداری برای استخراج داده ها ،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 ۱۳۵۰متر از دریا است(شکل۱) . 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 این محدوده ،تمرکز بی رویه خانه های دوم ،تمرکز مراکز صنعتی و کارگاهی ، و ازدیاد در حفر چاه های غیر مجاز، مساله شوری خاک را بیش از پیش پیچیده و تشدید کرده است و خاک های محدوده را به مشکل شوری خاک و تشدید بیش از حد آن سوق داده است .

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 به غیر از منطقه پالایشگاه تبریز، منطقه و پهنه آبی دریاچه ارومیه نیز در نظر گرفته شده است . برای برآورد میزان شوری خاک از تصاویر ماهوارهای مربوط به منطقه غرب شهر تبریز که شامل پدیدههایی همچون مسکونی(ساخت دست بشر)، پوشش گیاهی، خاک بایر و زمینهای زراعی است. به همین دلیل جهت درستی تفسیر تصاویر ماهوارهای در ابتدای پردازش تصاویر و برآورد شوری، نقشه طبقهبندی شده از پدیدههای مختلف منطقه تهیه شد. در ادامه از نگاه سنجنده ها به مناطق مربوط به پالایشگاه تبریز و دریاچه ارومیه پرداخته شد.



شکل (۱):منطقه مورد مطالعه (محدوده پالایشگاه تبریز در غرب شهر تبریز شرق دریاچه ارومیه)

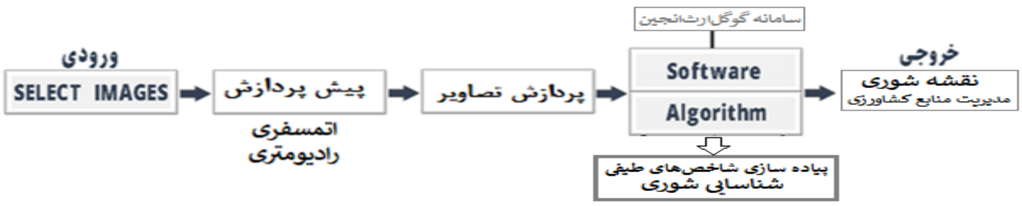
Fig (1): The studied area (the area of Tabriz refinery in the west of Tabriz city,aeast of lake Urmia)

بررسی محدوده شوری و تحت تاثیر تهدیدات شوری مستلزم نگاه گسترده با شعاع وسیع و در واقع افزایش محدوده دید بررسی است .در این تحقیق به منظور پایش تغییرات در محدوده مورد بررسی ،سعی شده است شوری خاک از اطراف دریاچه ارومیه پیگیری شود.

۲-۲-داده ها و روش بررسی

در این بررسی از داده های سنجنده های OLI و TIRS (تصاویر Multi-Spectral و Thermal-Bands) با تصاویر سری زمانی از محدوده پالایشگاه تبریز(۲۰، سال اخیر)ماهواره لندست ۸ استفاده شده است .پس از انتخاب محدوده و در مرحله پیش پردازش ،تصحیحات لازم برای تفسیر چشمی مناطق، (از بهبود کنتراست) تصاویر استفاده شده است تا محدوده های تهدیدبه شوری به خوبی مشخص گردد. سپس با توجه به بازتاب‌های طیفی نمکزارها در باندهای مختلف سنجنده لندست و با توسل به روش نسبت‌گیری طیفی و همچنین با استفاده از انواع شاخص‌های طیفی محدوده ها تشخیص و نمکزارها مشخص شده است . برای پردازش تصاویر توسط شاخص‌های طیفی، محاسبه مقدار Surface Reflectance انجام شدکه دامنه پیکسل‌های تصویر را بین ۰ تا ۱ قرار می‌دهدو مقدار انرژی بازتابی از سطح پدیده را محاسبه و نمایش می‌دهد. در این تحقیق برای پیاده‌سازی شاخص‌های طیفی به پیش‌پردازش تصاویر پرداخته شده است.همچنانکه ذکر شد ،در واقع مهمترین گام در این مطالعه ،استفاده از شاخص‌های طیفی مختلف برای استخراج نقشه‌های شوری خاک از قبیل SI3 ، SI2 ،SI1 ، SI ، NDSI ، BI ، NDVI بود(جدول۱) .

مدل روند کلی پژوهش به صورت زیر است(شکل۲):



شکل (۲): فلوچارت روند کلی مدل پژوهش

Fig (2): Flowchart of the general process of the research model

جدول(۱): شاخص های طیفی مورد استفاده در این تحقیق

Table (1):Spectral indices used in this research

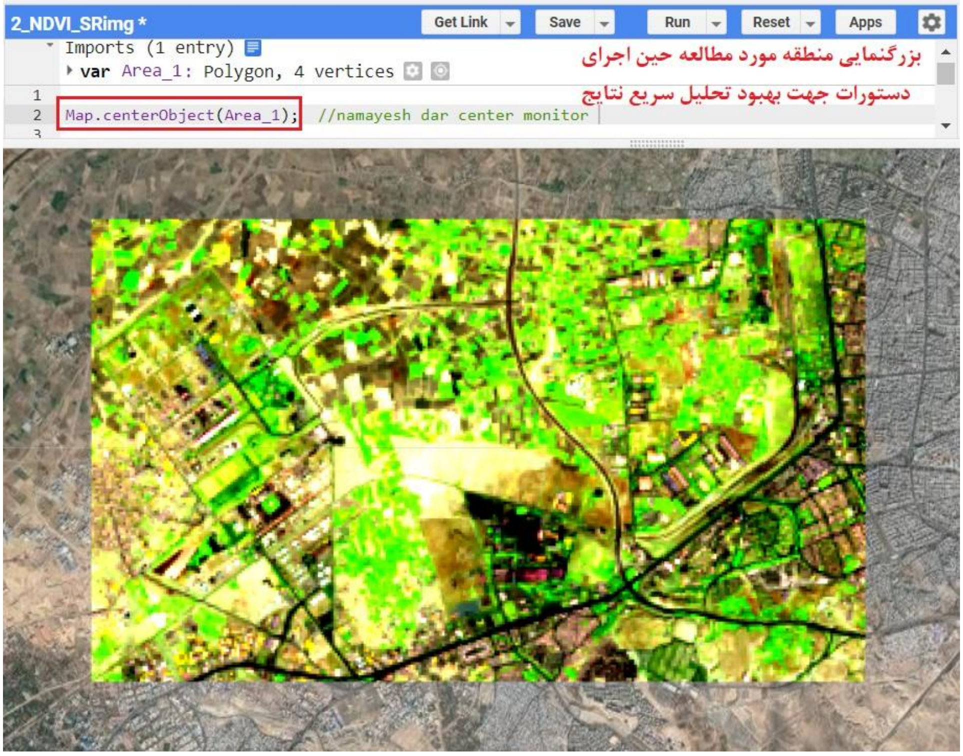
شاخص طیفی	فرمول
SI-A	$(R-B)\times 100$
Si – 1	$\frac{B}{R}$
Si – 2	$\frac{B-R}{B+R}$
Si – 3	$(R\times B)\times \mathrm{B}$
Si – 4	$(R+NIR)-(R-NIR)$
Si – 5	$(R\times B)\times \mathrm{G}$
Si – 6	$\frac{R\times NIR}{G}$

برای تهیه نقشه‌های شوری ، بهترین شاخص موجود استخراج شده است. در این تحقیق برای مقایسه ،چند شاخص مهم مورد بررسی قرار می‌گیرد و با استفاده از هر کدام یک نقشه رستری تهیه شده است .با عنایت به این که شوری خاک به عنوان یک عامل مهم محدود کننده رشد گیاهان محسوب می‌شودو هر تغییری در شرایط محیطی گیاه بلافاصله در بازتاب های طیفی آن نمود پیدا می‌کندبه همین دلیل از شاخص های پوشش گیاهی نیز استفاده شده است . تشخیص میزان EC به عنوان معرف شوری خاک در مدیریت کشاورزی نقش تعیین کننده‌ای دارد.به همین دلیل، میزان EC نیز مورد بررسی قرارگرفت .

