

بررسی قابلیت تصاویر IRS-P6 جهت مدل‌سازی شوری خاک

محمد خوان‌یغما¹، ناصر احمدی ثانی^{2*}، نادر جلیل‌نژاد

تاریخ پذیرش: 95/02/13

تاریخ دریافت: 93/12/25

- ¹ دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
 - ² استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد مهاباد، دانشگاه آزاد اسلامی، مهاباد، ایران
 - ³ دانشجوی دکتری اصلاح نباتات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
- * مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: n.ahmadisani@gmail.com

چکیده

خاک‌های شور یکی از معضله‌های کشاورزی در بسیاری از نقاط جهان به‌شمار می‌آیند. آگاهی از میزان شوری خاک برای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح اراضی در راستای توسعه پایدار ضروری می‌باشد. تهیه نقشه شوری خاک با کار میدانی، به‌ویژه در مناطق وسیع، با صرف هزینه و زمان زیادی همراه است. یکی از فن‌آوری‌های مرتبط در این زمینه، سنجش از دور می‌باشد که در این راستا داده‌های ماهواره‌های مختلف ارزیابی شده است. در این مطالعه قابلیت تصاویر IRS-P6 جهت مدل‌سازی شوری خاک در 180 هزار هکتار از اراضی شهرستان مهاباد بررسی گردید. ابتدا تعداد 147 نمونه خاک از عمق 0-15 سانتی‌متری با یک شبکه منظم 1000×1000 متری برداشت و هدایت الکتریکی اشباع نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. از سوی دیگر، پس از تصحیح هندسی تصاویر، باندهای مصنوعی و شاخص‌های شوری تهیه شدند. سپس DN متناظر نقاط در همه باندها و شاخص‌ها استخراج گردید. پس از نرمال‌سازی داده‌ها، ضریب همبستگی پیرسون بین DNها و شوری، به‌دست آمد. بیشترین همبستگی را باند 2 و شاخص حاصل از ادغام آن با باند پانکروماتیک به مقدار 0/73 و 0/736 داشتند. سپس با تجزیه رگرسیون توسط روش گام به گام، مدل شوری با ضریب همبستگی 0/628 استخراج شد. سرانجام اعتبارسنجی مدل با استفاده از 20 درصد نمونه‌ها انجام و مقادیر ME، RMSE و ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی و برآوردی شوری استخراج گردید. به‌طور کلی نتایج نشان داد که تصاویر IRS-P6، حدود 0/39 از تغییرات شوری خاک سطحی را توجیه کرده است که با توجه به شرایط منطقه، بیان‌گر قابلیت نسبتاً مناسب آن برای مدل‌سازی و برآورد شوری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه رگرسیون، شهرستان مهاباد، شوری خاک سطحی، داده‌های ماهواره‌ای، مدل‌سازی

Investigating Potentiality of IRS-P6 Images for Soil Salinity Modeling

M Khanyaghma¹, N Ahmadi Sani^{2*}, N Jalilnejad³

Received: 16 March 2015 Accepted: 02 May 2016

¹- M.Sc. Student of Agro ecology, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

²- Assist. Prof., Faculty of Agriculture and Natural Resources, Mahabad Branch, Islamic Azad University, Mahabad, Iran

³- PhD student of Plant Breeding, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding Author, Email: n.ahmadisani@gmail.com

Abstract

Saline soils are one of the agricultural problems in many parts of the world. Soil salinity knowledge is an essential factor for proper land planning and management. Preparing soil salinity map based on fieldwork, especially in large areas, is time-consuming and costly. One of the useful technologies for soil salinity mapping is remote sensing for which various satellite data have been evaluated. In this study, potentiality of IRS-P6 images for soil salinity modeling in 180000 ha of Mahabad county lands was investigated. For this purpose, 147 soil samples from a depth of 0-15 cm using a systematic grid 1000 × 1000 meter were collected, and also the saturated electrical conductivity was measured. On the other hand, after the geometric correction of images, synthetic bands and salinity indices were generated. DN's of corresponding points in all bands and indices were extracted. After data normalization, correlation coefficient value between DN's and salinity was extracted. Band 2 and Fusion index (Pan and B2) had the highest correlation values of 0.73 and 0.736 respectively. The stepwise regression analysis was performed and a salinity model was developed with 0.628 correlation value. Finally, the model validation was performed using 20% of the samples, and the values of RMSE, ME and correlation coefficients between actual and estimated salinity values were obtained. The results indicated that IRS-P6 images could explain about 0.39 of soil salinity variation which reflect the high capability of the images in soil salinity modeling, according to the situation of the study area.

