



دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد شانزدهم، شماره دوم، ۱۳۸۸
www.gau.ac.ir/journals

تهیه نقشه شوری سطحی خاک با استفاده از داده‌های دورسنجی ETM⁺ (مطالعه موردی: شمال آق‌قلا، استان گلستان)

*تکتم تاج‌گردان^۱، شمس‌الله ایوبی^۲، شعبان شتایی^۳ و فرهاد خرمالی^۴

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
^۲استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ^۳دانشیار گروه جنگلداری، دانشگاه علوم
کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۴دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۸۶/۵/۲۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۷/۶/۲

چکیده

این پژوهش به منظور ارائه مدلی برای تهیه نقشه شوری با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای ETM⁺ و مقادیر شوری در منطقه‌ای در شمال آق‌قلا در استان گلستان انجام شد. به این منظور تصاویر ماهواره‌ای مورد تصحیحات هندسی و اتمسفری قرار گرفتند. پردازش‌های لازم مانند ادغام باندهای چند طیفی با باند پانکروماتیک، تبدیل تسلدکپ، آنالیز مؤلفه‌های اصلی و نسبت‌گیری بر روی باندها به منظور ایجاد باندهای مصنوعی انجام گرفت. یک شبکه نمونه‌برداری منظم به ابعاد ۱۰×۲ کیلومتر و به فواصل مختلف طراحی و بر روی منطقه مورد مطالعه پیاده شد. نمونه‌برداری از خاک (۱۶۹ نمونه) از عمق ۵-۰ سانتی‌متری به فواصل ۵۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ متری از یکدیگر انجام و هدایت الکتریکی آنها در عصاره اشباع اندازه‌گیری گردید. موقعیت مکانی نمونه‌ها با استفاده از GPS ثبت و در محیط GIS، نقشه موقعیت نمونه‌ها تهیه شد. ارزش‌های طیفی هر یک از نمونه‌ها در باندهای مختلف استخراج و ارتباط بین ارزش‌های طیفی (باندهای اصلی، باندهای حاصل از تسلدکپ و آنالیز مؤلفه‌های اصلی، ادغام داده‌ها و باندهای نسبت‌گیری شده) با مقادیر هدایت الکتریکی مربوط به ۸۰

* مسئول مکاتبه: tajgardan_toktam@yahoo.com

درصد نمونه‌ها بررسی شد. پس از تعیین باندهای مناسب برای شرکت در مدل، نتایج اولیه نشان داد که بین مقادیر هدایت الکتریکی سطحی با باند ۴ اصلی، مؤلفه‌های روشنایی و سبزی‌نگی حاصل از تبدیل تسلدکپ و مؤلفه حاصل از ادغام باند پانکروماتیک با باند ۴ اصلی، ارتباط معنی‌داری در سطح ۱ درصد وجود دارد. پس از انتخاب بهترین مدل، اعتبارسنجی آن با ۲۰ درصد نمونه‌ها به‌منظور تعیین پارامترهای ME^1 و $RMSE^2$ انجام شد. نتایج کنترل اعتبار با مقادیر ME و $RMSE$ به‌ترتیب معادل $0/18$ - دسی‌زیمنس بر متر و $55/6$ دسی‌زیمنس بر متر بیانگر مناسب بودن تخمین حاصل از مدل می‌باشد. در نهایت نقشه شوری براساس مدل رگرسیونی قابل ارائه تهیه شد. نتایج کلی این پژوهش نشان داد که در منطقه‌ای در شمال آق‌قلا با مساحت ۲۰۰۰ هکتار، استفاده از داده‌های رقمی ETM^+ و مشتقات آن، می‌تواند به‌منظور پهنه‌بندی و توجیه تغییرات شوری مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: شوری خاک، ارزش‌های رقمی، رگرسیون خطی چندگانه، نقشه‌برداری، اعتبارسنجی

مقدمه

شوری، یکی از مشکلات خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بیش از یک سوم خاک‌های دنیا و بخش اعظم خاک‌های ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده است. شناسایی و طبقه‌بندی خاک‌های شور به‌منظور مقابله با این شرایط سخت و اعمال مدیریت صحیح امری ضروری است (امینی، ۱۹۹۹).

یکی از ابزارهای مؤثر در این‌گونه مطالعات، استفاده از فن‌آوری دورسنجی و بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای است. استفاده از فن‌آوری دورسنجی و به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای اغلب موجب صرفه‌جویی در وقت، هزینه و افزایش دقت و سرعت می‌گردد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای توسط محققان زیادی در زمینه علوم خاک با اهداف مختلفی بررسی شده است (گولد شلجر و همکاران، ۲۰۰۴؛ فریفته و فرشاد، ۲۰۰۲؛ ساکسنا و همکاران، ۲۰۰۳).

1- Mean Error

2- Root Mean Square Error

دویودی (۱۹۹۲) در مطالعاتی در منطقه اوتارپرادش هندوستان در بررسی خصوصیات خاک‌های متأثر از شوری در دشت‌های آبرفتی با استفاده از داده‌های MSS^۱ سال‌های ۱۹۷۵ و ۱۹۹۲ با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی^۲ (PCA) و نسبت‌گیری^۳ طیفی به این نتیجه رسید که مؤلفه سوم PCA حاصل از تمامی باندها و نسبت‌گیری طیفی بین MSS1 و MSS2 اطلاعات کاملی درباره خاک‌های متأثر از شوری می‌دهند.

خواجه‌الدین (۱۹۹۸) از داده‌های چندزمانه MSS برای بررسی جوامع گیاهی و نیز فاکتورهای مختلف خاک در منطقه جازموریان استفاده کرده است. وی رابطه مناسبی بین داده‌های MSS و فاکتورهای مختلف اندازه‌گیری شده خاک نظیر درصد شن، سیلت، رس، درصد پوشش سنگ و سنگ‌ریزه، کلسیم و پتاسیم پیدا نکرد ولی رابطه مناسبی بین EC و غلظت سدیم با داده‌های ماه جولای^۴ به دست آورد.