برای متمایز ساختن مناطق تغییر از مناطقی که تغییری در آنها رخ نداده است ،قبلا باید استانه تعیین شود . روش های مختلفی برای تعیین حدآستانه وجود دارد .روش های آماری و روش های آزمون خطا از این جمله هستند .در روش آزمون و خطا، با بررسی و مقایسه بصری نتایج حاصل، از اعمال حدآستانه های مختلف و مقدار بهینه حدآستانه تعیین گردیده است. بسیاری از الگوریتم های آشکارسازی تصویر، از قبیل الگوریتم های موجود در دسته های جبر و تبدیل(از جمله تفاضل تصویر و pcd و...)، نیازمند انتخاب آستانه ها (*Jensen, 2008*)هستند. با توجه به در دسترس بودن دانش قبلی در مورد منطقه مورد مطالعه، در این مقاله، از روش آزمون و خطا جهت تعیین حدآستانه استفاده شده است .برای حد آستانه گذاری، مقدار تغییرات در آشکارسازی تغییرات از طریق محاسبه فاصله اقلیدسی بین موقعیت های هر پیکسل در دو تاریخ مختلف به دست آمده است . در این مرحله با انتخاب یک حدآستانه برای بزرگی تغییرات پیکسل های تغییریافته از پیکسل های بدون تغییر تمایزاستفاده شده است . جهت پردازش سریع ،روابط منطقه مورد مطالعه روی نقشه سامانه گوگل ارث انجین مشخص و شیب فایل منطقه مورد مطالعه آپلود شد .بعد از تکمیل فرآیند آپلود فایل به داخل سامانه ،تمامی الگوریتم‌های کدنویسی شده فقط بر روی فایل برشی آپلود شده اعمال گردیده است . در این تحقیق منطقه مورد مطالعه طبق شکل(۳) محدوده غربی شهر تبریز را پوشش می‌دهد که شامل مناطق مسکونی ، زمین‌های زراعی ، شهرک صنعتی(پالایشگاه بزرگ تبریز) است. بعد از عملیات طبقه بندی اراضی این مناطق و تهیه نقشه موضوعی به بررسی وضعیت شوری زمین‌های این منطقه مورد بررسی قرار گرفته است .به عبارت دیگر بعد از تعیین محدوده، تمامی شاخص‌ها و الگوریتم‌های موردنظر در سامانه گوگل ارث انجین پیاده سازی شده و در نهایت خروجی از طریق کدنویسی دراین محیط صورت گرفته است(شکل۳ و ۴) .

شکل (۳):انتخاب محدوده مورد مطالعه جهت برش تصاویر پردازش شده

Fig (3): Selection of the study area to cut the processed images



شکل(۴): **بزرگنمایی محدوده منطقه مورد مطالعه** با دستور **ap.centerObject در گوگل ارث انجین**

Fig (4): Magnification of the study area with the map center object command in Google Earth Engine

۳-یافته‌ها و بحث

شوری خاک از جمله تهدیدات مهم محیطی در محدوده های خشک و نیمه خشک و در محدوده های با مدیریت غیر اصولی محیطی است .روش های مختلفی برای برآورد و بررسی محدوده های در معرض شوری خاک وجود دارد .محدوده جنوب غرب تبریزکه به محدوده حواشی دریاچه ارومیه نزدیک است به نظر می رسد که در اثر استحصال زیاد آب های زیر زمینی وپیشروی آبهای شور دریاچه در معرض تهدید جدی شوری خاک و آب قرار دارند .در این تحقیق سعی شده است شوری خاک در قسمت غرب تبریز با استناد به شاخص های مختلف مورد بررسی قرار گیرد. در این تحقیق تصاویر مورد نیاز مربوط به سنجنده لندست۸ و ۵ می‌باشد که با دستور زیر مجموعه تصاویر ماهواره لندست۸ فراخوانی شدند:

var landsat = ee.ImageCollection ('LANDSAT/LC08/C01/T1_SR') دستور(۱)

در دستور فوق، عبارت var یک متغیر راایجاد می‌کند که نام landsat را به خود دارد. جهت فراخوانی مجموعه تصاویر موجود از دستور ee.ImageCollection استفاده شد. بخش مهم کد فوق قسمت تعیین نوع تصاویر است که با دستور 'LANDSAT/LC08/C01/T1_SR' تمامی تصاویر سنجنده لندست۸ که با درجه سطح۱ تصحیح شدند و بصورت Surface Reflectance هستند را فراخوانی می‌کند و طبق شکل ( )مشخصات تصاویر مثل نوع تصاویر، کد فراخوانی تصاویر، نسخه تصاویر، باندهای تصاویر و ویژگی‌های تصاویر را در خود دارد و بصورت تکی یا جمعی قابل استفاده است (شکل۵).

شکل(۵):نمایش تصاویر فراخوانی شده از منطقه مورد مطالعه با ۳۰۸ تصویر مشخص شده

Fig(5) :Showing the images called from the studied area with 308 identified images (source: authors)

۳-۱ برآورد شوری آب و خاک در توسط شاخص SI-1

با توجه به اینکه اغلب شوری آب ،عامل اصلی شوری خاک است،به همین دلیل در مرحله نخست برآورد شوری آب از اهمیت اولیه برخوردار است .شاخص طیفی SI-1 یکی از شاخص‌های طیفی مهم و مناسب جهت برآورد شوری آب محسوب می شودبه لحاظ این اهمیت، در این تحقیق سعی شده است وضعیت شوری آب در محدوده مورد بررسی با شاخص های مختلف برآورد شود. الگوریتم نسبت باندی SI-1 یکی از پرکاربردترین روش‌های محاسبه شوری آب است. این الگوریتم بصورت رابطه ریاضی SI1=(R / NIR)*100 محاسبه می‌شود. برای برآورد شوری با استفاده از شاخص نام برده از سه باند ماهواره لندست۸ استفاده شده است که مولفه B4 مربوط به باند کانال قرمز و مولفه B5 مربوط به کانال مادون قرمز میانی می‌باشد. در زیر مراحل پیاده سازی و نتایج خروجی‌های آن آورده شده است :

دستور (۲) $\text{var SI1\_landsat8} = \text{Landsat8.map(function(si1\_L8)}$

$$\text{var indexSI1\_landsat8} = \text{si1\_L8.expression}\left('\left(\frac{B4}{B5}\right) * 100'\right) \quad Si\ 1 \text{ پیاده سازی الگوریتم}$$

$$\{'B2': \text{si1\_L8.select}('B4'), \quad \ldots \quad 'B4': \text{si1\_L8.select}('B5')\});$$

$$\text{var } clip_{L8} = indexSI1_{landsat8}.\text{clip(Area)}; \quad Si\ 1 \text{ برش تصاویر نسبت به شاخص}$$

$$\text{return clip\_L8.rename('SI} - \text{1 index Landsat8'); \});}$$

طبق نقشه خروجی حاصل از این محاسبه (شکل۶) مناطق با رنگ قرمز نشان‌دهنده شوری بسیار بالا است و مناطق نارنجی و زرد نشان‌دهنده نمک‌های باقی مانده در سطح می‌باشند.این خروجی شامل مناطق گسترده‌ای در 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 هستند. با توجه به تطابقات زمینی می‌توان نتیجه گرفت که الگوریتم SI-1 در برآورد شوری آب عملکرد بهتری دارد. در حقیقت روش SI-1 در پایش وضعیت شوری آب و شوری خاک منطقه به وضوح قابل مشاهده و بررسی است. رنگ‌بندی‌ها در نقشه مربوط به منطقه پالایشگاه تبریز ،نشان دهنده این است که بدلیل مسکونی-زراعی بودن منطقه و وجود نمک در خاک زراعی، شوری از شدت بالایی برخوردار است. مناطق زرد که بیشترین مناطق تصویر ماهواره‌ای را دربرگرفته 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.

