



محور مقاله: فیزیک خاک و رشد گیاه

استفاده از داده‌های طیفی در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک برای پیش‌بینی غلظت کل فسفر در خاک‌های جزیره هرمز

فاطمه عباس زاده<sup>۱\*</sup>، وحیدرضا جلالی<sup>۲</sup>، اعظم جعفری<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، شهید باهنر کرمان

<sup>۳</sup> استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، شهید باهنر کرمان

چکیده

طیف‌سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک روش سریع، ارزان و بدون تخریب برای محیط‌زیست می‌باشد. از آنجایی که فسفر یک عنصر ضروری برای رشد گیاهان است لذا هدف این پژوهش برآورد غلظت کل فسفر با استفاده از داده‌های طیفی در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک می‌باشد. همچنین تاثیر برخی روش‌های پیش‌پردازش بر مدل‌سازی نیز مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور ۵۸ نمونه خاک از سطح جزیره هرمز جمع‌آوری و غلظت کل فسفر با استفاده از روش هضم چهار اسید و با استفاده از دستگاه ICP-OES اندازه‌گیری شد. به منظور اندازه‌گیری داده‌های طیفی نمونه‌های خاک، از دستگاه اسپکترومتر زمینی (Field Spec 3, Analytical Spectral Device, ASD Inc) استفاده و بازتاب طیفی نمونه‌های سطحی در محدوده مرئی و مادون قرمز نزدیک به دست آمد. تاثیر برخی روش‌های پیش‌پردازش بر دقت مدل‌سازی مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی مقدار کل فسفر پیش‌بینی شد. بر طبق نتایج مقدار ضریب تبیین و ریشه میانگین مربعات خطا برای فسفر به ترتیب ۰/۶۲ و ۳/۰۸ می‌باشد، با توجه به مقدار RPD (۱/۳) مدل ساخته شده توانایی نسبتاً خوبی در برآورد مقدار کل فسفر در خاک‌های جزیره هرمز دارد. به طور کلی با توجه به نتایج می‌توان بیان کرد که روش طیف‌سنجی روشی آسان، با حداقل آماده‌سازی نمونه بوده که می‌تواند برای پیش‌بینی اجزای خاک با دقت قابل قبول استفاده شود.

کلمات کلیدی: داده‌های طیفی، رگرسیون حداقل مربعات جزئی، فسفر

مقدمه

از دیدگاه کشاورزی فسفر یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان می‌باشد که از دیده‌گاه زیست محیطی مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است (Meissner و همکاران ۲۰۰۸). به دلیل گردش فسفر بین اکوسیستم‌های آبی و خاکی، بررسی و مدیریت آن در خاک از اهمیت زیادی برخوردار است (Porder و همکاران ۲۰۰۷). از این‌رو استفاده از روش‌های غیرمخرب و سریع و ارزان که بتواند غلظت این عنصر را در خاک ثبت نماید از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. استفاده از روش‌های طیف‌سنجی در سال‌های اخیر توجهات زیادی را به خود جلب کرده است. این توجه به دلیل سریع، ارزان و غیرمخرب بودن این روش برای محیط زیست می‌باشد (Guerrero و همکاران ۲۰۱۰). از طرفی با توسعه تکنیک‌های داده‌کاوی و آمار چند-متغیره، کاربرد این روش در علوم خاک و کشاورزی افزایش یافته است. از روش طیف‌سنجی برای برآورد بسیاری از ویژگی‌های خاک استفاده شده است. بابائیان و همکاران (۱۳۹۲) از توابع انتقالی طیفی در گستره مرئی و مادون قرمز نزدیک برای برآورد نگهداشت آب در خاک استفاده کرده و نشان دادند که توابع انتقالی طیفی می‌توانند به عنوان یکی از روش‌های غیر مستقیم برای مطالعه وضعیت نگهداشت آب در خاک به ویژه در مکش‌های بالاتر مورد استفاده قرار گیرند. محمدی‌منور و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از روش طیف‌سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک به تشخیص خاک به آلودگی به کادمیوم و سرب با مدل رگرسیونی و شبکه عصبی پرداختند و نشان دادند که شبکه عصبی بازگشتی و طیف‌سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک برای پیش‌بینی میزان کادمیوم و سرب موجود در خاک سطحی مناسب می‌باشند. Niederberger و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از اسپکتروسکوپی مادون قرمز نزدیک به ارزیابی اجزای فسفر در گیاهان مختلف در خاک‌های جنگلی پرداختند. نتایج آن‌ها حاکی از مقدار ۰/۸ برای ضریب تبیین کالیبراسیون بود و