Keywords: IRS-P6 images, Mahabad county, Modeling, Regression analysis, Surface soil salinity

مقدمه

می‌باشد (قریشی و همکاران 2007، هلموت و همکاران 2013). کشور ایران نیز به دلیل تکیه بر کشاورزی فاریاب برای تولید محصولات کشاورزی به شدت در معرض شور شدن اراضی است (قریشی و همکاران 2007). بر اساس آمار موجود در سطح جهان، ایران پس از چین، هند و پاکستان بیشترین درصد اراضی شور را به خود اختصاص داده است (کافی و همکاران 1388)، به طوری که از 29 درصد سطح قابل کشت در ایران حدود 12 درصد (19 میلیون هکتار) برای تولید کشاورزی استفاده می‌شود (بی‌نام 2008) که تقریباً 50

افزایش جمعیت بشر از یک طرف و کاهش سطح زمین‌های قابل کشت از طرف دیگر، ضرورت استفاده بهینه از منابع را بیش از پیش مطرح ساخته است، اما روند بهره‌برداری از محیط‌زیست در دهه‌های گذشته بیانگر تخریب منابع به دلیل استفاده نادرست از آنها بوده است. خاک‌های شور یکی از معضله‌های کشاورزی در بسیاری از نقاط جهان به‌شمار می‌آیند به طوری که شوری، 7% از زمین‌های دنیا (حدود 930 میلیون هکتار) را تحت تأثیر قرار داده و روزبه‌روز در حال گسترش

کشاورزی دقیق می‌باشد که از مزایایی چون هزینه پایین، سرعت عمل، دید وسیع، یکپارچه و دقت نسبتاً بالای مکانی برخوردار است (خوان‌یغما و احمدی ثانی 1392). تعداد زیادی از ویژگی‌های مهم خاک در کشاورزی (شامل میزان کربن آلی و غیر آلی، ریزمغذی‌ها و مواد مغذی درشت، میزان رطوبت، توانایی تبادل کاتیون و اسیدیته) با کاربرد سنجش از دور به‌طور موفقیت‌آمیزی تعیین شدند (یوفنگ و همکاران 2011، ویچنگ و همکاران 2014). محققان زیادی نیز مطالعاتی در زمینه شوری خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام داده‌اند (ثنایی نژاد و همکاران 2009، عبدالحمید و جای 2010، دهن و لونیس 2012، وانگ و همکاران 2013). همچنین در تحقیقات مشابه با کاربرد سنجش از دور به صرفه‌جویی در وقت، هزینه و افزایش دقت و سرعت کار اشاره شده است (فریفته و فرشاد 2002، گولدشلگر و همکاران 2004، آمال و همکاران 2014). در تحقیق‌های قبلی قابلیت داده‌های ماهواره‌ای با اندازه تفکیک متوسط از جمله داده‌های TM و ETM+ ماهواره لندست بررسی شده و نتایج خیلی مطلوبی ارائه دادند (چیت‌ساز 1378، درویش صفت و دماوندی 1379). به‌طور کلی نیز با وجود چند دهه پژوهش درمورد نقشه‌برداری خاک‌های شور همچنان تهیه نقشه و بررسی تغییرات مکانی شوری خاک چالشی جدی است (الیا و همکاران 2014). بنابراین ضرورت دارد که قابلیت تصاویر ماهواره‌ای IRS-P6 با اندازه تفکیک مکانی بهتر در برآورد میزان شوری خاک مورد بررسی قرار گیرد.

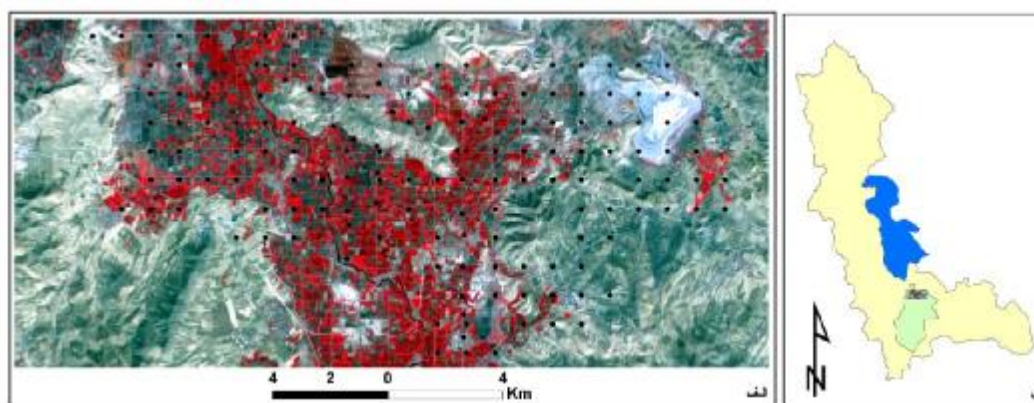
منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (شکل 1) در اراضی شمال شهرستان مهاباد از توابع استان آذربایجان غربی به مساحت حدود 33000 هکتار واقع گردیده است. بیشتر منطقه را کاربری‌های زراعی، باغی، مراتع، مسکونی و اراضی شور (شکل 2) تشکیل می‌دهند.

