



علوم محیطی

علوم محیطی سال ششم، شماره دوم، زمستان ۱۳۸۷
ENVIRONMENTAL SCIENCES Vol.6, No.2, Winter 2009

۶۵-۷۶

بررسی توزیع مکانی کادمیوم و تعیین پوشش گیاهی در معرض خطر در منطقه مرکزی ایران واقع در استان اصفهان با استفاده از GIS و RS

علی اکبر متکان*، آزاده کاظمی، محمدرضاگیلی، داود عاشورلو

گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

Using RS and GIS for Considering Cadmium Distribution and Polluted Vegetation in Esfahan Province

Ali Akbar Matkan*, Azadeh Kazemi,
Mohammad Reza Gilly, Davod Ashourloo
Department of Remote Sensing and GIS, Faculty
of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, G.C.

Abstract

In order to estimate different parameters such as heavy metals that existing in soil, changing point information to area are being used. In this case, different methods are existing. In this study, we used the Ordinary Kriging method for estimating amount of cadmium in soil the Esfahan province. Then map for estimating spatial distribution of the total cadmium with use of GIS ability, it was classified for recognition of the polluted regions with the cadmium. Variance analysis test shown that land use is significant effect on total cadmium existed in soil. As, in urban and industry uses, mean of these heavy metals were much than their mean in the other uses. This explains that human activities are the most important factor for increase amount of heavy metals exists in soil. Examination results of total cadmium description statistics and compare those with suggested value by the other countries shown that soil of this region is contains pollution for purpose of cadmium quantity. With use of ETM⁺ sensor and spectral unmixing techniques, vegetation covering of region was extracted and up to date. Amount of pollution expansion distinguished in different regions of vegetation covering with fitness to map of pollution soil and vegetation covering.

Keywords: soil pollution, total Cadmium, vireo gram, LSU, pollution map

چکیده

در مطالعات به روش سنتی و بررسی های خاکشناسی برای اندازه گیری و تخمین پارامترهای مختلف خاک از قبیل فلزات سنگین موجود در خاک، تبدیل اطلاعات نقطه ای به سطح، امری اجتناب ناپذیر است. اما امروزه بکارگیری تکنیکهای GIS که از جمله آنها، روشهای درون یابی می باشد. در تحقیق حاضر از روش Ordinary Kriging، برای برآورد مقدار کادمیوم موجود در خاک های منطقه مرکزی ایران واقع در استان اصفهان استفاده شد. سپس با استفاده از قابلیت های GIS نقشه تخمین توزیع مکانی کادمیوم کل در ناحیه مورد مطالعه ترسیم و جهت تعیین مناطق آلوده از نظر میزان کادمیوم، طبقه بندی شد. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که کاربری تأثیر مهمی بر روی کادمیوم کل موجود در خاک دارد. بطوریکه در کاربری شهری و صنعتی، میانگین این فلز سنگین به طور معنی داری بیشتر از میانگینش در سایر کاربریها بود. این امر مؤید این مطلب است که فعالیتهای انسانی به عنوان عمده ترین عامل افزایش دهنده فلزات سنگین موجود در خاک می باشد. بررسی نتایج آمار توصیفی کادمیوم کل و مقایسه آن با مقادیر پیشنهادی استاندارد های مجاز دیگر نشان داد که خاک منطقه از لحاظ مقدار کادمیوم موجود در آن دارای آلودگی غیر مجاز است. با استفاده از تصویر سنجنده ETM⁺ و بهره گیری از تکنیک بسیار برجسته Spectral unmixing پوشش گیاهی منطقه به روز و استخراج گردید و با انطباق نقشه آلودگی خاک و پوشش گیاهی میزان گسترش آلودگی در مناطق مختلف پوشش گیاهی مشخص گردید.

