



کاربرد تکنیک سنجش از دور در شناسائی شوری خاک

علی اکبر نوروزی، مهدی همایی و عباس فرشاد

دانشجوی دکتری گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس noroozi@itc.nl
استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس mhomaee@hotmail.com
استادیار گروه علوم زمین دانشکده ITC دانشگاه Twente هلند Farshad@itc.nl

چکیده

گسترش روند شور شدن خاک از چالش‌های مهم زیست محیطی عصر کنونی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است. به منظور شناسایی شوری خاک، پژوهشی با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست TM در سال 1388 انجام و تعداد 288 نمونه در دشت گرمسار و ایوانکی از افق شناسائی سطحی خاک (میانگین 0-15 سانتی متر)، برای بررسی ارتباط بین هدایت الکتریکی و بازتاب‌های طیفی ماهواره، برداشت و به آزمایشگاه ارسال شد؛ آنگاه آنالیز چند متغیره، برای بررسی رابطه خصوصیات طیفی ماهواره و هدایت الکتریکی خاک انجام گرفت. در این رابطه، باند هفت ماهواره با طول موج بلند و شاخص انتقال طیفی 3 (رطوبت خاک) در مدل اول و باند یک ماهواره در طول موج مرئی آبی، همراه با مولفه اصلی دوم در مدل دوم در سطح 99% اطمینان، حدود 60% از تغییرات هدایت الکتریکی را پیش بینی و برآورد نمودند. ارزیابی دقت دو مدل با انجام اعتبار سنجی بر روی 52 نقطه در دشت ایوانکی با شرایط مشابه دشت گرمسار انجام گرفت؛ پس از آن از آماره‌های متوسط مطلق خطا و مجذور متوسط خطا بمنظور ارزیابی کیفیت و میزان خطای دو مدل تخمینگر، با دقت 0/49 دسی زیمنس و 4/1 دسی زیمنس استفاده شد. بنابراین برآورد هدایت الکتریکی برای تولید نقشه شوری خاک با استفاده از این مدل مناسب تشخیص داده شد.

کلید واژه‌ها: دشت گرمسار - ایوانکی، شوری خاک، ماهواره لندست TM

مقدمه

فرایند شور شدن خاک یکی از مهم ترین و گسترده ترین مراحل تخریب اراضی است که به طور قابل توجهی بر روی تولید محصولات کشاورزی و به خصوص امنیت غذایی تاثیر می گذارد (Epstein 1980). شوری خاک به تجمع نمکها در سطح و یا لایه های نزدیک به سطح خاک گفته می شود، که از عصاره اشباع محلول خاک استخراج می شود، (Farshad 2008); (Homaee 2008).

اکثر خاکهای شور ایران در نواحی مرکزی، جنوب شرقی و غربی کشور گسترش یافته اند؛ این مناطق که یک چهارم سطح کشور را پوشش می دهند، تولید کشاورزی پائین تری، نسبت به سایر مناطق کشور دارند. شرایط آب و هوایی و همچنین ژئودولوژیکی (ژئومورفولوژی، سنگ شناسی و خاک)، از عوامل اصلی گسترش شوری در این مناطق به شمار می رود (Momeni 2007; Abbassi 2009). بنابراین تولید نقشه و پایش روند توزیع و گسترش فرایند شوری خاک، به منظور ارائه روشهای احیا و اصلاح خاکهای این مناطق، وظیفه ای است که انجام آن ضروری به نظر می رسد. روشهای مختلفی برای نقشه سازی و پایش شوری خاک، برای درک بهتر نحوه گسترش و ابعاد شوری وجود دارد. که به دو دسته اندازه گیری مستقیم با مطالعات زمینی و اندازه گیری از دور یا غیر مستقیم به کمک تصاویر ماهواره ای تقسیم می شوند. روشهای تماس مستقیم، شامل عملیات مزرعه ای و آزمایشگاهی است که در آن با تفسیر شکل زمین و لکه های نمک و آنالیز یونهای محلول خاک، به وضعیت شوری پی می برند. تکنیک های سنجش از دور شامل استفاده از عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره ای رقومی است که با استفاده از آنها خصوصیات سطح زمین مشخص می شود. تکنیک سنجش از دور به عنوان یک راه حل مقرون بصرفه، از نظر زمان و هزینه، مستقیما نقشه شوری خاک