نائیج نوری (۲۰۰۱) در تفکیک اراضی شور و گچی با داده‌های رقومی TM^۵ در منطقه دشت کاشان و با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون و آنالیزهای رگرسیونی به روش چند متغیره خطی بین باندهای TM1، TM5، TM6 با مقادیر EC^۶ سطحی و باندهای TM3، TM5، TM6، TM7 با تغییرات گچ سطحی حداکثر همبستگی را نشان داد. نتایج تحقیق چیت‌ساز و خواجه‌الدین (۲۰۰۰)، در تهیه نقشه شوری و قلیائیت خاک با استفاده از داده‌های TM در شمال‌شرقی اصفهان نشان داده است، بهترین باندهایی که با آنالیز رگرسیونی، تغییرات EC سطحی نمونه‌های خاک منطقه را برآورد کرده و در واقع مدل رگرسیونی مناسبی را ارائه می‌دهند، باندهای TM4، TM5، TM6 می‌باشند. عهدی نام (۲۰۰۴) نیز در تهیه نقشه شوری خاک با استفاده از ایجاد همبستگی بین داده‌های ماهواره‌ای با مقادیر شوری خاک در دشت قزوین به دلیل وجود همبستگی بالای ارقام رقومی باند ETM7 با مقادیر شوری، از داده‌های این باند استفاده کرد. ریورو و همکاران (۲۰۰۷) در تهیه نقشه تغییرپذیری فسفر خاک و مقایسه کارایی روش‌های زمین آماری و آماری به کمک داده‌های طیفی ASTER^۷ و ETM⁺، در همه روش‌ها با

- 1- Multispectral Scanner
- 2- Principal Component Analysis
- 3- Ratioing
- 4- July
- 5- Thematic Mapper
- 6- Electrical Conductivity
- 7- Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer
- 8- Enhanced Thematic Mapper Plus

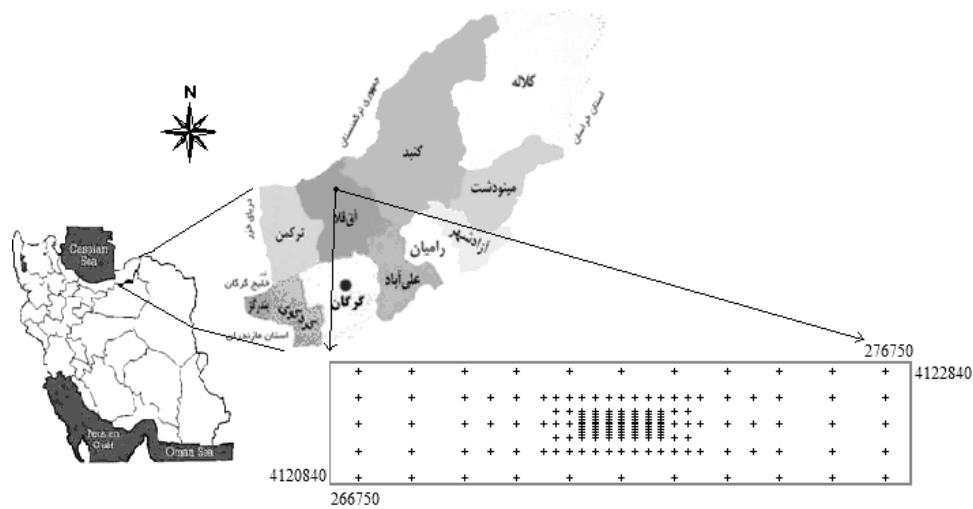
انحراف استاندارد بالا و تفاوت زیاد ماکزیمم و مینیمم داده‌ها، مقادیر ME و RMSE بالایی به دست آوردند. فرناندز- بوسس و همکاران (۲۰۰۶) برای نقشه‌برداری شوری خاک در حوالی تکسکوکو مکزیک از داده‌های رقومی ETM^+ و عکس‌های هوایی استفاده کردند. در این میان با تعدیل کردن شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص طیفی جدیدی به نام $Cosri^+$ تهیه نمودند. وجود همبستگی بسیار بالایی بین خصوصیات خاک (SAR, EC) با ارزش‌های طیفی این باند ترکیبی (به ترتیب ۰/۸۸۵ و ۰/۸۵۷)، به صورت یک مدل رگرسیونی برای تهیه نقشه شوری خاک ارائه شد. جعفری گرزین (۲۰۰۲) در بررسی قابلیت استفاده از داده‌های رقومی ETM^+ ماهواره لندست ۷، در تفکیک اراضی شور، از میان باندهای اصلی و مصنوعی، بالاترین قابلیت جهت تفکیک کلاس‌های شوری را باندهای $ETM2$ ، $ETM3$ ، Brightness، $ETM3p4$ ، $ETMS135$ و $SRVI1$ معرفی کرده است. این پژوهش جهت پی بردن به وجود ارتباط بین داده‌های طیفی سنجنده ETM^+ با شوری سطحی خاک و در نهایت ارائه مدل مناسب جهت تهیه نقشه این خصوصیت در بخشی از اراضی شور منطقه آق‌قلا انجام شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: محدوده مورد مطالعه در شمال غربی استان گلستان در بخشی از اراضی شمال شهرستان آق‌قلا به مساحت ۲۰۰۰ هکتار در طول‌های جغرافیایی $54^{\circ}22'$ تا $54^{\circ}29'$ و عرض‌های جغرافیایی $37^{\circ}12'$ تا $37^{\circ}22'$ واقع شده است (شکل ۱). حداکثر ارتفاع آن ۴۵ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۲- متر بوده و متوسط دمای سالیانه آن $19/01$ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. منطقه براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم نیمه‌خشک معتدل و متوسط بارندگی منطقه $230/5$ میلی‌متر بوده و از لحاظ فیزیوگرافی دارای تپه‌های لسی با منشأ بادی می‌باشد. خاک‌های منطقه مورد مطالعه طبق طبقه‌بندی آمریکایی^۴ (۲۰۰۳)، به صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند:

Fine loamy, mixed, super active calcareous, thermic Gypsic Aquisalids

- 1- Normalised Difference Vegetation Index
- 2- Combined Spectral Response Index
- 3- Sodium Absorption Ratio
- 4- Soil Taxonomy



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان گلستان.