\* ایمیل نویسنده مسئول: abbaszade.8898@yahoo.com

همچنین بیان داشتند که پیش‌بینی اجزای فسفر با اسپکتروسکوپی مادون‌قرمز نزدیک می‌تواند شاخه‌ای جایگزین برای روش‌های معمولی باشد در صورتیکه مدل‌ها برای مجموعه‌ای از خاک‌ها با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مشابه استفاده شوند. انتخاب روش پیش‌پردازش مناسب برای داده‌های طیفی در افزایش دقت مدل‌های رگرسیونی برای پیش‌بینی خصوصیات مد نظر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. جمشیدی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی اثر پیش‌پردازش‌های مختلف طیفی بر ارزیابی غیر مخرب کیفیت پرتقال با اسپکتروفتومتری فرسوخ نزدیک پرداختند. آنان نشان دادند که اسپکتروسکوپی مادون‌قرمز نزدیک بازتابی، در ترکیب با روش‌های شیمی‌سنجی، توانایی پیش‌بینی غیر مخرب مواد جامد حل‌شدنی و اسیدیته قابل‌تیتراژ را دارد. همچنین، با بیان اینکه روش‌های پیش‌پردازش اثر مستقیم بر نتایج مدل‌های رگرسیون حداقل مربعات جزئی تدوین شده برای پیش‌بینی پارامترهای مورد نظر داشتند، اهمیت روش‌های پیش‌پردازش را بیان کردند. هدف از این مطالعه استفاده از داده‌های طیفی در محدوده مرئی و مادون‌قرمز نزدیک برای پیش‌بینی غلظت کل فسفر و ارزیابی روش‌های مختلف پیش‌پردازش بر دقت مدل‌سازی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

جزیره هرمز با ۴۱/۹ کیلومتر مربع وسعت در فاصله ۱۸ کیلومتری جنوب غربی بندرعباس در آب‌های خلیج فارس واقع شده است. این جزیره از نظر تقسیمات سیاسی استان جزء شهرستان قشم می‌باشد. آب و هوای هرمز از بندرعباس ملایم‌تر است. میزان بارندگی آن بین ۳۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر در نوسان بوده و میزان رطوبت نسبی جزیره بین ۳۰ تا ۱۰۰ درصد می‌باشد. سطح جزیره هرمز را طبقات رسوبی و آتشفشانی تشکیل داده و طبقات نمکی به صورت تپه‌های نمکی، قسمت اعظم جزیره را پوشانده که اکثراً نمک طعام می‌باشد.

### نمونه‌برداری و اندازه‌گیری بازتاب طیفی نمونه‌های خاک

تعداد ۵۸ نمونه خاک از سطح جزیره هرمز جمع‌آوری شد. سیستم نمونه‌برداری به صورت هدفمند انتخاب شد. نمونه‌ها پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند و مقدار کل غلظت فسفر در نمونه‌های خاک با استفاده از روش هضم چهار اسید به وسیله دستگاه ICP-OES<sup>۱</sup> اندازه‌گیری شد. پراکنش نقاط اندازه‌گیری شده در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- پراکنش نقاط نمونه‌برداری در خاک‌های جزیره هرمز

به منظور اندازه‌گیری بازتاب نمونه‌های خاک، از دستگاه اسپکترومتر زمینی (FieldSpec@3, ASD, FR, USA)، استفاده شد. نمونه‌های خاک هوا خشک، از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شده و طیف آن‌ها در دامنه مرئی و مادون‌قرمز نزدیک با روش‌های استاندارد و در تاریخ‌خانه اندازه‌گیری شد.