۲-۳ برآورد شوری خاک توسط 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 باندی سنجنده لندست استفاده شده است . این الگوریتم بصورت رابطه ریاضی SI2 = (B / R) محاسبه می‌شود. در اینجا از سه باند ماهواره لندست۸ استفاده شده است 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 و در ادامه خروجی تصویری از نقشه شوری خاک با روش SI-2 به همراه توضیحات آن در قالب نقشه خروجی نمایش داده شد :

دستور(۳) $\text{var SI2\_landsat8} = \text{Landsat8.}\text{map}(\textbf{function}(\text{si2\_L8})$

$$\text{var indexSI2}_{\text{landsat8}} = \text{si2}_{\text{L8}}.\text{expression}\left(\frac{'(\text{B2}-\text{B4})}{\text{B2}+\text{B4}'}\right) \quad Si-2 \text{ فرمول اصلی الگوریتم}$$

$$\{'\text{B2}': \text{si2\_L8.select}('\text{B2}'), \ldots \ '\text{B4}': \text{si2\_L8.select}('\text{B4}')\}); \quad \text{معرفی باندها}$$

$$\text{var clip}_{\text{L8}} = \text{indexSI2}_{\text{landsat8}}.\text{clip}(\text{Area}); \quad Si\ 1 \text{ برش تصاویر نسبت به شاخص}$$

$$\text{return clip\_L8.rename}('\text{SI}-2 \text{ index Landsat8}');\});$$

بعد از پیاده‌سازی الگوریتم SI-2 برای برآورد شدت شوری خاک در منطقه پالایشگاه تبریز، نتایج نشان می‌دهد (شکل ۶)مناطق زراعی اطراف پالایشگاه از میزان شوری بالا دارد. مناطقی که رنگ قرمز و نارنجی دارند به مناطق ساخت دست‌بشر نزدیک هستند و شدت شوری بالا است و مناطق زرد نسبتا 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. مناطق با رنگ سبز بدلیل وجود پوشش گیاهی بعنوان زمین‌های زراعی شناخته می‌شود و توسط الگوریتم SI-2 مورد پردازش قرار نمی‌گیرد. خروجی شکل(۶) منطقه پالایشگاه تبریز را با رنگ بندی مشخص، شدت شوری را نمایش می‌دهد(شکل ۶).

۳-۳- برآورد شوری خاک توسط شاخص SI-3

شاخص طیفی SI-3 یکی دیگر از پرکاربردترین شاخص‌های طیفی برای برآورد شوری خاک است که برای پیاده‌سازی روابط ریاضی این الگوریتم از نسبت باندی سنجنده لندست استفاده شده است. این الگوریتم بصورت رابطه ریاضی SI3=(R / NIR)*100 محاسبه می‌شود. در اینجا از سه باند ماهواره لندست۸ استفاده شده است که مولفه B4 مربوط به باند کانال قرمز و مولفه B5 مربوط به کانال مادون قرمز میانی می‌باشد :

دستور(۴) $\text{var SI3\_landsat8} = \text{Landsat8.}\text{map}(\textbf{function}(\text{si3\_L8})$

$$\text{var indexSI3}_{\text{landsat8}} = \text{si3}_{\text{L8}}.\text{expression}('(\text{B3}*\text{B4})*\text{B2}'),$$

$$\{'\text{B2}': \text{si3\_L8.select}('\text{B2}'),$$

$$'\text{B3}': \text{si3\_L8.select}('\text{B3}'),$$

$$'\text{B4}': \text{si3\_L8.select}('\text{B4}')$$

طبق خروجی نقشه مربوط به منطقه پالایشگاه تبریز(شکل ۶)که با استفاده از شاخص SI-3 تهیه شده ،نشان‌دهنده شوری خاک در محدوده مورد بررسی است . مناطقی که با رنگ قرمز مشخص شده اند ،شامل درصد بالایی از خاک های شور هستند و مناطق مشخص شده با رنگ نارنجی، بعنوان زمین‌های دستکاری شده توسط انسان هستند که بصورت محدوده های شور خودنمایی می کنند .در این محدوده ها رشد گیاه درصد بسیار پایینی را شامل می شود . در نقشه خروجی(شکل-) مناطق با رنگ سبز تیره و روشن بعنوان پهنه گیاهی با رطوبت بالا را نشان می‌دهد که در حاشیه زمین‌های زراعی بدلیل وجود آب‌های سدیم‌دار، مقداری از شوری را به خود گرفته است.

۳-۴- برآورد شوری خاک توسط شاخص SI-4

شاخص طیفی SI-4 یکی از پرکاربردترین شاخص‌های طیفی جهت برآورد شوری خاک است که برای پیاده‌سازی روابط ریاضی این الگوریتم از نسبت باندی سنجنده لندست استفاده می‌شود. این الگوریتم بصورت رابطه ریاضی $SI4 = R * NIR / G$ محاسبه می‌شود. در اینجا از سه باند ماهواره لندست۸ استفاده می‌شود که مولفه B3 مربوط به باند کنال 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 و در ادامه خروجی تصویری از نقشه شوری خاک با روش SI-4 به همراه توضیحات آن در قالب نقشه خروجی نمایش داده شدند:

دستور(۵)

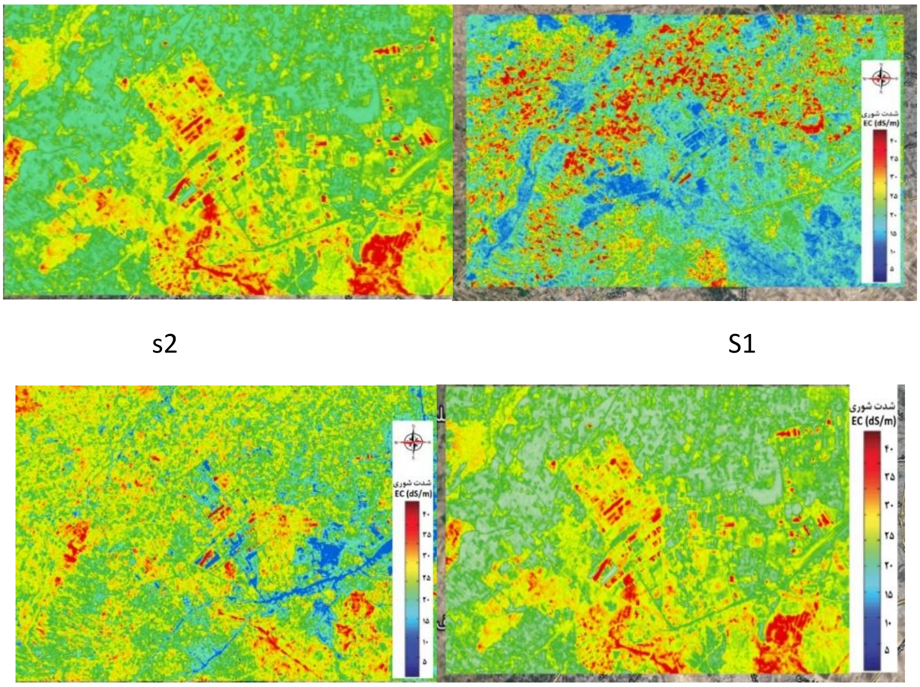
$$\text{var SI4\_landsat8} = \text{Landsat8.map}(\textbf{function}(\text{si4\_L8})$$

$$\text{var indexSI4\_landsat8} = \text{si4\_L8.expression}('\frac{(B4 * B5)}{B3'}'),$$

$$\{'B3': \text{si4\_L8.select}('B3'),$$

$$'B4': \text{si4\_L8.select}('B4'),$$

$$'B5': \text{si4\_L8.select}('B5')\});$$



شکل(۶): پیاده سازی شاخص طیفی S1 از SI-4 درفضای گوگل ارث انجین جهت برآورد شوری خاک در محدوده پالایشگاه تبریز

Fig(6): Implementation of Spectral Index S1 from SI-4 in Google Earth Engine Space to Eestimate Soil Salinity in The Area of Tabriz Refinery