شیوه نمونه‌برداری: برای انجام این تحقیق در اوایل مرداد ماه سال ۱۳۸۵ شبکه‌ای به ابعاد 2×10 کیلومتر با توجه به وضعیت تغییرات در روی تصاویر ماهواره‌ای انتخاب و در یک شبکه منظم در ۱۶۹ نقطه به فواصل ۵۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ متری به صورت آشیانه‌ای، نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌های خاک در هر نقطه در پلاتی به ابعاد 20×20 سانتی‌متر از عمق ۰-۵ سانتی‌متری از روی نقاط با مختصات معلوم برداشت گردید. نمونه‌ها هوا خشک گردید، و در عصاره اشباع آنها، هدایت الکتریکی سطحی با استفاده از EC متر مدل Inolab 720.wtw اندازه‌گیری شد (پیچ و همکاران، ۱۹۸۲).

داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده: داده‌های رقومی چند طیفی ETM^+ شامل ۶ باند طیفی (با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر) و یک باند حرارتی (با قدرت تفکیک مکانی ۶۰ متر) و باند پانکروماتیک (با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر) از مسیر ۱۶۳ و ردیف ۳۴ مربوط به ۱۷ ژولای ۲۰۰۲ بوابر با ۲۶ تیر ماه ۱۳۸۱ مورد استفاده قرار گرفت. تصحیح هندسی تصاویر با استفاده از تصویر تصحیح

هندسی شده موجود منطقه مربوط به سال ۲۰۰۱ با سیستم مختصات UTM و سطح بیضوی^۱ WGS 84 به روش تصویر به تصویر^۲ و با استفاده از نرم افزار *Geomatica V.8.1* صورت گرفت. میزان RMSE نهایی معادل ۰/۴۲ به دست آمد. تصحیح اتمسفری^۳ تصاویر به روش پدیده سیاه^۴ صورت گرفت. به منظور استفاده از تکنیک‌های پردازش تصاویر و به کارگیری باندهای حاصل از این تکنیک‌ها در فرآیند تجزیه و تحلیل همبستگی از تکنیک‌های مختلف بارزسازی تصاویر نظیر نسبت‌گیری، ادغام^۵، تجزیه مؤلفه‌های اصلی^۶ و تبدیل تسلدکپ^۷ استفاده شد (مالمیران، ۱۹۹۷؛ علوی‌پناه، ۲۰۰۳). عناوین باندهای اصلی و ترکیبی مورد استفاده در این تحقیق و نحوه تهیه آنها در جدول ۱ آمده است. به دلیل کثرت باندهای اصلی و ترکیبی ETM^+ و کاهش اثر هم خطی میان باندهای مختلف و انتخاب باندهای مناسب برای شرکت در مدل، از ماتریس همبستگی^۸ در محیط GIS استفاده شد که براساس آن از میان باندهای دارای همبستگی بالا ($r < 0/9$)، که خصوصیات طیفی مشابه دارند می‌توان باندهایی با فرمول ساده‌تر، تفسیر بصری بهتر و همبستگی بیشتر با متغیر وابسته را به عنوان باندهای برگزیده جهت شرکت در مدل انتخاب کرد. پس از تعیین باندهای برگزیده، میان ۸۰ درصد ارزش‌های رقومی این باندها با مقادیر شوری، آنالیز به روش رگرسیون گام به گام صورت گرفت که در نهایت باندهای انتخاب شده در روش گام به گام ضمن حفظ کمترین همبستگی بین باندی با مقادیر شوری به روش *Best subset* در محیط آماری Minitab مدل‌یزه شدند.

- 1- Ellipsoid
- 2- Image to Image
- 3- Atmospheric Correction
- 4- Dark Object
- 4- Fusion
- 6- Principal Component Analysis
- 7- Tasseled Cap
- 8- Correlation Matrix

جدول ۱- باندهای اصلی و مصنوعی مورد استفاده در این تحقیق.

ردیف	نحوه تهیه باند	باندهای اصلی و مصنوعی
۱	باندهای اصلی ETM ⁺	B1,B2,...B7
۲	مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای ۱،۲،۳	PCA ¹
۳	مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای ۴،۵،۷	PCA2 ¹
۴	مؤلفه اول حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی بر روی باندهای ۱،۲،۳،۴،۵،۷	PCA3 ¹
۵	باند روشنایی حاصل از انجام تسلدکپ	Brightness ¹
۶	باند سبزیگی حاصل از انجام تسلدکپ	Greenness ¹
۷	باند نمناکی حاصل از انجام تسلدکپ	Wetness ¹
۸	ادغام ۶ باند طیفی ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ با باند پانکروماتیک (باند ۸) به روش Pansharpe	FuseB1,FuseB2,..., FuseB7
۹	$(b4 - b3)/(b4 + b3)$	NDVI ²
۱۰	$b3^2 + b4^2$	BI ³
۱۱	$(b1 + b2)/(b3 + b4) * ndvi$	Cosri ⁴
۱۲	$b5 / b4$	MSI ¹
۱۳	$\sqrt{b2 * b3}$	Salinity1 ⁵
۱۴	$\sqrt{b2^2 + b3^2 + b4^2}$	Salinity2 ⁵
۱۵	$\sqrt{b2^2 + b3^2}$	Salinity3 ⁵

1: (Frazier and Cheng., 1989 and Bahtti et al., 1991)

2: Normalized Difference Vegetation Index (Rouse et al., 1974)

3: Brightness Index (Khan et al., 2001)

4: Combined Spectral Response Index (Fernandez-Buces et al., 2006)

5: (Douaoui, et al., 2006)

استخراج ارزش‌های رقومی^۱ محل نمونه‌ها: براساس مختصات طول و عرض جغرافیایی نقاط نمونه‌برداری ثبت شده با GPS یک وکتور نقطه‌ای ساخته شد و این وکتور همراه با شماره نمونه‌برداری هر نقطه، بر روی باندهای مختلف تصاویر ETM⁺، به صورت یک لایه قرار گرفت (شکل ۲). شماره رقومی پیکسلی که هر نقطه نمونه‌برداری داخل آن قرار می‌گرفت، همراه با ۸ پیکسل اطراف آن استخراج^۲ و میانگین آن به عنوان شماره رقومی آن نقطه در تصاویر مورد نظر در محیط

1- Digital Number

2- Extract

ادریسی^۱ ثبت شد. این کار برای تمامی نقاط نمونه برداری شده در صحرا و برای تمامی باندهای مورد نظر در منطقه مورد مطالعه انجام گرفت (چیت‌ساز، ۱۹۹۹).