کلمات کلیدی: آلودگی خاک، کادمیوم کل، آنالیز واریوگرام، LSU، نقشه آلودگی

* Corresponding author. E-mail Address: a-matkan@sbu.ac.ir

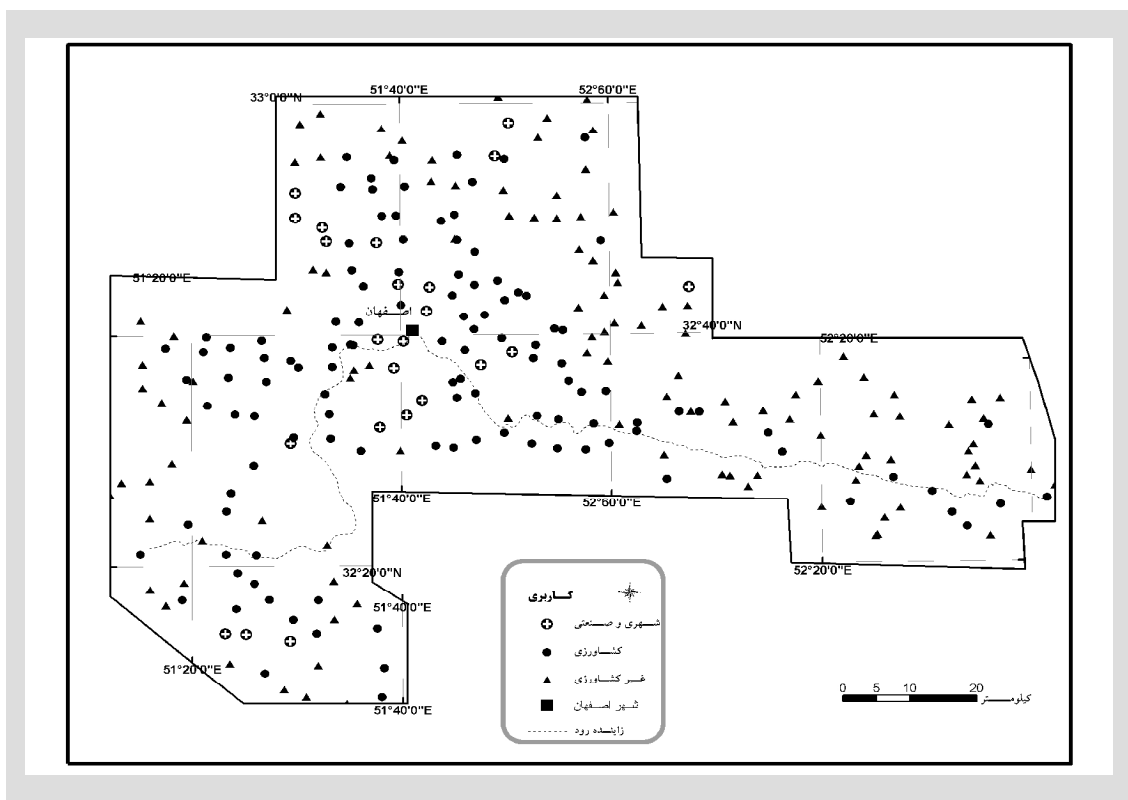
مقدمه

امروزه اهمیت GIS¹ و RS² در مطالعات خاک شناسی کاملاً آشکار است. بطوریکه با استفاده از روشهای GIS می توان میزان فلزات سنگین موجود در خاک را به بهترین شکل ممکن به تصویر کشید و با استفاده از RS می توان به الگوسازی و مدیریت بهینه منابع آب و خاک در ارتباط با آلودگی حاصل از فلزات سنگین پرداخت. در سال (Goovaerts, 2001) بیان کرد ارزیابی میزان فلزات سنگین موجود در خاک و به تصویر کشیدن آن در جوامع امروزی به عنوان امری غیر ضروری انگاشته شده است در حالی که برای مدیریت منابع آب و خاک و همچنین برنامه ریزی های آتی باید در نظر گرفته شود. کادمیوم فلزی بسیار سمی و سرطانزا و یکی از مهمترین آلاینده های خاک بوده که از طرق مختلفی نظیر فرونشت جوی، فعالیت های کشاورزی و صنعتی وارد خاک شده، تجمع آن باعث کاهش کیفیت و کارکرد مطلوب خاک