درصد آن با درجات مختلف مشکل شوری، سدیمی یا غرقابی دارد (میرمحمدی میبیدی و قره‌یاضی 1381). شوری خاک نه تنها موجب کاهش میزان عملکرد محصولات زراعی می‌شود، موجب کاهش حاصلخیزی خاک و تشدید بیابان‌زایی نیز می‌شود. از سوی دیگر ویژگی‌های خاک به‌عنوان مهم‌ترین جزء ارزیابی اراضی محسوب می‌شوند و موفقیت کشاورزی دقیق¹ نیز تا حدود زیادی به کارآیی و میزان درستی روش تعیین ویژگی‌های خاک مزارع بستگی دارد (خوان‌یغما و احمدی ثانی 1392). در اغلب مطالعات ارزیابی اراضی به‌ویژه با مقیاس بزرگ و تفصیلی، نقشه‌های خاک به‌عنوان مبنای مطالعات ارزیابی اراضی و واحدهای کاری در نظر گرفته می‌شوند (ایوبی و جلالیان 1385). همچنین در مطالعات ارزیابی توان اکولوژیک و آمایش سرزمین برای کاربری‌های کشاورزی و منابع طبیعی، نقشه پارامترهای مختلف خاک، به‌عنوان نقشه پایه و اصلی می‌باشد (احمدی ثانی و همکاران 1390). موضوع شوری خاک و شورشدن اراضی مجاور یکی از معضلات می‌باشد که بایستی با تدبیر و مدیریت صحیح علمی این روند مهار گردد. اولین گام در این راه، شناسایی مناطق شور و تهیه نقشه خاک‌های شوری کشور است. بنابراین با توجه به اهمیت و لزوم آگاهی از ویژگی‌های خاک به‌دلیل پیش‌نیاز بودن آن برای برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح بودجه و سرزمین جهت افزایش تولید کمی و کیفی بخش‌های مختلف به‌ویژه کشاورزی در راستای توسعه پایدار، نیاز به تهیه نقشه پارامترهای خاک با روشی دقیق و کم هزینه می‌باشد. بررسی شوری خاک از طریق کار میدانی، به‌ویژه در مناطق با وسعت زیاد، گران و زمان‌بر است (علوی‌پناه 1389). یکی از ابزارهای مؤثر در این گونه مطالعات، استفاده از فن‌آوری سنجش از دور² و به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای است. سنجش از دور ابزار جدیدی برای جمع‌آوری اطلاعات در

¹ - Precision agriculture

² - Remote sensing



شکل 1- موقعیت منطقه مورد مطالعه و تصویر ماهواره‌ای آن.

روش تحقیق

نمونه‌برداری خاک

در این پژوهش جهت نمونه‌برداری خاک از یک شبکه مربعی 1000×1000 متری سیستماتیک استفاده شد. جهت تطابق زمان برداشت تصویر با زمان نمونه‌برداری، برداشت نمونه‌های خاک در شهریور ماه صورت پذیرفت. محل دقیق نقاط با استفاده از دستگاه GPS³ در منطقه موقعیت‌یابی گردید. مناطق دارای پوشش علفی انبوه، صعب‌العبور و باغ‌ها حذف شدند. در نهایت 147 نمونه خاک 500 گرمی از عمق 0-15 سانتی‌متری برداشت گردید.



شکل 2- نمایی از اراضی شور در منطقه مورد مطالعه.

تجزیه و تحلیل‌های آزمایشگاهی

به‌طور کلی شوری خاک از طریق هدایت الکتریکی (EC) تعیین می‌گردد (عبدالصمد و همکاران

2015، بهبودی و همکاران 1393، زارع ابیانه 1393). در این تحقیق، ابتدا نمونه‌ها به مدت 48 ساعت در هوای آزاد خشک شدند. سپس نمونه‌ها کوبیده شده و از الک 2 میلی‌متری عبور داده شدند. بعد از تهیه گل‌اشباع، هدایت الکتریکی عصاره اشباع به‌وسیله دستگاه هدایت‌سنج اندازه‌گیری گردید. داده‌های شوری وارد جدول اطلاعات توصیفی شبکه نمونه‌برداری شده و نقشه نقطه‌ای شوری تهیه گردید.

تصحیح تصاویر و استخراج شاخص‌ها

در این تحقیق از داده‌های ماهواره‌ای IRS-P6 مربوط به شهریور سال 1390 (ردیف: 44 و گذر: 72) شامل یک باند پانکروماتیک با اندازه تفکیک مکانی $5/8$ متر و چهار باند طیفی با اندازه تفکیک مکانی $23/5$ متر استفاده گردید. برای اینکه ارزش پیکسل‌های ثبت شده توسط سنجنده بیانگر میزان واقعی بازتاب پدیده‌ها باشد، خطاهای رادیومتری روی تصاویر بررسی گردید که با مشاهده تک باندها و ترکیبات رنگی مختلف، خطای رادیومتری قابل ملاحظه‌ای مشاهده نشد.

همچنین با بررسی هیستوگرام تک‌باندها، نرمال بودن داده‌ها تایید شد. جهت تصحیح هندسی تصاویر، ابتدا باند پانکروماتیک در محیط نرم‌افزار PCI Geomatica 9.1 با استفاده از نقشه جاده‌ها، آبراهه‌ها و مدل رقومی

³ - Global Positioning System

با استفاده از 20 درصد داده‌ها انجام و شاخص‌های ME و RMSE طبق روابط زیر محاسبه شدند.