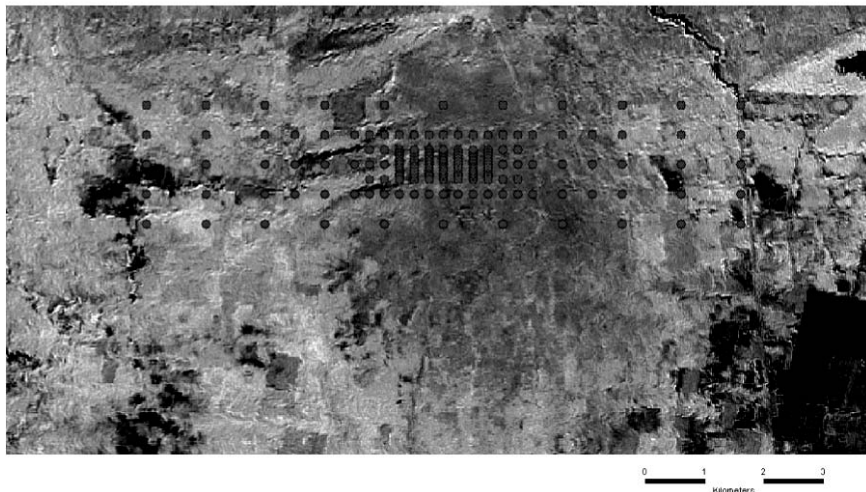
تجزیه و تحلیل آماری: آماره‌های هدایت الکتریکی سطحی خاک مشتمل بر میانگین، میانه، دامنه، حداقل، حداکثر، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی تعیین شد. جهت مشخص شدن نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۲ استفاده شد (اسماعیلیان، ۲۰۰۵). ضرایب همبستگی پیرسون^۳ بین هدایت الکتریکی و متغیرهای مختلف تصویر محاسبه گردید. سپس روابط رگرسیونی به روش چندمتغیره خطی بین هدایت الکتریکی خاک و ارزش‌های رقومی باندهای برگزیده برقرار گردید. جهت مدل‌سازی از ۸۰ درصد داده‌ها استفاده و تمامی آنالیزهای آماری توسط نرم‌افزار SPSS و Minitab انجام گردید. اعتبارسنجی^۴ مدل با استفاده از ۲۰ درصد داده‌ها و محاسبه شاخص‌های ME و RMSE به شکل زیر انجام شد (دواویی و همکاران، ۲۰۰۶).

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z^*(x_i)] \quad \text{معادله (۱)}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z^*(x_i)]^2} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در این معادلات n تعداد نمونه‌های مورد مطالعه و $Z(x_i)$ مقادیر واقعی و $Z^*(x_i)$ مقادیر تخمین زده شده و ME و RMSE به ترتیب میانگین خطا و انحراف معیار خطای مدل هستند که واحد اندازه‌گیری شان همان واحد اندازه‌گیری متغیر مورد نظر و برحسب dSm^{-1} بوده است.

-
- 1- Idrisi Kilimanjaro
 - 2- Kolmogorov-Smirnov Test
 - 3- Pearson Correaltion
 - 4- Cross Validation



شکل ۲- محل نقاط نمونه‌برداری در منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر ETM^+

نتایج و بحث

خلاصه آماره‌های توصیفی برای هدایت الکتریکی سطحی خاک در جدول (۲) ارائه شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد مقدار EC^1 در منطقه مورد مطالعه از مقدار $2/15$ تا 234 دسی‌زیمنس بر متر متغیر بوده و مقدار ضریب تغییرات آن $0/56$ می‌باشد. این مقدار ضریب تغییرات نشان‌دهنده آن است که این متغیر دارای تغییرپذیری زیاد می‌باشد. براساس طبقه‌بندی وایلدینگ (۱۹۸۵) خصوصیات خاک با CV بیش از $0/35$ دارای تغییرپذیری زیاد می‌باشند.

نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که با توجه به مقدار Sig در جدول ۲ فرضیه H_0 (فرض نرمال نبودن داده‌ها) رد شده و داده‌ها از توزیع نرمال برخوردار هستند. مقادیر چولگی و کشیدگی نیز این مسئله را تأیید می‌نمایند. مقدار چولگی نزدیک صفر و در دامنه $+1$ تا -1 قرار دارد. نزدیکی مقدار میانه به میانگین نیز دلیل دیگری بر نرمال بودن داده‌ها است. با توجه به احراز شرایط نرمال بودن داده‌ها، داده‌های اولیه جهت آنالیزهای رگرسیونی استفاده شده و نیازی به تبدیل داده‌ها نبوده است.

1- Electrical Conductivity

جدول ۲- خصوصیات آماری هدایت الکتریکی سطحی (dSm^{-1}).