۳-۵- پایش تغییرات شوری خاک در طی زمان

قبل از آغاز فرآیند پایش تغییرات شوری خاک درمحدوده پالایشگاه تبریز، تمامی شاخص‌های شوری پیاده‌سازی شدند و با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و روابط موجود، همبستگی تک تک شاخص‌ها با EC (هدایت الکتریکی عنصر نمک) برآورد شدند. در نهایت، نتایج همبستگی(جدول۲) نشان داد که شاخص‌های SI-1 و SI-2 بیشترین انطباق با واقعیت دارند. جهت برآورد دقت تهیه نقشه شوری، در ابتدا مرحله برآورد میزان همبستگی بین بهترین شاخص با سایر شاخص‌ها انجام می‌گیرد. میزان همبستگی برآوردشده با نمونه واقعی ۸۹٪ است .اعداد جدول(۲) نشان می‌دهد که بیشترین میزان همبستگی در سطح ۱٪ بین شاخص SI-1 و SI-2 به ترتیب با ۸۹٪ و ۸۸٪ است و بیشترین شباهت بین EC با

شاخص‌های SI-1 و SI-2 و SI-3 دیده می‌شود. بطوری که بغیر از شاخص SI-6 بقیه شاخص‌ها در فاصله بیشتری نسبت به EC قرار ارند. نتایج نشان می‌دهد که شاخص‌های طیفی SI-1 و Si-2 و Si-3 در نمایش شوری منطقه، بیشترین همبستگی را با درجات شوری داشته‌اند و این میزان همبستگی بالا نشان دهنده صحت عملکرد الگوریتم‌ها می‌باشد. روش‌های درونیابی و دورسنجی نشان می‌دهد که باندهای ۲ ، ۳ ، ۴ و ۵ لندست۸ و روش SI-1 و SI-2 بهترین روش جهت شناسایی مناطق شور هستند.

یکی از خطاهای احتمالی در این تحقیق، وجود مناطق با پوشش گیاهی انبوه است در حقیقت، مناطقی که پوشیده از گیاه است، تشخیص کامل و مستقیم شوری امکانپذیر نیست، زیرا در بازتاب گیاه و خاک تداخل طیفی وجود دارد و نیاز به تطبیق زمینی الزامی است. بنابرین در این تحقیق از روش هدایت الکتریکی EC استفاده شد. نتایج نشان داد هدایت الکتریکی EC سطحی خاک بیشترین همبستگی را با باندهای ۲ ، ۳ ، ۴ و ۵ لندست۸ یا به عبارتی همبستگی بیشتری با باندهای مرئی و مادون قرمز دارند. جهت ارزیابی میزان دقت شاخص‌ها و استفاده از آنالیزهای آماری در تهیه نقشه شوری و میزان شوری با استفاده از باندهای مختلف سنجنده OLI لندست۸ ، از آماره‌های مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین انحراف خطا (MBE) و میانگین خطای مطلق (MAE) ، ضریب تعیین (R^2) و همچنین ضریب توافق کاپای کوهن برای ارزیابی دقت روش‌های مختلف استفاده شده است. در تحقیقات پیشین معیار ارزیابی دو شاخص‌ها با RMSE و MBE بود درحالی که در تحقیق حاضر علاوه بر دو شاخص یادشده، از MAE و نیز R^2 جهت ارزیابی شاخص‌ها استفاده شده است که در جدول(۳) به نتایج ارزیابی صحت پرداخته شده است .نتایج ارزیابی دقت شاخص‌های بکار رفته جهت برآورد میزان شوری خاک سطحی نشان می‌دهد که کمترین میزان خطا مربوط به شاخص SI-1 و سپس SI-2 است (طبق جدول۲). روش هدایت الکتریکی EC در این تحقیق، معیاری برای ارزیابی سایر شاخص‌ها می‌باشد و با استفاده از رابطه دقت‌ها و اعداد جدول(۳ و۲) می‌توان نتیجه گرفت که برآورد سه نوع دقت، خطای میانگین مربعات ، خطا میانگین انحراف ، میانگین خطای مطلق و در نهایت برآورد ضریب تبیین مشخص می‌کند که شاخص SI-1 نزدیکی بیشتری به واقعیت دارد و به ترتیب میزان خطای میانگین مربعات خطای آن، ۰/۱۶ ، میانگین انحراف خطای آن ۰/۱۱ ، میانگین خطای مطلق آن ۰/۱۲ و ضریب تبیین آن ۰/۷۶ برآورد شده است. بنابراین از بین شاخص‌ها ، SI-1 و SI-2 بهترین برآورد را از میزان شوری دارد و تهیه نقشه با این روش از قابلیت اطمینان بالاتری برخوردار است.در همین راستا جهت پیاده‌سازی پایش تغییرات شوری باید فقط از دو شاخص SI-1 و SI-2 استفاده شود. ابتدا شاخص شوری SI-1 روی تصاویر ۲۰ سال اخیر(هر ۵ سال یک تصویر) پردازش شدند(شکل۷و۸). سپس تصاویر به ترتیب تاریخ تصویربرداری از تصویر ۱۵خرداد۱۳۷۹ دو به دو با تصویر بعدی یعنی تصویر ۲۸خرداد۱۳۸۴ مورد مقایسه قرار می‌گیرند و توسط الگوریتم Change Detection تفاضلی، نقشه تغییرات باینری(تغییر و عدم‌تغییر) تهیه شدند.

جدول(۲) :همبستگی شاخص‌ها در مقایسه با هدایت الکتریکی خاک سطحی EC

Table (2): Correlation of Indicators in Comparison with Electrical Conductivity of EC Surface Soil

نام شاخص	SI A	SI 1	SI 2	SI 3	SI 4	SI 5	SI 6	IPVI	NDSI
همبستگی پیرسون با EC	۰/۱۸۲	۰/۸۹۰	۰/۸۸۴	۰/۷۶۸	-۰/۱۴۵	-۵۹۹/۰	۰/۵۴۱	-۰/۱۶۰	۰/۰۶۵

جدول (۳) :مقادیر انواع خطا بین مقادیر برآورد شده (واقعیت زمینی) و محاسبه شده (شاخص‌ها)

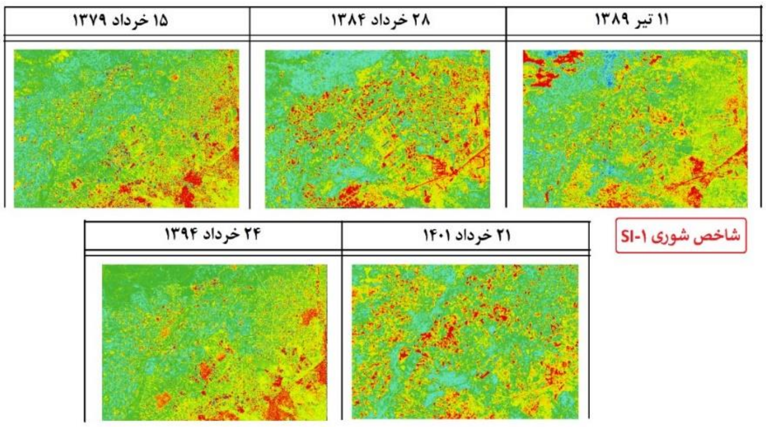
Table (3):Values of Error Tpes Between Estimated (Ground Reality) and Calculated (Indices)Values

نام شاخص	SI A	SI 1	SI 2	SI 3	SI 4	SI 5	SI 6	IPVI	NDSI
RMSE	۰/۳۳	۰/۱۶	۰/۳۰	۰/۴۶	-۰/۷۶	۰/۶۸	۰/۷۲	۰/۳۵	۰/۴۶
MBE	۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۰۸	-۰/۰۲	-۰/۷۲	-۰/۵۱	-۰/۶۹	-۰/۲۷	-۰/۴۳
MAE	۰/۲۷	۰/۱۲	۰/۲۰	۰/۳۶	۰/۷۲	۰/۵۸	۰/۶۹	۰/۲۹	۰/۴۳
R^2	۰/۰۳	۰/۷۶	۰/۶۸	۰/۵۸	۰/۰۲	۰/۳۵	۰/۲۹	۰/۰۲	۰/۱۷