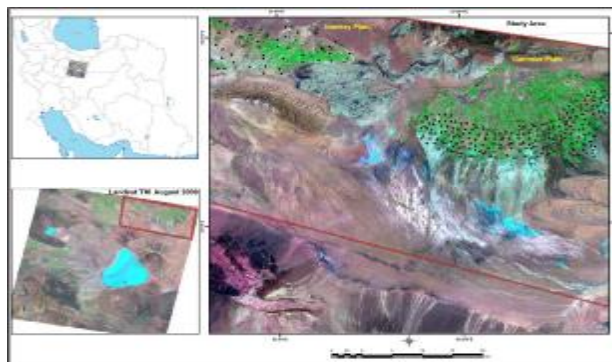
اراضی بایر و فاقد پوشش را، و یا به طور غیر مستقیم، اراضی با پوشش گیاهی را ترسیم می کند (Metternicht 2003). انواع اطلاعات سنجش از دور، همچون عکسهای هوایی، تصاویر ویدئویی، تصاویر مادون قرمز و مرئی چند طیفی، تصاویر ماکروویو و ابر طیفی، در مطالعه و شناسائی مناطق تحت تاثیر شوری بکار می روند. علوی پناه و درویش صفت معتقدند که وقتی شوری عامل غالب در یک خاک باشد، تصاویر لندست TM، به خصوص باندهای 1 تا 7 آن، برای شناسائی مناسب هستند (Darvishsefat 1999; Alavi Panah 2000). گابور و دالس (Ghabour 1993) نتیجه گرفتند که پیش بینی و شناسائی تخریب اراضی، به ویژه شوری خاک، توسط روشهای قراردادی و معمول در مطالعات خاک، زمان بر است؛ اما استفاده از اطلاعات سنجش از دور، امکان خوبی برای نقشه سازی و پایش این فرآیند ها از نظر اقتصادی فراهم می کند.

در این پژوهش، از اطلاعات ماهواره ای برای بررسی گسترش مکانی و شدت مناطق تحت تاثیر شوری استفاده شد و منطقه مورد مطالعه، دشت گرمسار (در شرق تهران به دلیل شوری زیاد خاک) انتخاب گردید تا با بررسی و شناخت بهتر رابطه بین بازتاب های طیفی و شوری خاک، نحوه گسترش شوری به عنوان یک معضل زیست محیطی در منطقه، پیش بینی و ارزیابی شود.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه:

محدوده مورد مطالعه با وسعت 54000 هکتار در شهرستان گرمسار از توابع استان سمنان واقع شده است. اقلیم منطقه بر اساس طبقه بندی اقلیمی کوپن (Koopen)، جزو نیمه خشک بیابانی تا خیلی خشک قرار می گیرد؛ میانگین بارندگی سالانه، حدود 120 میلی متر و میزان تبخیر و تعرق 1200 میلی متر در سال بوده و منابع آب اصلی منطقه، چاه های آب و رودخانه حبله رود می باشد. شکل 1 محدوده مورد مطالعه را در سطح کشور و در داخل تصویر ماهواره لندست 2009، که در این مطالعه استفاده شده است، نشان می دهد. توپوگرافی منطقه دارای پستی و بلندی کم و تغییرات ارتفاعی از 161 تا 344 متر از سطح دریا با شیب کمتر از 5% می باشد. دشت گرمسار از نظر زمین شناسی بر روی رسوبات دوران چهارم زمین شناسی، شیل، مارنهای گچی، سنگهای رسی، سنگهای ماسه ای و کنگلومرا قرار گرفته و در قسمتی با سازندهای گچی پوشیده شده است. خاکهای اراضی بالادست دشت، غالباً Calci Aquasalids, Typic Salids و در اراضی پایین دست و کم شیب، Typic Torriortent گسترش می یابد و خاکهای شور منطقه، تحت سری نورالدین آباد قرار می گیرند (Abbassi 2009). کشت غالب در اراضی بالادست، یونجه، ذرت، گندم و جو بوده و در اراضی پایین دست، چغندر قند، پنبه و خربزه که تحمل بیشتری به شوری دارند، کشت می شود.