Sig.	کشیدگی	چولگی	ضریب تغییرات (درصد)	انحراف معیار	میان	حداکثر	حداقل	میانگین	خصوصیات آماری
									متغیر
۰/۰۷۶	-۰/۸۹	۰/۰۳	۵۶/۵	۵۹/۶	۱۰۶/۹۳	۲۳۴	۲/۱۵	۱۰۵/۹۳	هدایت الکتریکی سطحی

طبق ماتریس همبستگی در محیط GIS و به جهت کاهش اثر هم خطی بین تصاویر از میان باندهای اصلی و مصنوعی؛ باندهای B3، B4، B5، B6، Brightness، Greenness، Cosri، MSI^۱، FuseB3، FuseB4 و FuseB5 به عنوان باندهای برگزیده، در نظر گرفته شدند. در بررسی روابط بین ۸۰ درصد ارزش های رقومی باندهای فوق به عنوان متغیرهای مستقل با هدایت الکتریکی سطحی به عنوان متغیر وابسته به روش رگرسیون گام به گام^۲، باندهای B4، Brightness، Greenness، Cosri، MSI، FuseB3، FuseB4 و FuseB5 انتخاب شدند که با مقادیر هدایت الکتریکی نیز همبستگی خطی معنی داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد از خود نشان دادند و در نهایت باندهای انتخاب شده در روش گام به گام با حفظ کمترین همبستگی بین باندی با مقادیر شوری به روش Best subset در محیط آماری Minitab مدلیزه شدند که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است. آزمون های اعتباری رگرسیون، ضرایب رگرسیون و فرض های اساسی رگرسیون، نرمال بودن توزیع باقی مانده ها، ارزیابی و مدل مناسب استخراج گردید. برتری روش Best subset در مقایسه با روش های رگرسیونی دیگر (پس رو^۳ یا گام به گام) به این دلیل بوده که علاوه بر ارائه R^2 ، adj ، مقادیر Cp و MSEp مدل را نیز گزارش می کند (مصدقی، ۲۰۰۴) که Cp ضریب خطا و MSEp میانگین مجذور خطای مدل هستند که هر دو باید حداقل باشند.

همبستگی EC با شاخص های استفاده شده در این تحقیق؛ شاخص Cosri با نتایج فرناندز-بوسس و همکاران (۲۰۰۶)، باندهای B4 و Brightness با نتایج جعفری گرزین (۲۰۰۲) و باند B4 با نتایج چیت ساز و خواجه الدین (۲۰۰۰) مطابقت دارد. این همبستگی در مورد تمامی باندهای فوق به جز Greenness از نوع خطی معکوس است. رابطه معکوس شاخص ها با EC به این دلیل است که

- 1- Moisture Stress Index
- 2- Stepwise
- 3- Backward

در تمامی این شاخص‌ها از باند مادون قرمز نزدیک (باند ۴) استفاده شده که با افزایش شوری، ارزش طیفی این باند کاهش پیدا کرده است.

بین EC سطحی با داده‌های طیفی ETM^+ مدل رگرسیونی به‌دست آمده عبارت است از:

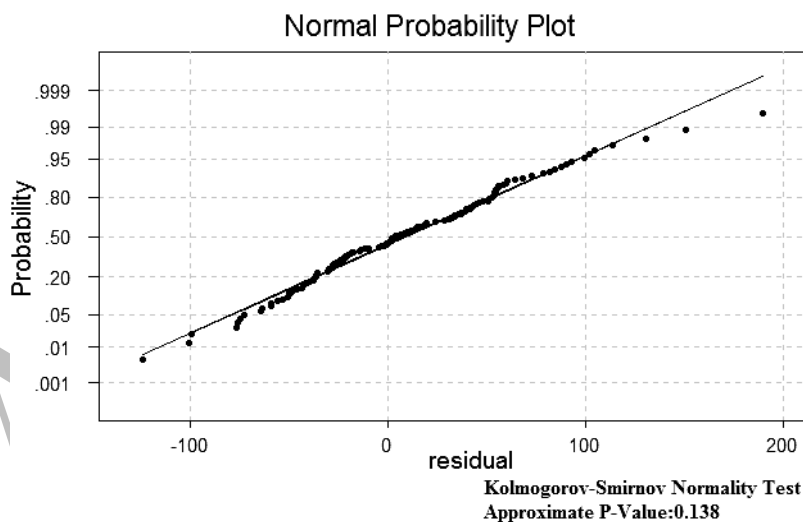
$$EC = 20.16 + 1.1/B4 - 2.4/Brightness - 1.6/Greenness - 1.0/FuseB4 \quad (3)$$

که به ترتیب باند B4، باند ۴ اصلی ETM^+ ، Brightness و Greeness مؤلفه‌های روشنایی و سبزیگی خاک حاصل از تبدیل تسلدکپ و FuseB4 مؤلفه حاصل از ادغام طیفی باند ۴ اصلی با باند پانکروماتیک می‌باشند.

در ضمن برای تطبیق بهتر مدل با داده‌ها، تست نرمالیته باقی‌مانده مدل حاصله انجام شد که مدل دارای باقی‌مانده با توزیع نرمال $P\text{-Value} > 0.05$ مطابق شکل شماره (۳) می‌باشد.

جدول ۳- ضرایب همبستگی مدل EC سطحی با استفاده از داده‌های ETM^+

روش رگرسیون	R	R^2	R^2 .adj	Cp	MSEp	سطح معنی‌داری
Best subset	0.766	0.44	0.42	-0.1	0.42	0.000



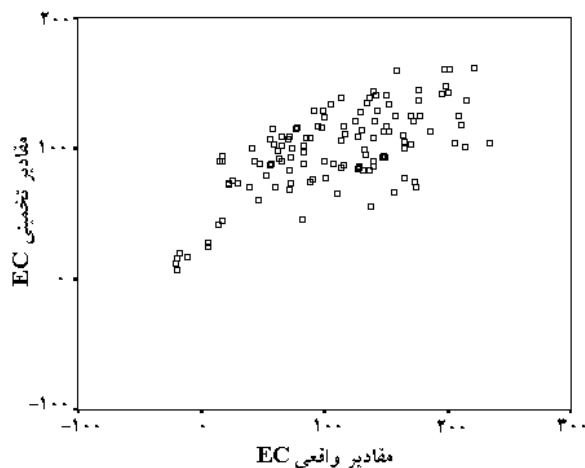
شکل ۳- تست نرمالیته باقی‌مانده مدل حاصله از داده‌های ETM^+

به‌طورکلی باندهای کنترل‌کننده شوری در این تحقیق باند B4 به همراه Greenness, Brightness و FuseB4 بوده است. جعفری‌گرزین (۲۰۰۲) نیز در تحقیقات خود نشان داد که باندهای B4 و شاخص Brightness مربوط به سنجنده ETM⁺ رابطه قوی با EC نشان داده‌اند. پس از تعیین مدل مناسب با ۲۰ درصد نمونه‌ها (در حدود ۳۶ نمونه)، اعتبارسنجی شد و مقادیر ME, RMSE و ضریب همبستگی بین مقادیر واقعی و برآورد شده شوری (r) به‌دست آمد (جدول ۴). با توجه به اعتبار مناسب مدل ارائه شده در معادله (۳) در تهیه نقشه شوری منطقه مورد نظر استفاده گردید.