۳-۶- پایش تغییرات شوری با شاخص SI-1

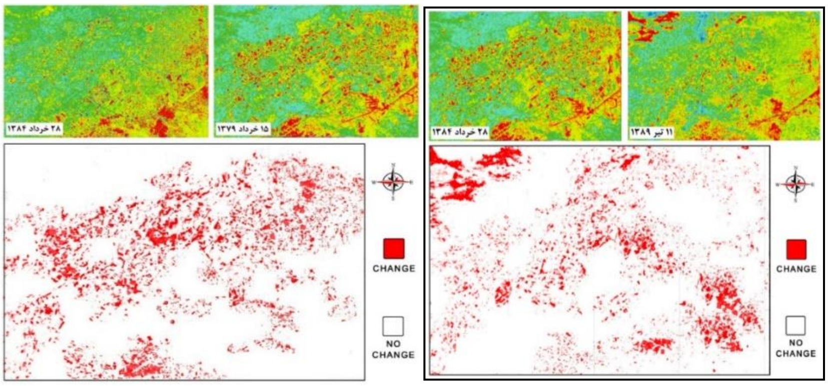
الگوریتم نسبت باندی SI-1 بعنوان شاخصی مناسب برای پردازش انتخاب گردید و یکی از پرکاربردترین روش‌های محاسبه شوری است. این الگوریتم بصورت رابطه ریاضی SI1=(R / NIR)*100 محاسبه شد. جهت پردازش از سه باند ماهواره لندست ۸ استفاده شد که شامل کانال قرمز و کانال مادون قرمز میانی می‌باشد که پیاده‌سازی شدند .طبق خروجی نقشه تغییرات شکل(۷) نتایج نشان می‌دهد که در بازه ۵ ساله از تاریخ ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ میزان شوری خاک در مناطق مرکزی و شرق پالایشگاه تبریز روند افزایشی داشته و مساحت خاک شور در این مناطق نسبت به ۵ سال

گذشته بیشتر شده است. نقطه مرکزی نقشه، موقعیت دقیق پالایشگاه تبریز می‌باشد و در نواحی شمالی پالایشگاه که شامل زمین‌های زراعی می‌باشد، شوری خاک افزایش پیدا کرده است. طبق خروجی نقشه تغییرات شکل(۷) نتایج نشان می‌دهد که در بازه ۵ ساله از تاریخ ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ میزان شوری خاک در مناطق شمال غربی و جنوب شرقی پالایشگاه تبریز روند افزایشی داشته و مساحت خاک شور در این مناطق نسبت به ۵ سال گذشته بیشتر شده است. نقطه مرکزی نقشه، موقعیت دقیق پالایشگاه تبریز می‌باشد و در نواحی شرق پالایشگاه که شامل زمین‌های زراعی می‌باشد، شوری خاک افزایش پیدا کرده است. یکی از عوامل افزایش شوری در این بازه زمانی، آبیاری نامناسب مزارع و عوامل انسانی می‌باشد.



شکل (۷):پیاده‌سازی شاخص SI-1 روی تصاویر سری زمانی سنجنده لندست۵ و ۸ ، **تصاویری از وضعیت شوری منطقه پالایشگاه تبریز در بازه زمانی ۲۰ ساله (با اختلاف ۵ سال از هم)**

Fig (7): Implementation of SI-1ndex on the Time Series images of Landsat 5 and 8 sensors, images of the salinity of the Tabriz refinery area in a 20-year period (with a difference of 5 Years.)



ب) الف)

شکل (۸):الف)دو نقشه فوق، مربوط به وضعیت شوری با شاخص SI ۱ از منطقه پالایشگاه تبریز در تاریخ‌های ۱۵خرداد۱۳۷۹ و ۲۸خرداد۱۳۸۴.نقشه پایین، خروجی باینری تغییرات از منطقه پالایشگاه تبریز حاصل از ترکیب و مقایسه دو تصویر ورودی که رنگ قرمز نشان دهنده پیکسل‌هایی است که از تاریخ اول تا تاریخ دوم(طی ۵ سال) تغییرات شوری داشتند و رنگ سفید بعنوان پیکسل‌هایی که در تاریخ اول و دوم بعنوان شوری نبودند.

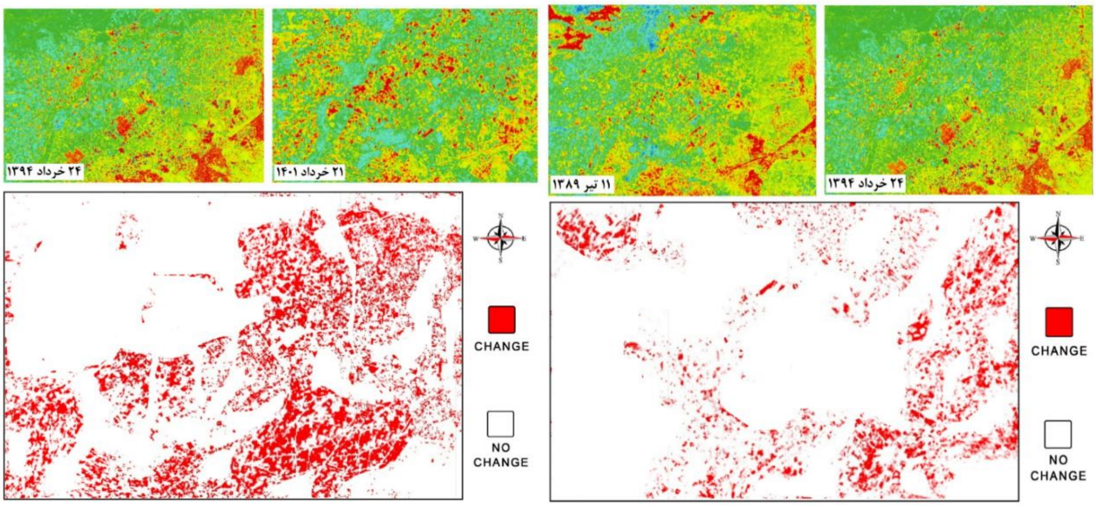
ب) دو نقشه فوق، مربوط به وضعیت شوری با شاخص SI ۱ از منطقه پالایشگاه تبریز در تاریخ‌های ۲۸خرداد۱۳۸۴ و ۱۱تیر۱۳۸۹. نقشه پایین، خروجی باینری تغییرات از منطقه پالایشگاه تبریز حاصل از ترکیب و مقایسه دو تصویر ورودی که رنگ قرمز نشان دهنده پیکسل‌هایی است که از تاریخ اول تا تاریخ دوم(طی ۵ سال) تغییرات شوری داشتند و رنگ سفید بعنوان پیکسل‌هایی که در تاریخ اول و دوم بعنوان شوری نبودند.

Fig (8): A) The above two maps, related to the salinity condition with SI Index 1 from the Tabriz refinery area on 15 Khordad 1379 and 28 Khordad 1384. the bottom map is the binary output of the changes from The Tabriz refinery area resulting from the combination and comparison of the two input images, which are Red it indicates the pixels that had salinity changes from the first date to the second date (within 5 years) and the white color represents the pixels that were not salinity on the first and second dates.

b) The above two maps, related to the salinity situation with SI Index 1 from Tabriz refinery area on June 28, 2014 and July 11, 2016. The bottom map is the binary output of the changes from the tabriz refinery area resulting from the combination and comparison of two input images, where the red color rrepresents the pixels that had salinity changes from the first date to the second date (within 5 years) and the white color represents the pixels that changed on the first date and second, they were not salty.

طبق خروجی نقشه تغییرات شکل(۹و۸) نتایج نشان می‌دهد که در بازه ۵ ساله از تاریخ ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ میزان شوری خاک در مناطق جنوب شرقی پالایشگاه تبریز روند افزایشی داشته و مساحت خاک شور در این مناطق نسبت به ۵ سال گذشته بیشتر شده است. نقطه مرکزی نقشه، موقعیت دقیق پالایشگاه تبریز می‌باشد و در نواحی پالایشگاه تغییراتی مشاهده نمی‌شود و فقط در بخش مسکونی شهر، شوری خاک افزایش پیدا کرده است. از عوامل این تغییرات افزایش شوری در بازه زمانی سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ عوامل انسانی می‌باشد.