شکل 1 منطقه مورد مطالعه



نمونه گیری

به طور کلی 288 نمونه خاک به روش نمونه گیری تصادفی (در داخل شبکه های 1×1 کیلومتری) از اعماق مختلف خاک برداشت شد؛ 52 نمونه از کل نمونه ها در دشت ایوانکی، مجاور دشت گرمسار که دارای شرایط اقلیمی، توپوگرافی و ژئوپدولوژیک یکسانی با دشت گرمسار بود، برای اعتبار سنجی و ارزیابی دقت مدل، کنار گذاشته شد. بخشی از نمونه ها در هفته آخر شهریور و تعدادی از آنها در اوایل مهر ماه 1388 برداشت شدند تا از نظر تطابق زمانی با تصاویر ماهواره ای یکسان باشند؛ آنگاه برای تجزیه و تحلیل و تعیین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی به آزمایشگاه ارسال شدند. مختصات دقیق پروفیلها به کمک GPS در طی عملیات صحرایی ثبت شد و در نهایت، میانگن EC افق شناسایی سطحی خاک تا عمق 0-15 سانتی متری به عنوان معیار اندازه گیری شوری در نظر گرفته شد (Sherestha 2010; Homaei 2008; Brunner 2007; 2006).

استخراج خصوصیات طیفی از تصاویر ماهواره ای

سین ماهواره لندست TM مربوط به تاریخ 5 آگوست 2009 در ردیف 36 و گذر 164 از آرشیو سایت USGS سفارش داده شد و پس از اخذ اطلاعات، به شکل یک مجموعه بانندی (Layerstack) در نرم افزار Erdas 9.2 به منظور پردازش های لازم وارد گردید. اطلاعات طیفی در 7 باند، به تفکیک 1 تا 3 در طول موج مرئی، 4 و 5 و 7 در طول موج مادون قرمز نزدیک تا دور با قدرت تفکیک زمینی 30 متر و باند 6 در طول موج حرارتی با قدرت تفکیک زمینی 60 متر، ذخیره شده بودند؛ تصاویر اخذ شده که دارای تصحیحات اتمسفری، رادیومتری و هندسی بودند پس از کنترل با نقشه های توپوگرافی 1/25000 و تایید مختصاتی مورد استفاده قرار گرفتند. در نرم افزار Erdas، شاخص های پوشش گیاهی، شوری و مولفه های اصلی (PCA) و انتقال طیفی (Tasseled cap) به صورت یک مدل گرافیکی (gmd) ساخته شده و مورد آزمون قرار گرفتند. شاخص های ایجاد شده شامل 5 شاخص پوشش گیاهی، 6 شاخص شوری، رطوبت و روشنایی، 3 مولفه اصلی (PCA 1, 2, 3) و 6 شاخص انتقال طیفی (Tasseledcap 1, 2, 3, 4, 5, 6)، به اضافه 7 باند ماهواره ای بودند که مجموعاً 27 متغیر برای تجزیه و تحلیل آماری و تعیین ارتباط با شوری خاک مورد استفاده قرار گرفتند؛ پس از آن اطلاعات EC افق سطحی خاک در داخل نرم افزار ARCGIS 9.3 بر روی تک تک 27 متغیر همپوشانی شد؛ و پس از تلاقی، مقادیر طیفی هر یک از شاخصها بر اساس مختصات هر نقطه در قالب جدول توصیفی استخراج و ذخیره گردید؛ سپس جدول حاصله به داخل نرم افزار آماری SPSS وارد شد.