جدول ۴- اعتبارسنجی مدل به کمک داده‌های معیار (۳۶ نمونه).

پارامتر	ME	RMSE	r
مدل برآورد شده	-۰/۱۸	۵۵/۶۷	۰/۵۳

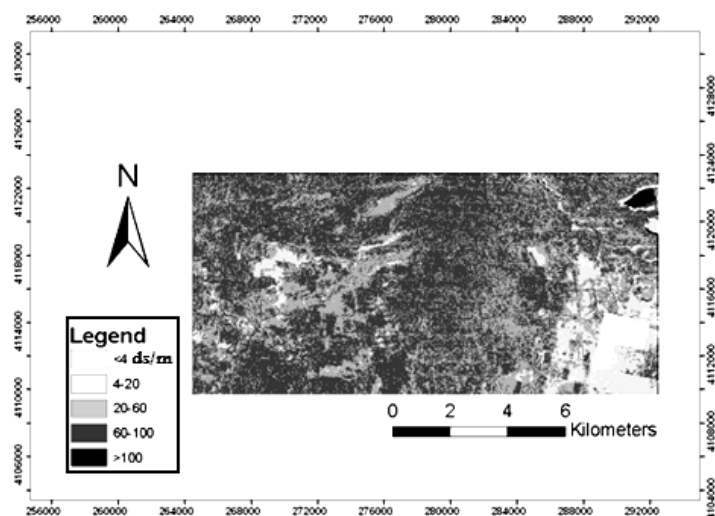
ریورو و همکاران (۲۰۰۷)، در تخمین فسفر خاک با انحراف استاندارد ۳۸۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم با داده‌های ETM⁺ به روش رگرسیون خطی به‌ترتیب مقادیر ME و RMSE برابر با ۱۳۳/۷ و ۳۵۶/۱ به‌دست آوردند. امینی (۱۹۹۹)، برای نسبت جذب سدیم؛ به روش کریجینگ مقادیر ME و MSE معادل ۵۳/۸ و ۸۵ به‌دست آورده و مقادیر نسبتاً بالای ME و MSE را به بالا بودن انحراف استاندارد و تغییرات شدید داده‌های SAR ارتباط داده است. طبق جدول (۴) می‌توان اظهار نمود که نتایج کنترل اعتبار مدل، بیانگر مناسب بودن تخمین‌های حاصل از مدل مذکور برای تهیه نقشه می‌باشد. مدل بهینه بایستی دارای شاخص‌های حداقل میانگین خطا (ME) و ریشه دوم میانگین مجذور انحرافات (RMSE) می‌باشد. با توجه به این‌که انحراف استاندارد و ضریب تغییرات داده‌های واقعی در این تحقیق (به‌ترتیب؛ ۵۹/۸۲ دسی‌زیمنس بر متر و ۵۶/۵ درصد) بالاست، ولی تخمین‌های حاصل از مدل با مقادیر واقعی EC سطحی روند خطی و همبستگی نسبتاً خوبی ($r=0/53$) را نشان داده است (شکل ۴). بنابراین با وجود چنین تغییرات شدیدی و RMSE نسبتاً بالا تخمین‌های انجام شده تخمین‌های مناسبی هستند که این با نتایج ریورو و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد.



شکل ۴- نمودار پراکنش مقادیر واقعی و تخمین زده شده هدایت الکتریکی سطحی.

خوانین زاده و خواجه‌الدین (۲۰۰۱)، استفاده از ضرایب همبستگی و معادلات رگرسیونی را جهت تهیه نقشه شوری و قلیائیت خاک مناسب ندانسته‌اند. در حالی که محققان دیگر از جمله چیت‌ساز و خواجه‌الدین (۲۰۰۰)، درویش صفت (۲۰۰۲)، عبدی‌نام (۲۰۰۴) و فرناندز-بوسس و همکاران (۲۰۰۶)، با استفاده از ضرایب همبستگی ارزش‌های طیفی تصاویر و EC و مدل‌های رگرسیونی مناسب، نقشه‌های شوری و قلیائیت را تهیه کرده‌اند. با توجه به تفاسیر بالا و مقایسه با نتایج محققان دیگر در زمینه شوری خاک، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، منطقه‌ای و وابسته به زمان و مکان مورد مطالعه است. محققان تقریباً باندهای مختلفی را برای ارزیابی شوری خاک مناسب دانسته‌اند. اگرچه ممکن است یک باند در منطقه‌ای اهمیت نداشته باشد، اما مناسب بودن آن در مناطق دیگر گزارش شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در مناطق مختلف، با درجات مختلف شوری و نسبت‌های متنوع از نمک‌ها، شرایط اقلیمی مختلف، جغرافیایی و زمین‌شناسی، باندهای مختلفی می‌تواند تغییرات شوری و EC خاک‌های آن منطقه را توصیف کنند. بنابراین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در منطقه شور شمال آق‌قلا و در مقیاس مورد مطالعه (۲×۱۰ کیلومتر) می‌توان از باندهای Brightness, B4, Fuse4 و Greenness این متغیرها برای پیش‌بینی EC خاک‌های منطقه با ضریب تشخیص ۴۴ درصد استفاده کرد و استنتاج‌هایی که از مدل EC سطحی انجام می‌پذیرد، به نسبت معتبر است. در نهایت مدل به‌دست آمده بر روی تصاویر ETM⁺ منطقه اعمال و تصویری از EC سطحی تهیه گردید. در

طبقه‌بندی تصویر EC سعی شد که دامنه EC هر کلاس طوری تعیین شود که علاوه بر کاربردی بودن طبقات EC، منطبق بر واقعیات طبیعی منطقه نیز باشد. در نهایت نقشه EC سطحی منطقه با ۵ کلاس ($EC < 4$ ، $4 < EC < 20$ ، $20 < EC < 60$ ، $60 < EC < 100$ ، $EC > 100$) تهیه گردید (شکل ۵).