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z^*(x_i)] \quad [1]$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z^*(x_i)]^2} \quad [2]$$

در این روابط، n تعداد نمونه‌های مورد مطالعه، Z(x_i) مقادیر واقعی، Z*(x_i) مقادیر تخمین زده شده و ME و RMSE به ترتیب میانگین و انحراف معیار خطای مدل هستند که واحد اندازه‌گیری آن‌ها همان واحد متغیر موردنظر یعنی دسی‌زیمنس بر متر (dS m⁻¹) می‌باشد.

نتایج و بحث

تصاویر ماهواره‌ای

تصحیح هندسی تصاویر همراه با حذف خطای جابجایی با RMSE کمتر از یک پیکسل انجام گرفت. در شکل 3 بخشی از تصویر آورده شده است که انطباق آبراهه‌ها روی تصویر، بیانگر تطابق هندسی دقیق تصویر است. شاخص‌ها و باندهای مصنوعی از روش‌های نسبت‌گیری، تحلیل مؤلفه‌های اصلی و ادغام باندها برای استخراج بهتر اطلاعات تهیه گردیدند. برخی باندها و شاخص‌های مصنوعی حاصله در زیر آورده شده‌اند (شکل‌های 4-6) که شاخص ادغام باند پانکروماتیک و باند 2، تغییرات مربوط به شوری را بهتر از دیگر تصاویر نشان داده‌اند.

ارتفاع⁴ منطقه با خطای RMS⁵ زیر یک پیکسل تصحیح گردید. تصحیح هندسی سایر باندها با روش تطابق تصویر به تصویر و با استفاده از تصویر پانکروماتیک انجام گردید. همچنین به منظور استخراج بهتر اطلاعات با استفاده از تکنیک‌های بارزسازی⁶ تصاویر نظیر نسبت‌گیری طیفی، ادغام و تحلیل مؤلفه‌های اصلی⁷، باندهای مصنوعی و شاخص‌های شوری متعدد استخراج شدند (جدول 1).

استخراج ارزش‌های رقومی⁸ نقاط شبکه

در این مرحله ارزش‌های رقومی متناظر نقاط شبکه برای همه باندهای اصلی و شاخص‌ها در محیط ArcGIS 10 استخراج شدند و برای تجزیه و تحلیل نهایی، همراه میزان شوری واقعی هر نقطه وارد محیط نرم‌افزار SPSS 13 گردیدند.

تجزیه و تحلیل‌های آماری

این قسمت از تحقیق طی مراحل مختلف انجام گردید. ابتدا آمار توصیفی داده‌های شوری واقعی استخراج گردید.

تست نرمالیته Q-Q نیز که به وسیله هیستوگرام، نرمال بودن یا نبودن داده‌ها را نشان می‌دهد، انجام و مشخص شد که داده‌ها نرمال نیستند. سپس نرمال‌سازی داده‌ها از طریق تبدیل لگاریتمی انجام و جهت حصول اطمینان، آزمون نرمالیته اسمیروف-کولموگروف نیز انجام شد. در مرحله بعد، میزان همبستگی شوری واقعی با ارزش‌های متناظر همه باندها و شاخص‌ها با استخراج ضریب پیرسون بررسی گردید. جهت بررسی معنی‌داری داده‌ها و استخراج مدل، از روش تجزیه و تحلیل رگرسیون گام‌به‌گام با کاربرد 80 درصد داده‌ها استفاده گردید. اعتبارسنجی مدل نیز

4 - Digital elevation model

5 - Root means square

6 - Enhancement

7 - Principal component analysis (PCA)

8 - Digital number

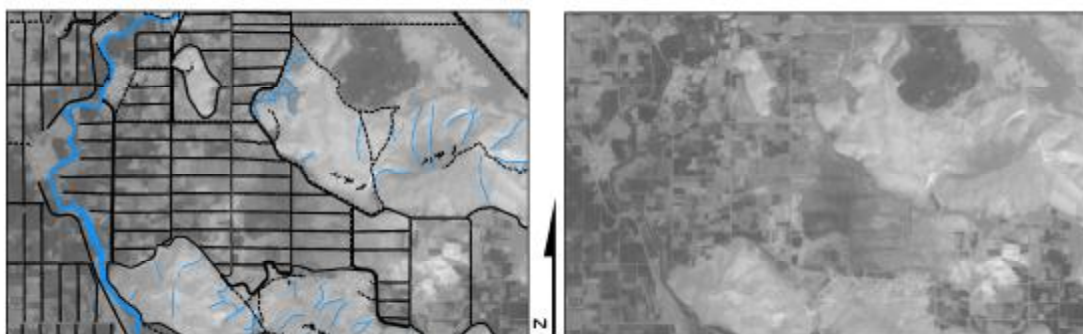
جدول 1- شاخص‌های به‌کار گرفته شده و نحوه تهیه آنها.