آنالیز اطلاعات

مقادیر EC پس از بررسی توزیع نرمال، با 27 متغیر در سطح 99% ($P < 0.001$) دارای همبستگی بودند (جدول 1).



جدول 1 رابطه EC با متغیرهای مورد بررسی

Variable	Description	Mean	Std. Deviation	Correlation with EC (r)
EC_TOP	Electrical Conductivity of Soil dS/m	11.674	7.424	100
SI1	Salinity Index 1 ($\sqrt{G \times R}$)	141.051	20.736	.596**
SI2	Salinity Index 2 ($\sqrt{G^2 + R^2 + NIR^2}$)	156.878	24.335	.648**
SI3	Salinity Index 3 ($\sqrt{G^2 + R^2}$)	114.865	27.025	.734**
NDSI	Normalized Differential Salinity Index (R-NIR/R+NIR)	-0.076	0.128	.610**
BI	Brightness Index ($\sqrt{R^2 + NIR^2}$)	141.051	20.736	.596**
NDVI	Normalized Differential Vegetation Index (NIR-R/ NIR+R)	0.076	0.128	-.610**
SAVI	Soil Adjusted Vegetation Index (NIR-R/ NIR+R+L)	0.114	0.191	-.610**
SATVI	Soil Adjusted Total Vegetation Index	-84.901	2.943	-.541**
MSAVI	Modified Soil Adjusted Vegetation Index	0.119	0.191	-.658**
EVI	Enhanced Vegetation Index	-0.190	0.301	.637**
NDMI	Normalized Differential Moisture Index	-0.143	0.093	-.549**
BAND1	Reflectance Value of Band 1 (Blue visible)	114.818	20.692	.763**
BAND2	Reflectance Value of Band 2 (Green visible)	68.309	14.549	.746**
BAND3	Reflectance Value of Band 3 (Red Visible)	92.284	23.029	.725**
BAND4	Reflectance Value of Band 4 (Near Infrared)	105.343	13.515	.183**
BAND5	Reflectance Value of Band 5 (Middle Infrared)	142.076	26.714	.669**
BAND6	Reflectance Value of Band 6 (Thermal)	170.284	5.822	.536**
BAND7	Reflectance Value of Band 7 (Far Infrared)	79.767	20.180	.716**
PCA1	Principal Component 1	304.357	39.294	.735**
PCA2	Principal Component 2	0.995	15.744	-.648**
PCA3	Principal Component 3	1.624	18.655	-.647**
TAS1	TASSELED CAP1 (Brightness)	240.433	38.536	.703**
TAS2	TASSELED CAP2 (Greenness)	-24.409	21.498	-.705**
TAS3	TASSELED CAP3 (Wetness)	-29.963	11.977	-.549**

** در سطح 99% ($P < 0.001$) معنی دار

با توجه به اینکه تمامی 27 متغیر با EC، دارای همبستگی بودند لذا برای کم کردن و دسته بندی متغیرها، در قالب شاخص‌های مرتبط و همسان، تحلیل عاملی (Factor Analysis) انجام گرفت و شاخص‌ها در سه دسته (component) با در نظر گرفتن مقادیر ویژه (Eigenvalue) بالاتر از یک انتخاب شدند؛ و در گروه اول، با تعداد 11 شاخص شامل 5 شاخص پوشش گیاهی، باند 6 و 7، 2 شاخص انتقال طیفی 2 و 3 و در نهایت 2 شاخص NDSI و NDMI قرار گرفتند. دسته اول، 41% واریانس تغییرات EC را پوشش می‌داد. دسته دوم شامل 13 متغیر بود که باندهای ماهواره 1 تا 5، چهار شاخص شوری و روشنایی، سه شاخص مولفه اصلی و شاخص انتقال طیفی 1 در آن قرار گرفتند و 39% واریانس و تغییرات EC را پوشش داد؛ دسته سوم نیز، با حدود 3 درصد واریانس و سه شاخص انتقال طیفی 4، 5 و 6 به دلیل اهمیت کم و در صد پایین پوشش واریانس، از آنالیز حذف شدند. در نهایت، 24 متغیر دسته 1 و 2 از کل 27 متغیر در تحلیل‌های آماری مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج و بحث