می شود (ملکوتی، ۱۳۸۳). این فلز سنگین به آسانی در آب حل شده و نهایتاً توسط گیاهان جذب و منجر به آلودگی زنجیره غذایی خواهد شد. (Tiller et al., 1999). با توجه به اهمیت منطقه مرکزی ایران واقع در استان اصفهان از نظر تجمع فعالیت های صنعتی و کشاورزی و نیز مقدار کادمیوم کل به عنوان یکی از عوامل کنترل کننده کادمیوم قابل جذب برای گیاهان، تحقیق حاضر با هدف تعیین توزیع مکانی مقدار کادمیوم کل و رابطه آن با کاربری و نوع خاک منطقه مورد مطالعه و پوشش گیاهی در معرض خطر با استفاده از تکنیک های GIS، Geostatistic و RS انجام پذیرفت. قابل ذکر است که این عنصر از عناصر سمی و سرطانزا می باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحتی در حدود ۷۹۸۰ کیلومتر مربع بین طول جغرافیایی ۱۱° و ۶° و ۱۴° و ۹° و ۵۱° عرض جغرافیایی ۱۰° و ۱۰° تا ۲۸° و ۵۳°



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و موقعیت نقاط نمونه برداری

Z است (شفیعی، ۱۳۷۶).

مواد و روشها

نمونه برداری

روش نمونه برداری بر اساس روش سیستماتیک - تصادفی توسط سازمان محیط زیست اصفهان انجام گرفت. ابتدا منطقه به شبکه‌های 20×20 کیلومتر طبقه بندی و هر شبکه خود به شبکه‌های 5×5 کیلومتر تقسیم گردید. در کار میدانی از داخل هر یک از شبکه‌های ۵ کیلومتری با دستگاه GPS یک نقطه به تصادف انتخاب و نمونه برداری شد. غلظت کل کادمیوم موجود در عصاره نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی^۳ قرائت شد.

آنالیز آماری

پس از جمع آوری اطلاعات مورد نیاز، چون توزیع نمونه‌ها در روش Kriging بسیار مهم بود در ابتدا با به کار بردن روشهای آمار کلاسیک و استفاده از آماره کلموگروف - اسمیرونوف به بررسی توزیع داده‌ها پرداخته شد. به دلیل عدم تطابق توزیع کادمیوم کل با توزیع نرمال، با استفاده از یک تبدیل مناسب به نرمال کردن توزیع نمونه‌ها پرداخته شد و درونیابی بر روی داده‌های تبدیل یافته انجام گرفت. سپس بر روی خروجی به دست آمده تبدیل معکوس اعمال گردید. تمامی عملیات بالا در نرم افزارهای آمار کلاسیک مانند SPSS، Minitab، Excel و نرم افزارهای زمین آمار مانند GS+ و Geostatistica Extensions در ARCGIS انجام پذیرفت.

آنالیز مکانی

برای بررسی توزیع مکانی کادمیوم کل، در ابتدا و با استفاده از آنالیز واریوگرافی به بررسی همبستگی مکانی کادمیوم پرداخته پس از به دست آوردن پارامترهای لازم، از روش کریگینگ معمولی (Ordinary Kriging)

۱۹' و ۸۲' واقع در منطقه مرکزی استان اصفهان و در اطراف رودخانه زاینده رود که از شرق به غرب جریان دارد، قرار گرفته است. وزش بادهای غالب در منطقه اصفهان در طول سال اکثراً از جهت غرب به شرق صورت می گیرد (بحرائی، ۱۳۷۹). تنها در تابستان دارای جهت شرقی یا شمال شرقی می باشد که این مسئله بخصوص در مرداد ماه بیشتر مشهود است. عبور بادهای غالب از فضای بالای کارخانجات و واحدهای صنعتی غرب اصفهان موجب انتشار آلودگی به بخش پایین اصفهان می شود. خاکهای منطقه اردیسولهای وابسته به گروههای متفاوتی از قبیل کلسیاریجدها، هاپلو کامپیدها، هاپلو جیسیدها و هاپلو سالیدها می باشند. گندم، جو، برنج و علوفه محصولات اصلی کشاورزی منطقه را تشکیل می دهند. لایه زمین شناسی منطقه عمدتاً شامل تراسهای رسوبی عهد حاضر، نهشته‌های آبرفتی عهد حاضر و تراسهای رسوبی غیر قابل تفکیک (از لحاظ سنی) می باشند. در قسمت‌های جنوب و جنوب غربی منطقه آهکهای خاکستری کرتاسه پائینی شامل صدف اوریتولین و شیل‌های ژوراسیک شامل صدف آمونیت قرار دارند. (Amini et al., 2004).