طبق خروجی نقشه تغییرات شکل(۹) نتایج نشان می‌دهد که در بازه ۵ ساله از تاریخ ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۱ میزان شوری خاک در مناطق جنوبی و شرقی پالایشگاه تبریز روند افزایشی داشته و مساحت خاک شور در این مناطق نسبت به ۵ سال گذشته بیشتر شده است. نقطه مرکزی نقشه، موقعیت دقیق پالایشگاه تبریز می‌باشد و نکته جالب اینجاست که در بازه زمانی ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۱ خاک داخل پالایشگاه نیز شوری زیادی به خود گرفته و از عوامل این تغییرات افزایش شوری استفاده از آب‌های زیرزمینی با درصد سدیم بالا جهت آبیاری مزارع و ساخت و ساز مصالح می‌باشد. همچنین افزایش تبخیر و تعرق عاملی برای افزایش شوری است.



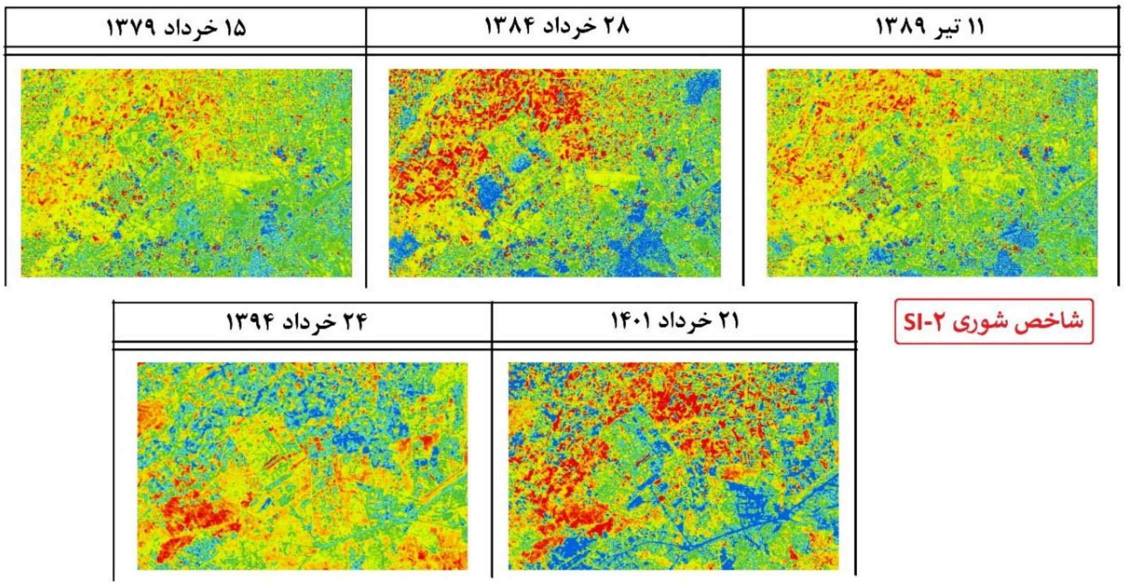
ب) **الف)**

شکل (۹): الف) دو نقشه فوق، مربوط به وضعیت شوری با شاخص ۱ SI از منطقه پالایشگاه تبریز **در تاریخ‌های ۱۱تیر۱۳۸۹ و ۲۴خرداد۱۳۹۴. نقشه پایین، خروجی باینری تغییرات از منطقه پالایشگاه تبریز حاصل از ترکیب و مقایسه دو تصویر ورودی که رنگ قرمز نشان دهنده پیکسل‌هایی است که از تاریخ اول تا تاریخ دوم(طی ۵ سال) تغییرات شوری داشتند و رنگ سفید بعنوان پیکسل‌هایی که در تاریخ اول و دوم بعنوان شوری نبودند**.

ب)دو نقشه فوق، مربوط به وضعیت شوری با شاخص ۱ SI از منطقه پالایشگاه تبریز **در تاریخ‌های ۲۴خرداد۱۳۹۴ و ۲۱خرداد۱۴۰۱. نقشه پایین، خروجی باینری تغییرات از منطقه پالایشگاه تبریز حاصل از ترکیب و مقایسه دو تصویر ورودی که رنگ قرمز نشان دهنده پیکسل‌هایی است که از تاریخ اول تا تاریخ دوم(طی ۵ سال) تغییرات شوری داشتند و رنگ سفید بعنوان پیکسل‌هایی که در تاریخ اول و دوم بعنوان شوری نبودند**

Fig (9): A) The above two maps, related to the salinity situation with SI Index 1 from Tabriz refinery area on July 11, 2019 and June 24, 2014. The bottom map is the binary output of the changes from the Tabriz refinery area resulting from the combination and comparison of two input images, where the red color represents the pixels that had salinity changes from the first date to the second date (within 5 years) and the white color represents the pixels that changed on the first date and second, they were not salty

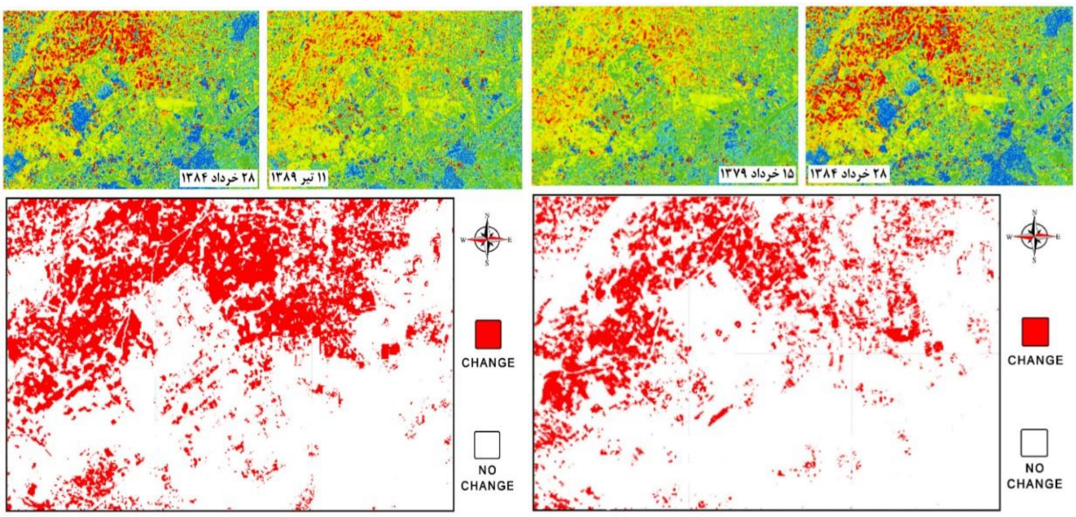
B) The above two maps, related to the salinity situation with SI index 1 from Tabriz refinery area on June 24, 2014 and June 21, 2014. The bottom map is the binary output of the changes from the Tabriz refinery area rresulting from the combination and comparison of two input images, where the red color represents the pixels that had salinity changes from the first date to the second date (within 5 years) and the white color represents the pixels that changed on the first date and second, they wwere not salty



شکل (۱۰):پیاده‌سازی شاخص ۲-SI روی تصاویر سری زمانی سنجنده لندست۵ و ۸ ، **تصاویری از وضعیت شوری منطقه پالایشگاه تبریز را در بازه زمانی ۲۰ ساله (با اختلاف ۵ سال از هم).**

Fig (10): Implementation of the SI-2 index on the Time Series images of Landsat 5 and 8 Sensors, images of the salinity of the Tabriz refinery area in a 20-year period (with a difference of 5 years).