<sup>۱</sup>. Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometers



میانگین طیف هر یک از نمونه‌های خاک با نرم افزار View Spec Pro Version 6.0 محاسبه و در تجزیه و تحلیل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای از بین بردن و یا کم کردن نویز طیف‌ها، از انواع روش‌های پیش‌پردازش شامل فیلتر میانه، فیلتر ساویتزکی (savitzky) و گلائی (Golay)، نرمال‌سازی بر اساس میانگین، متغیر نرمال استاندارد (SNV)، تصحیح پخشیده چندگانه (MSC)، مشتق اول استفاده و از روش رگرسیون حداقل مربعات (PLSR)، برای پیش‌بینی پارامتر مورد نظر استفاده شد. برای این منظور به طور تصادفی نمونه‌های خاک به دو گروه کالیبراسیون و اعتبارسنجی تقسیم شدند. در نهایت بهترین مدل برازش داده شده بر اساس حداقل ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی (RMSEP<sup>2</sup>) معرفی شد (Esbensen, 2006). به علاوه پیش‌بینی مقدار پارامتر مورد نظر برای گروه اعتبارسنجی انجام شده و دقت مدل با استفاده از آماره‌های  $R^2$ ، RMSE و RPD<sup>3</sup> مورد ارزیابی قرار گرفت. مراحل توصیف‌های آماری متغیرها، پیش‌پردازش طیف‌ها و مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار ParLeS version 3.1 انجام شد.

### نتایج و بحث

توصیف آماری عنصر فسفر در دو گروه کالیبراسیون و اعتبارسنجی در جدول (۱) نشان داده شده است. بر اساس داده‌های جدول میانگین مقدار فسفر در گروه کالیبراسیون ۲۰/۶۶ است در حالی که در گروه اعتبارسنجی برابر ۱۷/۱۶ پی‌پی‌ام می‌باشد. آماره انحراف از میانگین در داده‌های کالیبراسیون ۵/۸۹ و در داده‌های اعتبارسنجی ۴/۲۶ می‌باشد که بیانگر این است که داده‌های اعتبارسنجی به خوبی می‌توانند نماینده مجموعه داده باشند.

جدول (۱) توصیف آماری ویژگی‌های خاک در دو گروه کالیبراسیون و اعتبارسنجی

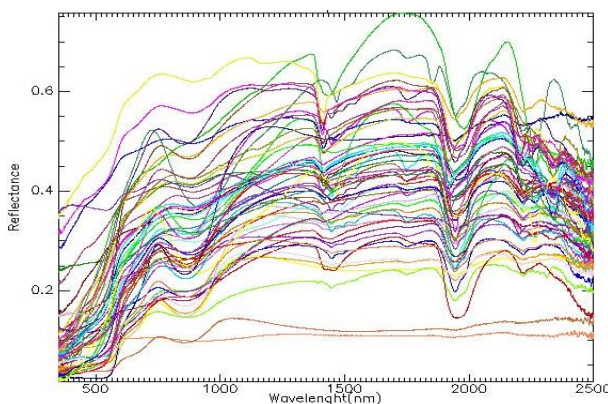
اعتبارسنجی		کالیبراسیون						
متغیر	حداقل (پی‌پی‌ام)	حداکثر (پی‌پی‌ام)	میانگین	انحراف معیار	حداقل (پی‌پی‌ام)	حداکثر (پی‌پی‌ام)	میانگین	انحراف معیار
فسفر	۱۰/۸۶	۳۴/۵۱	۲۰/۶۶	۵/۸۹	۷/۴۲	۲۴/۱۲	۱۷/۱۶	۴/۲۶

### ویژگی‌های طیفی خاک

طیف خام نمونه‌های خاک در شکل (۱) نشان داده شده است. همانطور که از شکل برمی‌آید در طول موج‌های ۱۴۰۰، ۱۹۰۰ و ۲۲۰۰ نانومتر می‌توان ویژگی‌های جذبی آب و رس را مشاهده کرد. به علت فرکانس ارتعاشات پایه مولکول آب در طول موج‌های ۱۴۰۰ و ۱۹۰۰ نانومتر ویژگی‌های جذبی آب (Hunt, 1977) و به دلیل جذب نور توسط کانی‌های خاک (Farmer and Russell, 1964)، در طول موج ۲۲۰۰ نانومتر ویژگی‌های جذبی رس مشاهده می‌شود.