به طور کلی حدود ۹۰ درصد از استان اصفهان در منطقه ژئوتپانیک ایران تورانی قرار گرفته است و منطقه مورد مطالعه عمدتاً شامل جلگه مرکزی اصفهان می باشد که در واقع ترکیبی از دشتها و جلگه های رسوبی بوده و از حاصلخیزترین دشتها و جلگه های فلات مرکزی ایران محسوب می شود. شرایط خاص طبیعی در رشته کوههای زاگرس و مرکزی با برفگیری باعث شکل گیری مراتع و یکی از قطبهای اصلی دامداری و کشاورزی در فلات مرکزی ایران شده است. مراتع منطقه مورد مطالعه عبارتند از: مراتع متوسط با کلاسهای H, N, L, M, T که توسط سازمان برنامه و بودجه تعریف شده است. و در هر کدام از این کلاسها نوع گونه مرتعی و ظرفیت چرای دام مشخص شده و مراتع ضعیف منطقه شامل کلاس P و

برای تعیین توزیع مکانی کادمیوم کل استفاده گردید که معادلات آن به شرح ذیل است:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad 1$$

که در آن:

$$Z^*(x_0) = \text{مقدار تخمین کمیت در نقطه مجهول } x_0$$

$$\lambda_i = \text{وزن یا اهمیت نمونه } i \text{ ام}$$

$$Z(x_i) = \text{مقدار کمیت در نمونه } i \text{ ام}$$

از آنجا که تخمین گر کریجینگ بهترین تخمینگر نارایب است باید عاری از خطای سیستماتیک بوده همچنین واریانس تخمین آن حداقل باشد؛ یعنی:

$$E[Z^*(x_0) - Z(x_0)] = 0 \quad 2$$

$$\text{var}[Z^*(x_0) - Z(x_0)] = \min \quad 3$$

بنابراین:

$$\min \gamma_E^2 = \bar{C}(x_0, x_0) - 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \bar{C}(x_0, x_i) \quad 4$$

$$1 - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \bar{C}(x_i, x_j) \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

که در رابطه بالا، \bar{C} کواریانس می باشد. این بهینه سازی از طریق روش ضرایب لاگرانژ انجام شده و معادلات کریجینگ به صورت زیر حاصل می گردد:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \bar{C}_{ij} - \mu = \bar{C}_{0j} \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases} \quad 5$$

به روزرسانی و تهیه نقشه پوشش گیاهی در معرض آلودگی

با انتخاب زمان مناسب از تصویر ماهواره ای و قابلیت های پردازش تصویر با انتخاب الگوریتم مناسب اقدام به بهنگام سازی نقشه پوشش گیاهی شد. تصاویر ماهواره ای منطقه پس از موزائیک، تصحیحات هندسی و اتمسفری با روش Actor با الگوریتم طیفی LSU مورد ارزیابی قرار

گرفت و سپس بهینه سازی نقشه پوشش گیاهی منطقه با استفاده از نقشه هائی که در سال ۱۳۷۶ توسط اداره کل منابع طبیعی اصفهان ترسیم شده بود، با دقت بالاتری انجام شد.

الگوریتم LSU

Linear Spectral Unmixing: برای تخمین فراوانی مواد در داخل هر پیکسل در یک تصویر چندطیفی به صورت عمومی استفاده می شود. برای درک Unmixing فهم Mixing ساده ترین راه است. Mixing هنگامیکه مواد با خواص طیفی متفاوت در داخل یک پیکسل از تصویر باشند، اتفاق می افتد (Landgrebe, 2002).

در طول موج λ معادله خطی Mixing به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} R(\lambda, i) * f(i) + \dots + R(\lambda, m) * f(m) &= S(\lambda) \end{aligned} \quad (6)$$

$R(\lambda, i)$ پاسخ طیفی برای i endmember طول موج λ است. $f(i)$: فراوانی endmember - i: در پیکسل مخلوط - $S(\lambda)$: واکنش طیفی پیکسل مخلوط - m: تعداد endmember.

اما در طول موجهای متفاوت این معادله به صورت زیر ارائه می شود:

$$R * F = S \quad (7)$$

$$\begin{pmatrix} R(\lambda_1, 1) & R(\lambda_1, 2) & R(\lambda_1, m) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ R(\lambda_n, 1) & R(\lambda_n, 2) & R(\lambda_n, m) \end{pmatrix} \quad (8)$$

R: ماتریس endmember ها - n: تعداد طول موجهای حاضر در ماتریس تصویر می باشد.