منبع	فرمول تهیه آنها	شاخص‌ها
خان و همکاران 2001، دواوی و همکاران 2006، آمال و لالیت 2013	$(B2 * B3)^{0.5}$	Salinity1
دواوی و همکاران 2006، آمال و لالیت 2013	$(B2^2 + B3^2 + B4^2)^{0.5}$	Salinity2
دواوی و همکاران 2006، آمال و لالیت 2013	$(B2^2 + B3^2)^{0.5}$	Salinity3
خان و همکاران 2001، آمال و لالیت 2013	$(B3^2 + B4^2)^{0.5}$	BI
خان و همکاران 2001، آمال و لالیت 2013	B3 / B4	Ratio
پاتانایک و همکاران 2008	مؤلفه اول حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی	PCA ₁ (2,3)
پاتانایک و همکاران 2008	باند های B1, B2, B3 مؤلفه اول حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی	PCA ₂ (4,5)
پاتانایک و همکاران 2008	باند های B4, B5 مؤلفه اول حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی	PCA ₃ (1,2,3,4,5)
تاج‌گردان و همکاران 1388، درویش صفت 1381	باند های B1-B5 ادغام باند 2 با باند پانکروماتیک	Fus1 (Pan, B2)
تاج‌گردان و همکاران 1388، درویش صفت 1381	ادغام باند 3 با باند پانکروماتیک	Fus2 (Pan, B3)
تاج‌گردان و همکاران 1388، درویش صفت 1381	ادغام باند 4 با باند پانکروماتیک	Fus3 (Pan, B4)

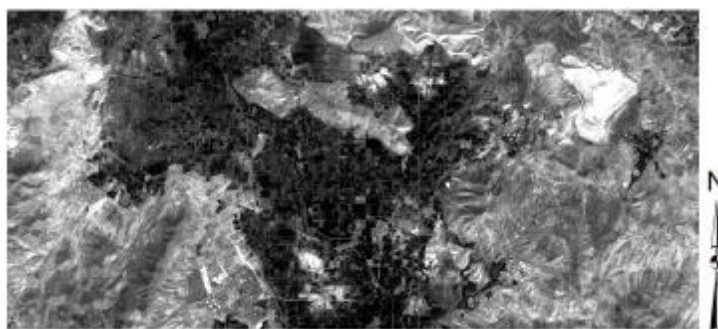
تجزیه و تحلیل‌های آماری

آمار توصیفی هدایت الکتریکی در جدول 2 نشان داده شده است. مقدار میانگین برابر 7/54 و مقدار واریانس داده‌ها، انحراف معیار و میانه نیز به ترتیب برابر با 57/54، 7/58، 3/87 به دست آمد. کمترین مقدار

هدایت الکتریکی 0/31 و بیشترین مقدار 26/19 و دامنه تغییرات نیز برابر 25/88 دسی‌زیمنس بر متر محاسبه گردید. با توجه به ضریب چولگی برابر 0/98 و رابطه بین سه شاخص (مد > میانه > میانگین)، داده‌ها چوله به‌راست می‌باشند (شکل 7).



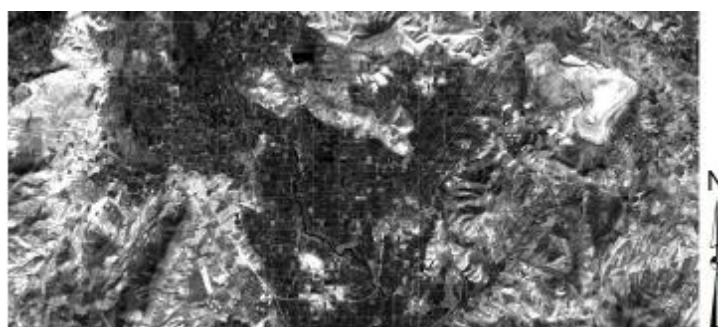
شکل 3- انطباق جاده‌ها، شبکه‌های زهکشی و رودخانه‌ها روی تصویر پانکروماتیک تصحیح شده.



شکل 4- شاخص حاصل از ادغام باندهای پانکروماتیک و باندهای 2.



شکل 5- مؤلفه اول حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی باندهای B1-B5.

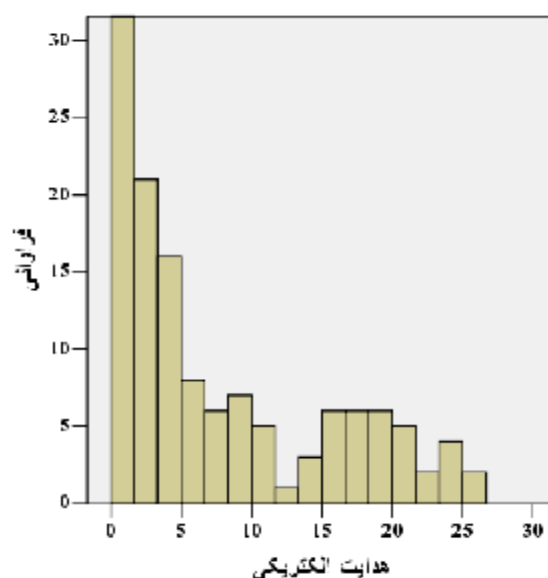


شکل 6- شاخص Salinity1.

جدول 2- آمار توصیفی هدایت الکتریکی.