طبق خروجی نقشه تغییرات شکل(۱۱) نتایج شاخص SI-2 نشان می‌دهد که در بازه ۵ ساله از تاریخ ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۴ میزان شوری خاک در مناطق شمالی و شمال غربی پالایشگاه تبریز روند افزایشی داشته و مساحت خاک شور در این مناطق نسبت به ۵ سال گذشته بیشتر شده است. نقطه مرکزی نقشه، موقعیت دقیق پالایشگاه تبریز می‌باشد و در نواحی شمالی پالایشگاه که شامل زمین‌های زراعی می‌باشد، شوری خاک افزایش پیدا کرده است. دلیل این میزان افزایش شوری، آبیاری زراعی از منابع آب شور سطحی بوده است. طبق خروجی نقشه تغییرات شکل(۱۲) نتایج نشان می‌دهد که در بازه ۵ ساله از تاریخ ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۹ میزان شوری خاک در مناطق مرکزی و شمال پالایشگاه تبریز روند افزایشی داشته و مساحت خاک شور در این مناطق نسبت به ۵ سال گذشته بیشتر شده است. نقطه مرکزی نقشه، موقعیت دقیق پالایشگاه تبریز می‌باشد و در نواحی شمالی پالایشگاه که شامل زمین‌های زراعی می‌باشد، شوری خاک افزایش پیدا کرده است. نقشه خروجی نشان می‌دهد که در بازه ۱۰ ساله ۷۹ تا ۸۹ درصد شوری در زمین‌های زراعی افزایش داشته است.



الف) ب)

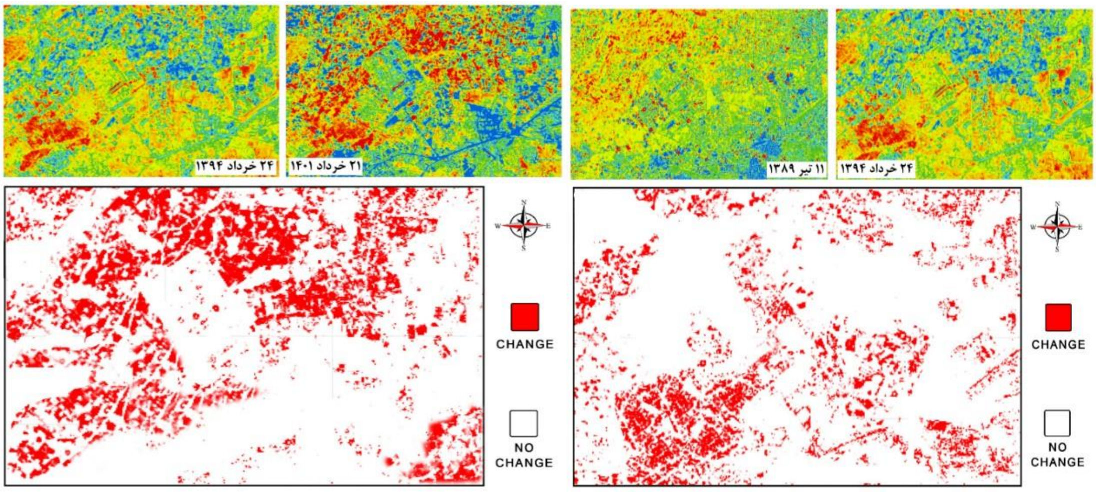
شکل(۱۱) :الف)دو نقشه فوق، مربوط به وضعیت شوری با شاخص SI2 از منطقه پالایشگاه تبریز **در تاریخ‌های ۱۵خرداد۱۳۷۹ و ۲۸خرداد۱۳۸۴. نقشه پایین، خروجی باینری تغییرات از منطقه پالایشگاه تبریز حاصل از ترکیب و مقایسه دو تصویر ورودی که رنگ قرمز نشان دهنده پیکسل‌هایی است که از تاریخ اول تا تاریخ دوم(طی ۵ سال) تغییرات شوری داشتند و رنگ سفید بعنوان پیکسل‌هایی که در تاریخ اول و دوم بعنوان شوری نبودند.**

ب)دو نقشه فوق، مربوط به وضعیت شوری با شاخص ۲ SI از منطقه پالایشگاه تبریز **در تاریخ‌های ۲۸خرداد۱۳۸۴ و ۱۱تیر۱۳۸۹ بعنوان تاریخ اول و دوم می‌باشد. نقشه پایین، خروجی باینری تغییرات از منطقه پالایشگاه تبریز حاصل از ترکیب و مقایسه دو تصویر ورودی که رنگ قرمز نشان دهنده پیکسل‌هایی است که از تاریخ اول تا تاریخ دوم(طی ۵ سال) تغییرات شوری داشتند و رنگ سفید بعنوان پیکسل‌هایی که در تاریخ اول و دوم بعنوان شوری نبودند.**

Fig (11): A) The two maps are related to the salinity status with the Si index 2 of Tabriz refinery on June 15, 1999 and 28 June 2005. better map, binary output changes from Tabriz refinery area due to combination and comparison of two input images, red pictures red. The donor is the pixels that have changed from the first to the second date (5 years), and white as pixels that were not as saline on the first and second date.

B)The above two maps are related to the salinity status with the SI index 2 from the Tabriz refinery on June 28, 2005 and July 11, 2010 as the first and second date. The bottom map, the binary output from the Tabriz refinery area derived from the composition and comparison of the two input images that indicate the pixels that were of salinity from the first to the second date (within 5 years) and the white as the pixels on the first date and on the first date. The second was not as a salinity.

طبق خروجی نقشه تغییرات شکل(۱۲) نتایج نشان می‌دهد که در بازه ۵ ساله از تاریخ ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ میزان شوری خاک در مناطق جنوب غربی و شرقی پالایشگاه تبریز روند افزایشی داشته و مساحت خاک شور در این مناطق نسبت به ۵ سال گذشته بیشتر شده است. نقطه مرکزی نقشه، موقعیت دقیق پالایشگاه تبریز می‌باشد و در نواحی جنوبی پالایشگاه که شامل مناطق مسکونی می‌باشد، شوری خاک افزایش پیدا کرده است. عامل اصلی تغییرات افزایش شوری در مناطق مسکونی، ساخت و سازهای انسانی می‌باشد.



ب) الف)

شکل(۱۲):الف) دو نقشه فوق، مربوط به وضعیت شوری با شاخص SI2 از منطقه پالایشگاه تبریز در تاریخ‌های ۱۱تیر۱۳۸۹ و ۲۴خرداد۱۳۹۴ بعنوان تاریخ اول و دوم می‌باشد. نقشه پایین، خروجی باینری تغییرات از منطقه پالایشگاه تبریز حاصل از ترکیب و مقایسه دو تصویر ورودی که رنگ قرمز نشان دهنده پیکسل‌هایی است که از تاریخ اول تا تاریخ دوم(طی ۵ سال) تغییرات شوری داشتند و رنگ سفید بعنوان پیکسل‌هایی که در تاریخ اول و دوم بعنوان شوری نبودند.

ب)و نقشه فوق، مربوط به وضعیت شوری با شاخص SI2 از منطقه پالایشگاه تبریز در تاریخ‌های ۲۴خرداد۱۳۹۴ و ۲۱خرداد۱۴۰۱ بعنوان تاریخ اول و دوم می‌باشد. نقشه پایین، خروجی باینری تغییرات از منطقه پالایشگاه تبریز حاصل از ترکیب و مقایسه دو تصویر ورودی که رنگ قرمز نشان دهنده پیکسل‌هایی است که از تاریخ اول تا تاریخ دوم(طی ۵ سال) تغییرات شوری داشتند و رنگ سفید بعنوان پیکسل‌هایی که در تاریخ اول و دوم بعنوان شوری نبودند

Fig (12): A) The two maps above are related to the salinity status with the SI index 2 from the Tabriz refinery on July 11, 2010 and June 24, 2015 as the first and second date. The bottom map,the binary output from the Tabriz refinery area derived from the composition and comparison of the two input images that indicate the pixels that were of salinity from the first to the second date (within 5 years) and the white as the pixels on the first. the second was not as a salinity.
B) The above two maps are related to the salinity status with the SI 2 index from the Tabriz refinery on the 24th Khordad 2015 and 21 June 1401 as the first and second date. The bottom map, the binary output from the Tabriz refinery area derived from the composition

and comparison of the two input images that indicate the pixels that were of salinity from the first to the second date (within 5 years) and the white as the pixels on the first date and on the first date. the second was not as a salinity

طبق خروجی نقشه تغییرات شکل(۱۲) نتایج نشان می‌دهد که در بازه ۵ ساله از تاریخ ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۱ میزان شوری خاک در مناطق شمالی و غربی پالایشگاه تبریز روند افزایشی داشته و مساحت خاک شور در این مناطق نسبت به ۵ سال گذشته بیشتر شده است. نقطه مرکزی نقشه، موقعیت دقیق پالایشگاه تبریز می‌باشد و در اطراف پالایشگاه که شامل زمین‌های زراعی و صنعتی می‌باشد، شوری خاک افزایش پیدا کرده است. نتایج پایش تغییرات با استفاده از شاخص SI-2 بدرستی وضعیت شوری را تجزیه و تحلیل و پردازش می‌کند.