نتایج ارائه شده در جدول 1 نشان می‌دهد که EC با باند 1 (0/76)، باند 2 (0/74)، مولفه اصلی 1 (0/73)، شاخص شوری 1 (0/73)، باند 3 (0/72)، باند 7 (0/71)، انتقال طیفی 2 (0/7)، انتقال طیفی 1 (0/7) بالاترین همبستگی و با باند 4 (0/18) کمترین همبستگی را نشان می‌دهد؛ همچنین شاخص‌های پوشش گیاهی با EC رابطه معکوس داشتند و کلیه متغیرها با EC در سطح 99% ارتباط معنی‌دار داشتند.

رابطه EC با متغیرهای دسته اول

با انجام رگرسیون گام به گام بین 11 متغیر مستقل دسته اول با EC به عنوان متغیر وابسته، 8 مدل دارای بهترین برازش برای برآورد میزان EC از روی متغیرهای ورودی بودند که بر اساس مقدار ضریب مجذور رگرسیون (هر چقدر بالا باشد مناسب‌تر) و درجه تورم واریانس (هر چه کوچک‌تر باشند، مناسب‌تر) یکی از هشت مدل، مناسب تشخیص داده شده و انتخاب گردید. مدل مناسب با دو پارامتر باند 7 و شاخص انتقال طیفی 3 (Tasseled cap3) دارای بیشترین ضریب مجذور رگرسیون و همبستگی به میزان 0/58 و درجه تورم واریانس 6/02، انتخاب شد؛ نقشه تولیدی می‌تواند تا حدود 58 درصد از تغییرات EC را در منطقه پیش‌بینی نماید.

$$EC = -14.55 + 0.476 * Band7 + 0.393 * Tasseled\ cap3$$

رابطه EC با متغیرهای دسته دوم

13 متغیر شامل 5 باند ماهواره (از یک تا پنج)، 5 شاخص‌های شوری و 3 مولفه اصلی بودند که میزان همبستگی آنها با EC مانند دسته اول بررسی گردید. بر اساس نتایج به دست آمده، مشخص شد که EC فقط با باند 1 و مولفه اصلی 2 از شاخص‌های دسته دوم، دارای ارتباط و رابطه معنی‌داری در سطح 99% می‌باشد؛ همچنین ضریب مجذور رگرسیون، 0/6 است که حدود 60% از تغییرات EC را می‌تواند پیش‌بینی نماید. نکته قابل توجه، وجود علامت منفی در مقدار ثابت (Interception) می‌باشد که حاکی از برآورد EC کمتر از حد واقعی آن می‌باشد.

$$EC = -31.66 + 0.376 * Band1 + 0.147 * PCA2$$

اعتبار سنجی

به منظور ارزیابی دقت و موفقیت مدل، اعتبار سنجی بر روی 52 نقطه دشت ایوانکی انجام گرفت؛ 2 مدل نهایی به دست آمده از دو دسته متغیر که باعث تولید دو نقشه EC شد. با نقاط دشت ایوانکی تلاقی داده شدند و نتیجه به صورت اطلاعات توصیفی، که حاوی 52 نقطه مشاهده‌ای EC و نقاط پیش‌بینی شده دو مدل بود، استخراج و برای بررسی میزان دقت مدل‌ها، در برآورد و اعتبار سنجی بکار برده شد. با استفاده از دو آماره MAE و RMSE، میزان خطای پیش‌بینی مشخص شد. مقادیر دو آماره برای هر دو مدل نشان داد که، مدل دسته دوم، مقادیر آماره کمتری نسبت به دسته اول دارد؛ بدین معنا که نقشه برآورد EC با استفاده از مدل 2 در حدود $\pm 0/49$ دسی‌زیمنس محاسبه می‌شود.