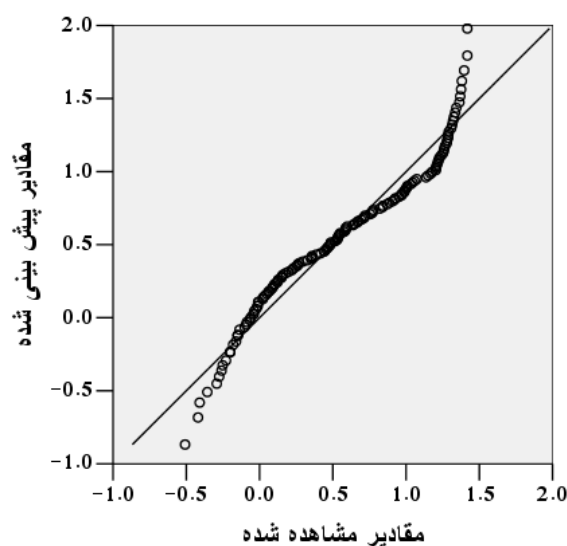
میانگین	خطای استاندارد	میانه	مد	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی	دامنه تغییرات
7/54	0/75	3/87	0/63	7/58	57/54	0/98	-0/35	25/88

شاخص‌ها نیز شاخص حاصل از ادغام باند پانکروماتیک و باند 2 به مقدار 0/73 داشتند. فقط باند 4 با هدایت الکتریکی همبستگی بسیار ضعیفی به مقدار 0/2 داشت. شاخص‌های حاصل از تحلیل مؤلفه‌های اصلی با هدایت الکتریکی همبستگی منفی داشتند. در ارتباط با همبستگی بین باندها و شاخص‌ها نیز بیشترین همبستگی مربوط به باند 3 با شاخص salinity1 با مقدار 0/994 بود. در توجیه نتایج حاصل از همبستگی می‌توان گفت که شاخص حاصل از ادغام باند پانکروماتیک و باند 2، ترکیبی از باندهای Pan و B2 می‌باشد که هر کدام از آنها بیشترین همبستگی را با هدایت الکتریکی داشتند، لذا منطقی است که این شاخص بیشترین همبستگی را با مقادیر شوری داشته باشد. همبستگی شوری با شاخص‌ها، غیر از شاخص‌های Salinity2، BI، PCA45 و شاخص حاصل از ادغام باند 4 و باند پانکروماتیک، نسبتاً بالا می‌باشد. پایین بودن همبستگی شوری با این شاخص‌ها می‌تواند با دخیل بودن باند مادون قرمز نزدیک (باند 4) در تهیه این شاخص‌ها در ارتباط باشد. چراکه با افزایش شوری (عدم وجود پوشش گیاهی)، ارزش طیفی باند 4 کاهش پیدا می‌کند. محققان مختلف، باندهای مختلفی را برای ارزیابی شوری خاک مناسب دانسته‌اند و اگرچه ممکن است یک باند در منطقه‌ای اهمیت نداشته باشد، اما تناسب آن در مناطق دیگر گزارش شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در مناطق با درجات شوری، شرایط اقلیمی و جغرافیایی متفاوت، باندهای مختلفی می‌توانند تغییرات خاک‌های آن منطقه را توصیف کنند (علوی‌پناه 1389، تاج گردان و همکاران 1388). نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون نشان داد که در مدل حاصله، رابطه خطی و معنی‌داری بین باند مصنوعی حاصل از ادغام باند پانکروماتیک و باند 2 با هدایت الکتریکی برقرار است (جدول 3). این شاخص چون دارای F بزرگتر و r^2 بیشتر بود به‌عنوان بهترین شاخص برای مدل انتخاب شد. مدل نهایی حاصله نیز در زیر آورده شده است (رابطه 3). مقدار $R_{adj}=0/389$ با



شکل 7- هیستوگرام داده‌های غیر نرمال.

آزمون اسمیرنوف- کلموگروف نیز با توجه به مقدار P-value یا sig: 0.000، نشان داد که داده‌ها نرمال نبودند. بعد از نرمال‌سازی، آزمون Q-Q (شکل 8) و اسمیرنوف- کلموگروف نرمال بودن داده‌ها را نشان دادند.



شکل 8- نمودار تست نرمال‌یته Q-Q.

نتایج حاصل از بررسی مقادیر ضریب همبستگی نیز نشان داد که هدایت الکتریکی با بیشتر باندها و شاخص‌ها همبستگی بالا در سطح معنی‌دار 0/01 و 0/05 داشت. در بین باندهای اصلی، بیشترین همبستگی با هدایت الکتریکی را باند 2 و به مقدار 0/73 و از بین

نتایج تحقیقات تاج‌گردان و همکاران (1388) و دادرسی و همکاران (1386)، اختلاف چشم‌گیری نداشته و همخوانی دارد.