برای تخمین کسر فراوانی ریشه دوم خطاهای ناشناخته ماتریس MIX را معکوس نموده و در طیف مشاهده شده ضرب می گردد و این مجموعه می تواند در راه حل مسئله قرار داده شود به منظور دادن کسر مثبت

که جمع می شود با واحد در روش دوم از داده‌های طیفی خود تصویر استفاده می شود تا EM های Mix حاصل شوند ابعاد اصلی داده‌های اندازه گیری شده از یک پروسه استفاده می شود.

نتایج

توزیع داده ها

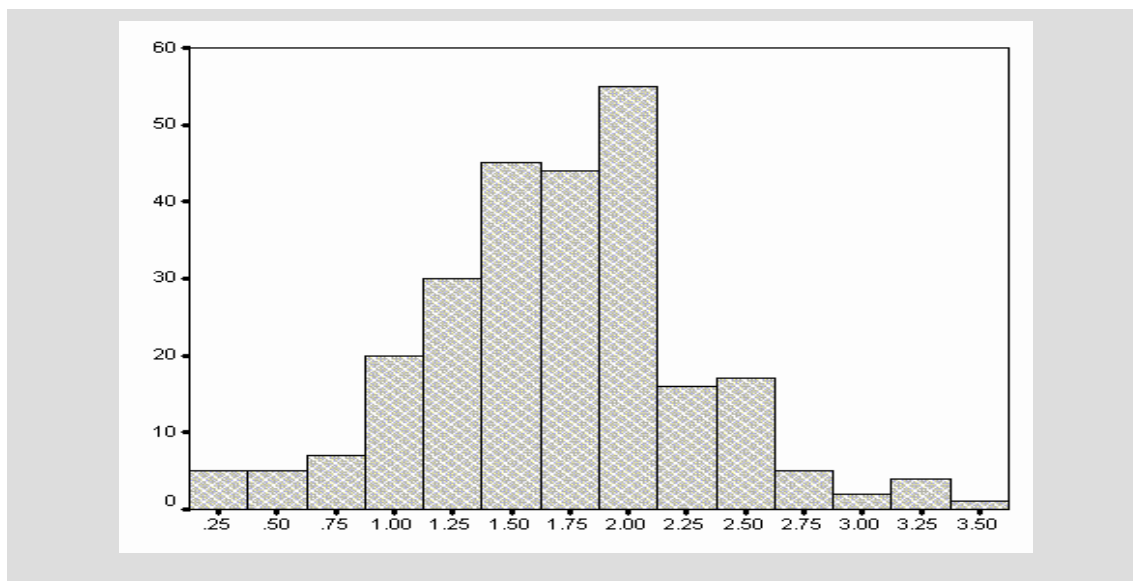
خلاصه‌ای از آمار توصیفی مربوط به غلظت کادمیوم در

جدول (۱) ارائه شده است. شکل (۲) و جدول (۱) نشان می دهد که غلظت کادمیوم در خاکهای منطقه اصفهان دارای توزیع نرمال نمی باشد. برای تبدیل به توزیع نرمال از کاکس - باکس با $\lambda = 0/86$ استفاده شد. جدول (۲) نشان می دهد که غلظت کادمیوم کل تبدیل شده با استفاده از کاکس - باکس در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای توزیع نرمال می باشد.

جدول ۱- مشخصات آماری غلظت کادمیوم کل در خاکهای منطقه مرکزی اصفهان

تعداد نمونه	میانگین	انحراف معیار	دامنه	حداکثر	حداقل	چولگی	برجستگی	آزمایش اسمیرنوف
۲۵۶	۱/۰۷۲	۰/۵۶۷	۳/۴	۳/۶	۰/۲	۱/۴۶	۰/۸۲۹	۱/۴۱۶

هیستوگرام کادمیوم به صورت زیر است:



شکل ۲- توزیع غلظت کادمیوم در خاکهای منطقه مرکزی اصفهان

جدول ۲- مشخصات آماری غلظت کادمیوم کل تبدیل شده با استفاده از کاکس - باکس

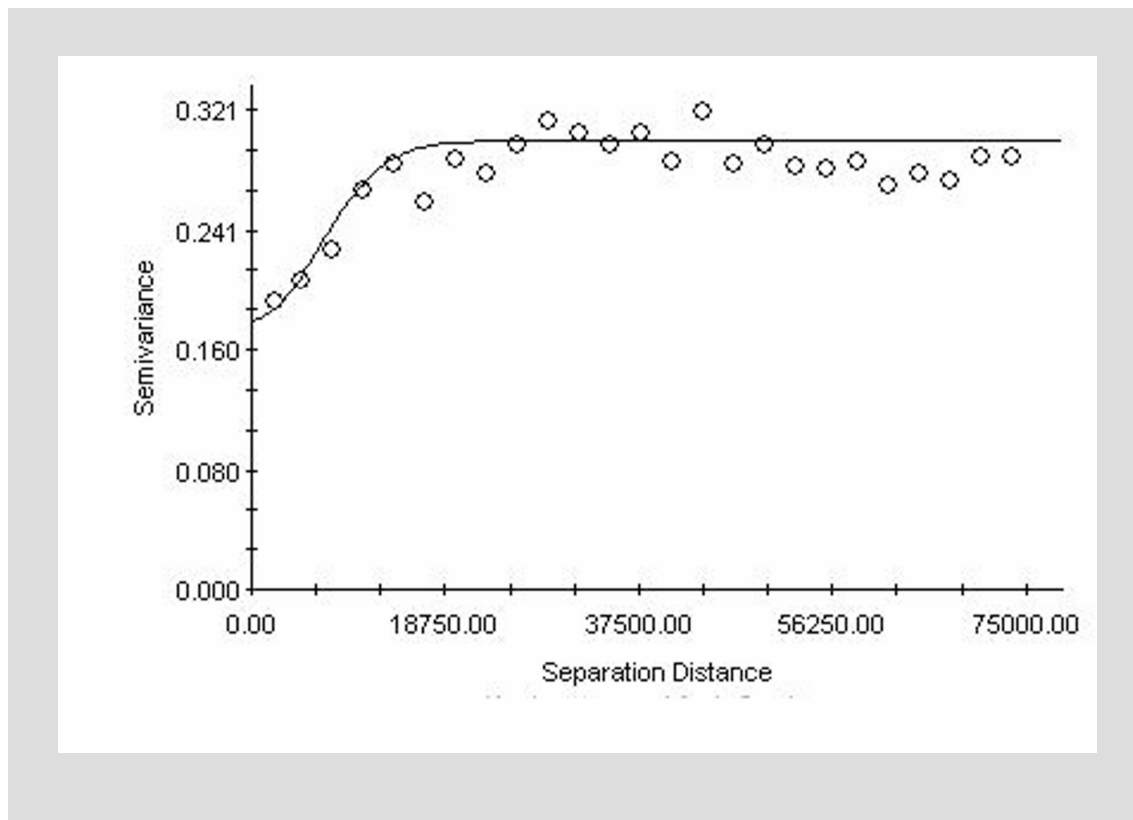
۲۵۶	تعداد نمونه
-۰/۰۷۲	چولگی
۰/۸۳۷	برجستگی
۱/۳۴۱	آزمایش اسمیرنوف
۰/۰۵۵	میزان با معنایی

آنالیز واریوگرافی

جدول زیر مدل برازش داده شده به داده‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. بر اساس مدل مذکور، سمیواریوگرام ترسیم شد. سمیواریوگرام ترسیمی در شکل (۳) آورده شده است.

جدول ۳- مدل‌های سمیواریوگرام برازش شده به داده‌های مورد مطالعه

Effective range	Range	Sill	Nugget	Model	lag interval	Active lag	
۱۵۵۸۸/۴	۹۰۰۰	۰,۳	۰,۱۸	Gaussian	۳۰۰۰	۷۵۰۰۰	کادمیوم تبدیل یافته



شکل ۳- سمیواریوگرام ترسیم شده برای کادمیوم

تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه

انجام طبقه بندی طیفی (LSU) پوشش گیاهی ناحیه مورد مطالعه جهت استخراج پوشش های گیاهی مختلف عبارتند از:

- ۱- باندهای سنجنده ETM - ۲- شاخص NDVI،
- TNDVI، NDSI - ۳- نسبت باندهای Red و Nir به سایر باندها - ۴- آنالیز مولفه های اصلی ۱ و ۲ .