۴- نتیجه‌گیری

شوری خاک از جمله مخاطرات بالقوه زیست محیطی است که به شکل طبیعی یا در اثر فعالیت‌های انسانی پدید می‌آید. متاسفانه در دهه های اخیر عامل انسانی مخصوصا در محدوده مورد بررسی بیشتر خود را نشان می دهد. بررسی ها نشان می دهد که منطقه دریاچه ارومیه بصورت طبیعی طی دهه‌ها جریان آب باعث شوری خاک مزارع و مناطق مسکونی شده است و در نهایت در منطقه پالایشگاه تبریز، بیشترین علت شوری خاک مسکونی-زراعی در اثر فعالیت‌های انسانی شکل گرفته است. طبق یافته‌های تحقیق، بخش شرقی دریاچه ارومیه در ارتفاع پست‌تری قرار دارد و بیشترین جریانات رودخانه‌ای متصل به دریاچه باعث شده که روند شوری در مناطق شرقی دریاچه ارومیه افزایشی می‌باشداین مسئله در نواحی اطراف پالایشگاه تبریز نیز تاثیر مستقیم داشته و خاک نواحی غربی شهر تبریز درصد شوری بالایی نسبت به نواحی شرقی شهر تبریز داردبا توجه به مشکلات مکانی و وسعت منطقه ، یکی از ضرورت‌های این تحقیق استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بود. پوشش منطقه مورد مطالعه با وسعت تقریبی ۳۵هزار کیلومترمربع چالشی بود که فقط با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای امکان‌پذیر می‌باشد. به همین دلیل استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸ با قدرت تفکیک مکانی ۳۰متری، منطقه مورد مطالعه را در بازه‌های زمانی مختلف پوشش می‌دهد.

در این تحقیق نیز بر اساس ضریب تبیین بین میزان شوری و میزان اندازه‌گیری شده توسط شاخص‌های مختلف، سری شاخص‌های شوری SI-1 بهترین انطباق را نشان داد. در نهایت با استفاده از شاخص‌های SI-1 و SI-2 فرآیند پایش تغییرات در بازه زمانی ۲۰سال اخیر پیاده سازی شدند و در هر دو روش انجام شده، میزان شوری منطقه پالایشگاه تبریز از ۲۰سال گذشته تا به الان روند افزایشی داشته که در ۸ سال اخیر مساحت مناطق با خاک شور شدت و سرعت بیشتری داشته است. . نقشه‌های شوری مربوط به روش‌های SI وضعیت خاک منطقه پالایشگاه تبریز را به خوبی نشان می‌دهند و همه روش‌های استفاده شده در این تحقیق شباهت زیادی دارند که نقشه تغییرات ۲۰ ساله از منطقه، نشان دهنده گسترش شوری در اطراف پالایشگاه تبریز است. طبق یافته‌های تحقیق دو عامل اساسی شوری در زمین‌های زراعی اطراف پالایشگاه تاثیرگذار بوده، یکی آبیاری زمین‌های زراعی از منابع آب‌های شور سطحی(حاوی سدیم فراوان) که در مسیر دریاچه ارومیه قرار دارند و دومی، افزایش درجه حرارت سالانه در فصل‌های گرم بدلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای می‌باشد که بدلیل تبخیر آب‌های سطحی و کمبود منابع آب کشاورزی، زراعت بسیاری از زمین‌های زراعی متوقف شده و بدلیل پوشش گیاهی و افزایش خاک‌های بایر در منطقه پالایشگاه تبریز، درصد شوری در دهه اخیر روند افزایشی داشته است. رفع مشکل کاهش آب‌های‌شیرین سطحی یک مدیریت جامع می‌طلبد. در نهایت می توان اضافه نمود که تهیه نقشه شوری برای مدیریت بهتر اراضی در حوزه‌های مختلف کشاورزی و کاهش هزینه‌ها ضروری است. به همین دلیل نوع روش استفاده شده و دقت تهیه نقشه‌های شوری برای مدیریت اراضی کشاورزی اهمیت دارد . برای پایش بهتر تغییرات شوری، تعیین روشی مطلوب از بین شاخص‌های طیفی امری ضروری است به همین دلیل جهت آشکارسازی تغییرات شاخص‌های ممناسب باید انتخاب شود .

۵-منابع

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),PP: 85-96.

Allbed, A., Kumar, L. & Sinha, P. (2018*). Soil salinity and vegetation cover change detection from multi-temporal remotely sensed imagery in Al Hassa Oasis in Saudi Arabia*. Geocarto International, 33 (8), 830-846.

Bayati Khatibi, M and Karami, F. (1390). *Soil Geomorphology*, Samt publisher. Tehran, Iran.

Dadrasi, E., Pakparvor, M., Yamani., M., and Davarzani, Z (2016). *Investigating the trend of soil salinity changes using remote sensing data and geographic information systems in the hot and dry southeast region of Sabzevar city*. Journal of Geography and Development, University of Tehran, spring and summer 2015.No,20, PP.27-45.

Dwivedi, R. S. & K. Sreenivs (2010). *Image transformation as a tool for the study of soil salinity and alkalinity dynamics.* Int. J. Remote Sens., Vol. 19, PP. 605_619.

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 S. A. Flowers. (2005). *Why does salinity pose such a different problem for plant breeders? Agric*. Water Manage. 78:15-24.

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), (1) 37: 23-33 4.

Heidari, M. (2012). *Effects of salinity stress on growth, chlorophyll content and osmoti components of two basil* (Ocimum basilisum.) genotypes. Afr J. Biotech. 11: 379-384.

Hussaini, M. and Chen, D. and Cheng, A. and 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, 18, August 2412, pp 286–232.

Karam, A., Kiani, T., Dadrasi 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).

Grieve, C. (2000*). Salt tolerance of vegetables. Can environmentally friendly technique to control salination: salt removing crops.* Acta Hort. 598:137–142.

Masoudi A.A. and K. Kike. (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.

Moradian, S; Nabiullahi, K. (2016). *Prediction of soil salinity using tree regression and artificial neural network in Qorwa region of Kurdistan province.* Journal of Soil Management and Sustainable Production, 7 (4): 115-129.

Nadiri. A., Sadeghi.F., Aghari.A., Naderi.K.(2017). The Assessment of Salinity and Arsenic as the Destructive Factors Affecting on Surface and Ground Water Quality of Sahand Dam water Basin. Journal of Hydrogeomorphology.Volume 2, Issue 4, Pages 79-99.

Rumiani, M., Kazemi., A. (2019). "*Soil salinity zoning using Landsat 8 satellite images of Saveh region*", Scientific Research Journal of Desert Ecosystem Engineering, 9th year, 29th issue, Winter 2019, pages 14-26.

Pirasteh-Anosheh, H., Y. Emam and A. R. Sepaskhah. (2015). *Improving barley performance by proper foliar applied salicylic-acid under saline conditions.* Int. J. Plant Prod. 9: 467-486.

Wang Y. (2013). *Land exploitation resulting in soil salinization in a desert–oasis ecotone*. Catena, 100: 50-56.

Valizadeh, Kh., Roostaeim, Sh., Rahimpoor.T., Nakhostin.M.(2017).Determining the Most Appropriate Geostatistical Method for Groundwater Salinity Mapping (Case Study: Shiramin Plain, East Azerbaijan Province).Journal of Hydrogeomorphology. *Volume 3, Issue 6, January 2017, Pages 17-32.*

Zinck, J.A. (2000). *Monitoring salinity from remote sensing data. In R. Goossens and B.M. De Vliegher (Eds.), Proceedings of the 1st Workshop of the EARSeL Special Interest Group on Remote Sensing for Developing Countries, Ghent University*, Belgium, pp. 359– 368.

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.