$$Y = -0.858 + 0.046 \text{ Fus (Pan + B2)} \quad [3]$$

هرچندکه دماوندی و درویش صفت (1379) استفاده از ضرایب همبستگی و معادلات رگرسیونی را جهت تهیه نقشه شوری خاک مناسب ندانسته‌اند ولی نتایج این تحقیق با توجه به میزان و تغییرات کم شوری منطقه مورد مطالعه، با نتایج مطالعات مشابه دیگری (نائیچ نوری 2001، فرناندز و همکاران 2006) همخوانی بیشتری دارد. پس از تعیین مدل مناسب، با استفاده از 20 درصد نمونه‌ها، اعتبارسنجی مدل انجام و مقادیر RMSE، ME و ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی و

برآوردی شوری (r) به دست آمد (جدول 4). نتایج کنترل اعتبار مدل، بیانگر مناسب بودن تخمین‌های حاصل از مدل مذکور برای تهیه نقشه می‌باشد. مدل بهینه باید دارای شاخص‌های کمینه میانگین خطا (ME) و ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) باشد. انحراف استاندارد و ضریب تغییرات داده‌های واقعی در این تحقیق متوسط است ولی تخمین‌های مدل با مقادیر واقعی شوری سطحی، روند خطی و همبستگی نسبتاً خوبی ($r=0/37$) را نشان داده است. بنابراین می‌توان گفت که تخمین‌ها مناسب بوده و با نتایج تاج‌گردان و همکاران (1388) و ریورو و همکاران (2007) مطابقت دارد.

جدول 3- مدل باقی‌مانده در تجزیه واریانس.

مدل	B	خطای استاندارد	ضریب رگرسیون استاندارد نشده	ضریب رگرسیون استاندارد	t	Sig.	ضریب همبستگی	ضریب تشخیص	ضریب تشخیص تعدیل شده
Constant	-0/858	0/17			-5/042	0/000	0/628	0/394	0/389
Fusion (Pan+B2)	0/046	0/005		0/628	8/986	0/000			

جدول 4- اعتبارسنجی مدل به کمک داده‌های معیار.

پارامتر	ME	RMSE	r
مدل برآورد شده	-0/78	3/51	0/37

نتیجه‌گیری کلی

داده‌های واقعی شوری خاک بیشترین همبستگی را در بین باندهای اصلی با باند 2 و باند پانکروماتیک و در بین شاخص‌ها با شاخص حاصل از ادغام باند 2 و پانکروماتیک نشان دادند. کمترین همبستگی را نیز با باند 4 داشتند که دلیل آن بازتاب زیاد پوشش گیاهی در محدوده طیفی این باند می‌باشد. استفاده از داده‌های IRS-P6 در این تحقیق، حدود 0/39 از تغییرات شوری

سطحی خاک را توجیه کرده است. بنابراین با مدل حاصله می‌توان نقشه شوری خاک را با دقت حدود 40 درصد تهیه کرد. در این تحقیق با توجه به استفاده از داده‌های ماهواره‌ای نسبتاً بهتر از مطالعات قبلی، انتظار استخراج مدل با همبستگی و صحت بالاتری بود، اما چون منطقه دارای پوشش گیاهی زیاد و تغییرات شوری کم بود، این خواسته برآورد نگردید. بنابراین در صورت انتخاب منطقه مناسب‌تر، داده‌های مذکور قطعاً نتایج

بهتری را نشان خواهند داد. به طور کلی نتایج، بیانگر قابلیت نسبتاً مناسب داده‌های IRS-p6 برای تهیه نقشه شوری می‌باشد و پیشنهاد می‌گردد که بررسی‌های بیشتر در مناطق مناسب‌تر و با روش‌های طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای نیز انجام گردد.

منابع مورد استفاده

احمدی ثانی ن، بابایی کفاکی س، متاجی ا و سلطانی م، 1390. کاربرد سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در مطالعات ارزیابی توان اکولوژیک، صفحه‌های 1 تا 10. همایش ملی ژئوماتیک 90، 25-28 اردیبهشت، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.

ایوبی ش، و جلالیان ا، 1385. ارزیابی اراضی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

بهبودی ف، ایزد پناه م و اکبر لوح، 1393. آب و خاک و گیاه. نشر کتاب‌های درسی ایران.

تاج‌گردان ت، ایوبی ش، شتایی ش و خرمالی ف، 1388. تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از داده‌های دورسنجی ETM+. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، جلد 16، شماره 2، صفحه‌های 1 تا 18.

خوان یغما م و احمدی ثانی ن، 1392. بررسی کاربرد سنجش از دور در شناسایی ویژگی‌های خاک در کشاورزی دقیق. صفحه‌های 1 تا 8. اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخش‌های کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست، 20 اسفند، وزارت کشور، تهران.

چیت ساز و، 1378. بررسی امکان تهیه نقشه شوری و قلیائیت خاک در منطقه شرق اصفهان با استفاده از داده‌های لندست. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

دادرسی بزواری ا و پاک‌پرور م، 1386. بررسی روند بیابان‌زایی به روش سنجش از دور و نزدیک در دشت سبزواری. فصل‌نامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد 14، شماره 1، صفحه‌های 33 تا 52.

درویش صفت ع، 1381. ادغام داده‌های ماهواره‌ای، صفحه‌های 1 تا 13. همایش ملی ژئوماتیک 81، 1-2 اردیبهشت، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران.