شکل ۵- نقشه شوری تهیه شده به روش رگرسیون چند متغیره به وسیله باندهای ETM^+ .

واحدهای اصلی نقشه EC منطقه، شامل ۵ طبقه شوری می‌باشد و با توجه به محدوده این طبقه‌ها، نقشه EC تهیه شده برای منطقه، کاربردی است. طبقه $EC < 4$ دسی‌زیمنس بر متر نشان‌دهنده اراضی غیرشور است که اراضی کشاورزی را دربرمی‌گیرد. طبقات دیگر EC به ترتیب زیاد شدن شوری، در منطقه دیده می‌شود؛ محدوده‌ای با $EC > 100$ دسی‌زیمنس بر متر که در گوشه راست و بالای نقشه ۵ دیده می‌شود، مربوط به دریاچه نمک بوده که نقشه تهیه شده توسط مدل، این مسأله را به خوبی تأیید می‌نماید. قسمت عمده منطقه را شوری بین مقادیر $60 < EC < 100$ دسی‌زیمنس بر متر دربرمی‌گیرد. ضمن این‌که هدف تحقیق، ایجاد همبستگی و برقراری رابطه رگرسیونی بین داده‌های ماهواره‌ای با مقادیر شوری خاک برای تهیه نقشه بوده، در ابتدا اقدام به تفکیک کلاس‌های شوری خاک براساس

نمونه‌های تهیه شده از منطقه مورد مطالعه نگردیده، بنابراین ارائه تفکیک‌پذیری طبقات شوری خاک به تحقیق دیگری موکول گردیده است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

مقایسه نتایج این تحقیق با نتایج سایر مطالعات نشان می‌دهد که بسته به شرایط فیزیوگرافی، پوشش گیاهی، اقلیم، کاربری، میزان تغییرات شوری و زمین‌شناسی از یک سنجنده خاص، باندهای متفاوتی می‌توانند برای پیش‌بینی شوری سطحی مناسب باشند. به طوری که در این مطالعه، باندهای B4, Brightness, Greenness, Fuse4 با تغییرات EC سطحی، همبستگی معنی‌داری در سطح ۱ درصد نشان داده‌اند و توانستند تغییرات EC سطحی نمونه‌های خاک منطقه را برآورد کنند. استفاده از روابط همبستگی بین داده‌های ماهواره‌ای با مقادیر شوری، با صرف هزینه و زمان کمتر، تهیه نقشه خاک را تسهیل می‌کند. استفاده از تصویر مربوط به گرم‌ترین ماه سال به دلیل وجود حداکثر تبخیر و تجمع املاح در سطح خاک، در تفکیک این خاک‌ها از سایر خاک‌ها مؤثرتر خواهد بود.

در ارتباط با معرفی یک مدل در منطقه باید ضمن توجه به شرایط یاد شده، به مقیاس مطالعه هم توجه کافی داشت. در این تحقیق، استفاده از داده‌های دورسنجی ETM⁺ تنها توانسته است ۴۴ درصد از تغییرات شوری سطحی خاک را توجیه نمایند. بنابراین استفاده از داده‌های سنجنده‌های دیگر نظیر SPOT با قدرت بزرگ‌نمایی بیشتر و داده‌هایی با باندهای متفاوت نظیر ASTER و تلفیق آنها به روش ادغام طیفی در ارائه مدلی کامل‌تر که بتواند شوری را با دقت بیشتری برآورد نماید می‌تواند محور مطالعات آتی باشد. همچنین می‌توان گفت استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به هنگام یا به عبارتی دیگر همزمانی ثبت اطلاعات ماهواره‌ای و عملیات میدانی، می‌تواند بازگوکننده خصوصیات طیفی واقعی پدیده در موقع ثبت اطلاعات و ارائه نتایج دقیق‌تر شود. به منظور کاربردی بودن نقشه‌های تهیه شده بهتر است طبقات نقشه خروجی قابل مقایسه با نقشه‌های معمول شود.

منابع

1. Abdinam, A. 2004. An investigation on preparing of the soil salinity map using correlation method between imagery and soil salinity data in the Qazvin plain, Journal of Pazhouhesh and Sazandegi, 64: 33-38. (In Persian)
2. Alavipannah, S.K. 2003. Application of remote sensing in the earth science (soil), Tehran Univ. Press, first edition, 462p. (In Persian)

3. Amini, M. 1999. Geostatistical assessment of soil salinity and alkalinity in selected soils from Rudasht area, M.Sc. thesis of pedology, Isfahan university of technology, College of Agriculture, Department of Soil Science, 119p. (In Persian)
4. Bahtti, A.U., Mulla, D.J. and Frazier, B.E. 1991. Estimation of soil properties and wheat yields on complex eroded hills using geostatistics and thematic mapper images. *Remote Sens. Environment*, 37: 181-191.
5. Chitsaz, V. 1999. investigation of possibility of soil salinity & alkalinity map producing using TM data in eastern Isfahan, a thesis of presented for M.Sc. Isfahan university of technology, Faculty of Natural Resources, 135p. (In Persian)
6. Chitsaz, V., and Khajeddin, S.J. 2000. Mapping of soil salinity and alkalinity using remotely sensed data of TM in eastern of Isfahan. *Proceeding of Geomatic Congress, Tehran, Iran*, Pp: 156-167. (In Persian)
7. Darvishsefat, A. 2002. Incorporating of remotely sensed data. *Proceeding of Geomatic Congress. National Cartographic Center, Tehran*. (In Persian)
8. Douaoui, A.E.K., Nicolas, H., and Walteer, Ch. 2006. Detecting salinity hazards within a semiarid context by means of combining soil and remote sensing data, *Geoderma*, 134: 217-230.
9. Dwivedi, R.S. 1992. Monitoring and the study of the effects of image scale on delineation of salt affected soils in the indo gangetic plains, *international journal of Remote Sensing*, 13: 8. 1527-1536.
10. Esmaelian, M. 2005. *Guidebook of SPSS 12*, Naghos publication, Second Edition, 600p.
11. Farifteh, J., and Farshad, A. 2002. Remote sensing and modeling of topsoil properties, a clue for assessing land degrading, p 865 *17th-World-Congress-of-Soil-Science-Bangkok-Thailand-14-20-August*.
12. Fernandez-Buces, N., Siebe, C., Cram, S., and Palacio, J.L. 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: (a case study in the former lake Texcoco, Mexico), *J. Arid Environments*, 65: 644-667.
13. Frazier, B.E., and Cheng, Y. 1989. Remote sensing of soils in eastern palouse region with land sat thematic mapper, *Remote Sens. Environment*, 28: 317-325.
14. 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 in Israel. *Soil Science*, 169: 10. 677-687.
15. Jafari Gorzin, B. 2002. Study of landsat ETM⁺ capability in detecting salt affected lands (a case study in Gorgan Plain), a thesis of presented for M.Sc. Gorgan university of Agriculture and Natural Resource Science, college of Range and Watershed Management, 127p.