نتایج

برای تصمیم‌گیران و طراحی و پیشبرد طرح‌های کشاورزی، محیط زیستی و همچنین اطمینان از وجود امنیت غذایی، نقشه‌سازی و پایش پهنه و شدت شوری خاک ضروری به نظر می‌رسد. غالباً فرایند نقشه‌کردن مناطق تحت تاثیر شوری، که به شکل‌های مختلفی ظاهر می‌شود، مشکل‌است. اندازه‌گیری EC خاک با عملیات میدانی و آزمایشگاهی کاری زمان‌بر و پرهزینه می‌باشد. در این مطالعه، نشان داده شد که بین هدایت الکتریکی خاک با تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های مختلف آن، رابطه معنی‌داری وجود دارد. اطلاعات طیفی به دست آمده از داده‌های سنجش از دور، شاخص خوبی برای اندازه‌گیری EC خاک به شمار می‌روند. در بین این شاخص‌ها، باند 7 و 1 ماهواره رابطه خوبی با EC مشاهده‌ای داشته و می‌توانند در پیش‌بینی و برآورد آن استفاده شوند. در میان شاخص‌های استخراجی از



باند‌های ماهواره لندست، انتقال طیفی 3 و مولفه اصلی 2 دارای ارتباط زیادی با EC مشاهده ای بوده و می توانند در برآورد آن مورد استفاده قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مرکز تحقیقات کم آبی و خشکسالی کشاورزی و منابع طبیعی و همچنین زیر نظر اساتید محترم گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام گرفت. که بدین وسیله از زحمات آن بزرگواران سپاسگزاری می شود.

منابع

- Abbassi, H. (2009). Monitoring of soil and water characteristic in Garmsar Plain. R. I. o. F. a. Rengelands, Research Institute of Forests and Rengelands **82-0320417000-07**.
- Alavi Panah, S. K. (2000). "Investigation and evaluation of the use of the soil salinity.
- Brunner, P. H. T. L., W. Kinzelbach and W.P.LI (2007). "Generating soil electrical conductivity maps at regional level by integrating measurments on the ground and remote sensing data." International Journal of Remote Sensing **28**(15): 3341-3361.
- Darvishsefat , M. A. A. D., M. Jafari ,Gh. Zehtabian (1999). "Study on feasibility salt affected soil classification by Landsat Imagery." Journal of desert **5**(2.(
- Epstein, E., Norlyn, JD., Rush, DW., Kingsbury, RW., Kelly DB., Cunningham, GA., Wrona, AF., (1980). "Saline culture of crops: A genetic approach." Science: 210:399.
- Farshad, A. (2008). "Lecture notes on Salinization/Alkalinization; Monitoring and Evaluation." ITC publication.
- Ghabour, T. K. a. D. L" .(1993) .Mapping and Monitoring of soil salinity of ISSN." Egyptian Journal of soil science **33**(4): 355-370.
- Homaee, M. a. S. U. (2008). "Water integration by plants root under non-uniform soil salinity." Irrigation Science **27**: 83-95.
- khodadadi, M. F. S. M. A. H. R. A. A. N. a. A. H. (2010). "An Evaluation LiSS-III data Capability for Saline and Sodic Soil Mapping." Iranian Journal of Soil and Water Research. **41**,1.(
- Metternicht, G., Zinck, JA., (2003). "Remote sensing of soil salinity:Potentials and constraints. ." Remote Sensing of Environment **85**: 1-20.
- Momeni, A. (2007). LandUnit and Land resources map Preparation in Scale 1mil. Soil and water research Institute report.
- Sherestha, R. P. (2006). "RELATING SOIL ELECTRICAL CONDUCTIVITY TO REMOTE SENSING AND OTHER SOIL PROPERTIES FOR ASSESSING SOIL SALINITY in NORTHEAST THAILAND " land degradation & development **17**: 677-689