درویش صفت ع و دماوندی ع، 1379. بررسی امکان طبقه‌بندی اراضی شور با استفاده از داده‌های رقومی TM ماهواره لندست. مجله بیابان، جلد 5، شماره 2، صفحه‌های 27 تا 36.

زارع ابیانه ح، جوزی م، افروزی ع و غریب زاده ا، 1393. تعیین روابط هدایت الکتریکی عصاره اشباع با برخی پارامترهای شوری خاک در مقایسه با روش جدید تعیین ECe. فصل‌نامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، جلد 4، شماره 16، صفحه‌های 81 تا 93.

علوی‌پناه س ک، 1389. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک). انتشارات دانشگاه تهران.

کافی م، برزئی ا، صالحی م، کمندی ع، معصومی ع و نباتی ج، 1388. فیزیولوژی تنش‌های محیطی در گیاهان. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

میرمحمدی میبدی ع و قره‌یاضی ب، 1381. جنبه‌های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

Abdalsamad AA, David CW, Somsubhra C, Aakriti S and Bin L, 2015. Combination of proximal and remote sensing methods for rapid soil salinity quantification. Geoderma 239: 34–46.

- Abdelhamid AE and Jay SN, 2010. Application of Remote-sensing Data and Decision-Tree Analysis to Mapping Salt-Affected Soils over Large Areas. *Remote Sensing* 2: 151-165.
- Amal and Lalit K, 2013. Soil Salinity Mapping and Monitoring in Arid and Semi-Arid Regions Using Remote Sensing Technology. *Advances in Remote Sensing* 2: 373-385.
- Amal A, Lalit K and Priyakant S, 2014. Mapping and Modelling Spatial Variation in Soil Salinity in the Al Hassa Oasis Based on Remote Sensing Indicators and Regression Techniques. *Remote Sensing* 6: 1137-1157.
- Anonymous, 2008. AQUASTAT Survey 2008, FAO Publishing, United Nations.
- Dehn, A and Lounis M, 2012. Remote Sensing Techniques for Salt Affected Soil Mapping. *Procedia Engineering* 33:188-198.
- Douaoui AEK., Nicolas H and Walter C, 2006. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote-sensing data. *Geoderma* 134: 217-230.
- Elia S, Todd HS and Dennis LC, 2014. Regional scale soil salinity evaluation using Landsat 7. *Geoderma Regional* 2-3: 82-90.
- Farifteh J and Farshad A, 2002. Remote sensing and modeling of topsoil properties, a clue for assessing land degrading. Pp. 1-11. 17th World Congress of Soil Science, 14-21 August, Bangkok, Thailand.
- Fernandez-Buses N, Siebe C, Cram S and Palacio JL, 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil. *Journal of Arid Environments* 65: 644-667.
- Goldshleger N, Ben- Dor E, Benyamini Y and Agassi M, 2004. soil reflectance as a tool for assessing physical crust arrangement of four typical soils. *Soil Science* 169: 677- 687.
- Helmut L, Tavakoli H, Ansair R, Askar H and Rastegari J, 2013. Crop and Forage Production using Saline Waters. Daya Publishing House, India.
- Khan MN, Rastoskuev VV, Shalina EV and Sato Y, 2001. Mapping salt affected soils using remote sensing Indicators-a simple approach with the use of GIS. Pp. 1-5. 22nd ASIAN Conferences on Remote Sensing, 5-9 November, Singapore.
- Naigenouri R, 2001. Investigation on possibility of detecting salty and gypsy areas kashan plain using TM data. M.Sc. thesis, Isfahan university of technology.
- Pattanik SK, Singh OP, Sahoo RN and Singh DK, 2008. Irrigation Induced Soil Salinity Mapping through Principal Component Analysis of Remote Sensing Data. *Journal of Agricultural Physics* 8: 29-36.
- Qureshi AS, Qadir M, Heydari N, Turrall H and Javadi A, 2007. A review of management strategies for salt-prone land and water resources in Iran. Working paper 125, International Water Management Institute, Sri Lanka.
- Rivero RG, Grunwald S, and Bruland GL, 2007. Incorporation of spectral data into multivariate geostatistical models to map soil phosphorus variability in florida. *Geoderma* 140: 428-443.
- Sanaeinejad SH, Astaraei A, Mirhoseini P, Mousavi M and Ghaemi M, 2009. Selection of Best Band Combination for Soil Salinity Studies using ETM+ Images. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 54: 519-521.
- Wang F, Chen X, Luo G, Ding J and Chen X, 2013. Detecting soil salinity with arid fraction integrated index and salinity index in feature space using Landsat TM. *Journal of Arid Land* 5: 340-353.
- Weicheng W, Ahmad SM, Waleed MA, Feras Z, Boubaker D, Vinay N and Eddy DP, 2014. Mapping soil salinity changes using remote sensing in Central Iraq. *Geoderma Regional* 2-3: 21-31.
- Yufeng GE, Alex TJ and Sui R, 2011. Remote sensing of soil properties in precision agriculture: A review. *Frontiers of Earth Science* 5: 229-238.