<sup>2</sup> Root Mean Square Error of Prediction

<sup>3</sup> Ratio Performance Deviation



شکل ۲- طیف خام نمونه‌های خاک جزیره هرمز

#### اثر پیش‌پردازش و پیش‌بینی غلظت کل فسفر

جدول (۲) اثر برخی از روش‌های مختلف پیش‌پردازش بر مقادیر آماره‌های اعتبارسنجی روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) در پیش‌بینی غلظت کل فسفر را نشان می‌دهد. با توجه به جدول، زمانی که هیچ پیش‌پردازی بر روی طیف‌ها صورت نگیرد کم‌ترین میزان  $R^2$  (۰/۰۷) و بیش‌ترین میزان خطا بر اساس آماره RMSE (۵/۰۵) را خواهیم داشت. با انجام پیش‌پردازش بر روی نمونه‌ها مقدار ضریب تبیین و RPD افزایش و از میزان خطا کاسته می‌شود. بررسی نتایج نشان داد که روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی، زمانی که از روش پیش‌پردازش متغیر نرمال استاندارد همراه با موجک، فیلتر میانی و مشتق اول استفاده می‌کند، می‌تواند برآورد نسبتاً خوبی از غلظت فسفر کل داشته باشد (  $R^2=0.62$ ,  $RMSE=3.08$  ). از میان روش‌های پیش‌پردازش روش SNV with detrending، فیلتر میانه و مشتق اول با داشتن کم‌ترین میزان ضریب تبیین (۰/۱۶) و بیش‌ترین میزان خطا (۱۰/۳۱) به عنوان نامناسب‌ترین روش پیش‌پردازش شناخته شد. Gras و همکاران (۲۰۱۴) در بخشی از مطالعات خود که با استفاده از طیف‌سنجی مرئی و مادون قرمز نزدیک به پیش‌بینی برخی از ویژگی‌های خاک می‌پرداخت از ۴۸ روش پیش‌پردازش به صورت ترکیبی و منفرد استفاده و بیان کردند که بهترین دقت مدل‌سازی برای مقدار فسفر و نیتروژن کل D- Trending و SNV بودند. نتایج Malley و همکاران (۱۹۹۱) برای تخمین مقدار فسفر خاک با استفاده از طیف‌سنجی مرئی و مادون قرمز نشان داد که تطابق بالایی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده وجود دارد به طوری که ضریب تبیین برابر با ۰/۹ را گزارش کردند.

جدول (۲) تاثیر برخی از روش‌های مختلف پیش‌پردازش طیفی بر دقت مدل‌سازی به روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی در غلظت کل فسفر

Preprocessing	R <sup>2</sup>	RMSE	RPD
Without preprocessing	0.07	5.05	0.84
MSC, Median filter, 1st Derivative	0.65	3.18	1.34
SNV with wavelet, Median filter, 1st Derivative	0.62	3.08	1.38
SNV, Savitzky- Golay filter, 1st Derivative	0.51	3.78	1.12
SNV with wavelet, wavelet filter, 1st Derivative	0.47	3.31	1.28
SNV with wavelet, Savitzky- Golay, 1st Derivative	0.38	4.05	1.05
SNV with detrending, Median filter, 1st Derivative	0.16	10.30	0.41



### نتیجه گیری

این تحقیق به منظور برآورد غلظت فسفر کل در خاک‌های جزیره هرمز و تاثیر روش‌های مختلف پیش‌پردازش بر دقت مدل‌سازی با استفاده از روش رگرسیون حداقل مربعات جزئی انجام شد. داده‌های طیفی به دست آمده از نرم‌افزار View Spec میانگین‌گیری و مقادیر بازتاب به جذب تبدیل شدند. برخی از روش‌های پیش‌پردازش بر روی داده‌ها انجام تا دقت مدل‌سازی سنجیده شود. در روش‌های پیش‌پردازش از مشتق دوم به دلیل ایجاد نویز استفاده نشد. با توجه به نتایج به دست آمده مقدار ضریب تبیین برای فسفر ۰/۶۲ با مقدار خطا ۳/۰۸ به دست آمد که نشان دهنده دقت نسبتاً خوب روش PLSR برای برآورد غلظت فسفر کل خاک‌های جزیره هرمز است. بنابراین با توجه به نتایج فوق می‌توان دریافت که روش طیف‌سنجی مرئی -مادون قرمز نزدیک یک روش سریع و غیر مخرب بوده و با کمترین ضرر و تخریب برای محیط زیست، می‌تواند بسیاری از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها را با دقت قابل قبولی پیش‌بینی کند.