16. Khajeddin, S.J. 1998. Use of MSS5 satellite data in investigation of vegetation types and saline soils of Jazmourian. P 41-48, Proceeding of 2nd National to Combat Desertification. Forestry and Rangeland Organization. Teharan, Iran. (In Persian)
17. Khan, N.M., Rastoskuev, V.V., Shalina, E., and Sato, Y. 2001. Mapping salt-affected soil using remote sensing indicators. A simple approach with the use of GIS Idrisi. 22nd Asian Conference on Remote Sensing, 5-9 November 2001, Singapore.
18. Khaninzade, A., and Khajeddin, S.J. 2001. Investigation physical and chemical properties of surface soil using remotely sensed data of TM in Neir-Yazd district, the 7th Iranian soil science congress, shahrekord university, Pp: 204-1 to 204-4. (In Persian)
19. Malmirian, H. 1997. Thematic mapping from satellite imagery: a guide book, 256pp. (Translated in Persian).
20. Mesdaghi, M. 2004. Regression methods for research in agriculture and natural resources, Astan Ghodse Razavi publication, 290p. (In Persian)
21. Naigenouri, R. 2001. Investigation on possibility of detecting salty and gypsy areas kashan plain using TM data, M.Sc. thesis, Isfahan university of technology, Faculty of Natural Resources, 108p. (In Persian)
22. Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of soil analysis. Part2 chemical and microbiological properties (2nd edition). Am. Soc. Of agronomy, Soil Sci. Am. Publisher. Madison, Wasconsin. USA. 1159p.
23. Rivero, R.G., Grunwald, S., and Bruland, G.L. 2007. Incorporation of spectral data into multivariate geostatistical models to map soil phosphorus variability in a florida wetland, Geoderma. press. 140: 428-443.
24. Rouse, J.W., Haas, R.H., Schelle, J.A., Deering, D.W., and Harlan, J.C. 1974. Monitoring the vernal advancement or retro gradation of natural vegetation. NASA/GSFC, Type III, Final report, Green-belt, MD. 371p.
25. Saxsena, R.K., K.S.Verma, R. Srivastava, J.Y., Patel, N.K., Nasre, R.A., Barthwal, A.K., Shiwalkar, A.A., and Londhe, S.L. 2003. Spectral reflectance properties of some dominant soils occurring on different altitudinal zones in Uttaranchal Himalayas. Agropedology, 13: 2. 35-43.
26. Soil survey staff. 2003. keys to soil taxonomy, USDA, NRCS, Washington DC. 231p.
27. Wilding, L.P. 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation, and implication to soil survey. In: Nielsen, D.R., and J. Bouma, (eds.), Soil Spatial Variability, Pudoc, Wagenigen, the Netherlands. 166-194.



Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 16(2), 2009
www.gau.ac.ir/journals

Mapping soil surface salinity using remote sensing data of ETM⁺ (Case study: North of Agh Ghala, Golestan Province)

***T. Tajgardan¹, Sh. Ayoubi², Sh. Shataii³ and F. Khormali⁴**

¹Former M.Sc. Student, Dept. of Soil Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ²Assistant Prof., Dept. of Soil Sciences, Isfahan University of Technology, ³Associate Prof., Dept. of Forestry, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ⁴Associate Prof., Dept. of Soil Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Abstract

This study was done in order to submit a model for salinity map made with ETM⁺ satellite data and salinity values in a district in North of Agh Ghala in Golestan province. The Geometric and atmospheric correction of Satellite images were carried out Processings such as; multispectral bands fusion with panchromatic band, tasseled cap transformation, principal component analysis, and ratioing for composite bands creation were done. The regular sampling grid with 2×10 km dimension and different intervals were designed and performed on the study area. Soil samples (169 samples) were taken from 0-5 cm depth with intervals of 50, 100, 250, 1000 m and their electrical conductivity (EC) were measured. The location of the samples was determined by GPS and samples location map was made with GIS software. Spectral values for each sample were extracted by different bands. Correlation between spectral values i.e. (main bands, tasseled cap bands, principal component analysis and composite bands) with electrical conductivity values were investigated for 80% of the samples. By determining correlated bands and selecting desirable bands for contributing in model, primary results showed that correlation between electrical conductivity values with B4 bands, brightness, greenness and fuse B4 were significant in 1% level. After selecting the best model, cross validation was calculated with 20% samples for determining ME and RMSE parameters. Cross validation results showed the suitable estimation of model with ME and RMSE values was equal to -0.18 and 55.6 dS/m, respectively. Finally, salinity map was prepared using submitted regression model. In this research, results confirmed that salinity changes can be evaluated by digital data of ETM⁺ and it's composites in district of north Agh Ghala with 2000 ha area.

Keywords: Soil salinity, Digital numbers, Multiple Linear Regression, Mapping, Validation

* Corresponding Author; Email: tajgardan_toktam@yahoo.com