### منابع

- بابائیان، ا.، م. همایی و ع. نوروزی، ۱۳۹۲. اشتقاق و اعتبارسنجی توابع انتقالی طیفی نقطه‌ای در گسترده VIS-NIR-SWIR به منظور تخمین نگهداشت آب در خاک. نشریه حفاظت آب و خاک، ۲(۳): ۲۸-۴۰.
- جمشیدی، ب.، س. مینایی، ع. مهاجرانی و ج. قاسمیان. ۱۳۹۳. بررسی اثر روش‌های پیش‌پردازش‌های مختلف طیفی بر ارزیابی غیرمخرب کیفیت پرتقال با اسپکتروفتومتری فروسرخ نزدیک (NIRS). مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ۱۵(۲): ۲۷-۴۴.
- محمدی‌منور، ح و باقرپور، ح. ۱۳۹۶. کاربرد روش طیف‌سنجی مرئی و فروسرخ نزدیک در تشخیص آلودگی خاک به کادمیوم و سرب با مدل‌سازی رگرسیونی و شبکه عصبی. مجله مهندسی بیوسیستم ایران. ۱: ۳۷-۴۳.
- Esbensen, K. H. 2006. Multivariate Data Analysis. CAMO Software AS. 5th Edition. 589 Pages.
- Farmer, V. C. and Russell, J. D. 1964. The infrared spectra of layer silicates. Spectrochimica Acta, 20, 1149-1173.
- Gras, J. P.; Barthes, B. G; Mahaut, B. and Trupin, S. 2014. Best practices for obtaining and processing field visible and near infrared (VNIR) spectra of topsoils. Geoderma, 215,126-134.
- Guerrero, C., Viscarra Rossel, R. A. and Mouazen, A. M. 2010. Diffuse reflectance spectroscopy in soil science and land resource assessment. Geoderma, 158, 1-2.
- Hunt, G. R. 1977. Spectral signatures of particulate minerals in visible and near-infrared. Geophysics, 42, 501-513.
- Malley, D.F., Yesmin, L., Wary, D and Edward, s. 1999. Application of near-infrared spectroscopy in analysis of soil mineral nutrients. Communications in Soil Science and Plant Analysis Journal, 30, 7-8.
- Meissner, R., Leinweber, P., Rupp H., Shenker, M. Litaor, M.I., Robinson, S., Schlichting, A. and J. Koehn. 2008. Mitigation of diffuse phosphorus pollution during rewetting of fen peat soils: a Trans-European case study. Water, Air, and Soil Pollution, 188, 111-126.
- Niederberger, J., Todt, B., Boca, A., Nitschke, R., Kohler, M., Kuhn, P and Bauhus, J. 2015. Use of near- infrared spectroscopy to assess phosphorus fractions of different plant availability in forest soils. Biogeosciences journal, 12, 3415-3428.
- Porder, S., Vitousek, P.M., Chadwick, O.A., Chamberlain, C.P. and Hilley, G.E. 2007. Uplift, erosion, and phosphorus limitation in terrestrial ecosystems, Ecosystems, 10,158-170.



# 16<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



Topic for submission: Soil Physics and Plant Growth

## Using spectral data in Vis-NIR spectroscopy rang to predict total phosphorus concentration in Hormuz island soils.

Abbaszadeh<sup>\*1</sup>, F., Jalali<sup>2</sup>, V.R., Jafari, A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ph.D. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture Shahid Bahounar University of Kerman, Iran

<sup>2</sup> Associate Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Shahid Bahounar University of Kerman, Iran

<sup>3</sup> Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture Shahid Bahounar University of Kerman, Iran

### Abstract

Spectroscopy in the visible and near infrared, (Vis-NIR) range has been widely used as a rapid, cost-effective and nondestructive technique. Phosphorus element is an essential ingredient for plant growth, then the objective of this study was to estimate total phosphorus concentration, using spectral reflectance (Vis- NIR). The effect of preprocessing method on modeling was investigated too. For this purpose, 58 soil samples were collected from Hormuz Island and the total concentration of phosphorus was measured by using four acid digestion procedure and inductively coupled plasma instrument (ICP-OES). Spectral analysis of the soil in 250-3500nm spectral range was performed using spectrometer. After spectra preprocessing, the prediction of this parameter using partial least squares regression (PLSR) was conducted. According to result, R<sup>2</sup> and RMSE for phosphorus were 0.62 and 3.08 respectively. The RPD (=1.3) showed, the model has a relatively good ability to estimate the total amount of phosphorus in the Hormuz island soils. Overall, our findings suggested that spectroscopy can considered as an easy method with minimum sample preparation which can be used in soil properties prediction with acceptable accuracy

**Keywords:** Partial least squares regression, phosphorus Spectral data

---

\* Corresponding author, Email: Abbaszade.8898@yahoo.com