تعیین پارامترهای مورد استفاده در درونیابی

برای بدست آوردن مدل استفاده شده در درونیابی، چهار حالت همسانگرد، ناهمسانگرد، روند دار و روند دار ناهمسانگرد در نظر گرفته شد که با استفاده از معیار ریشه میانگین مربع خطا از بین آنها یک مدل انتخاب شد. نتایج روشهای فوق در جدول (۴) آمده است.

جدول ۴ - نتایج روشهای درن یابی در جهت های همسانگرد، ناهمسانگرد، روند دار و روند دار ناهمسانگرد

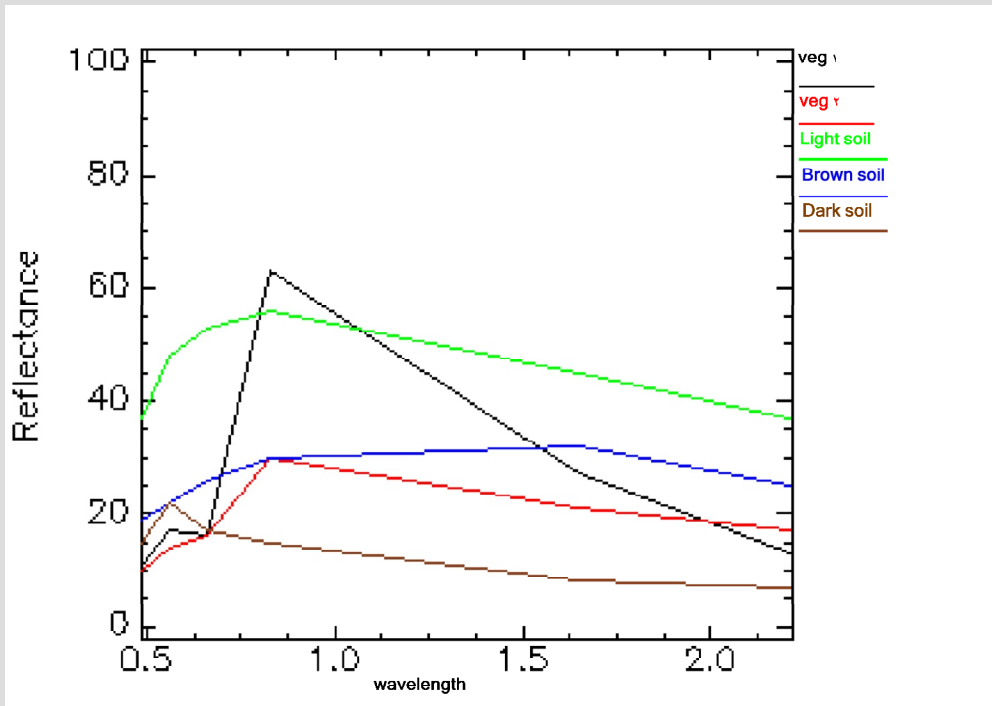
MSE	تعداد نقاط همسایگی	زاویه شعاع بزرگ ناهمسانگردی با جهت شمال جغرافیایی	شعاع کوچک ناهمسانگردی	درجه روند	حالت	فلز سنگین
۰/۴۷۷۳	۱۳	-	-	-	همسانگرد	کادمیوم
۰/۴۷۷۹	۱۳	۱۰۴	۱۵۰۰۰	-	ناهمسانگرد	
۰/۴۷۷۴	۱۳	-	-	درجه اول	روند دار	
۰/۴۷۸۳	۱۴	۹۸/۴	۱۵۰۰۰	درجه اول	ناهمسانگرد و رونددار	

است در تصویر PPI بعضی پیکسلها که متعلق به کلاسهای متفاوتی می باشند در یک کلاس قرار گیرند. لذا از ابزار دیگری به نام نمایشگر چند بعدی استفاده شد و پیکسلهایی که دارای ۱۰۰۰۰-۱۵۰۰۰ تکرار به بالا بودند به عنوان پیکسل خالص انتخاب شدند. پیکسلهای خالص در ۵ کلاس شامل ۳ کلاس خاک روشن، تیره و قهوه ای و ۲ کلاس پوشش گیاهی شامل مناطق پر تراکم و کم تراکم می باشد. که در شکل زیر بازتاب پیکسلهای خالص نمایش داده شده است.

و با اجرای الگوریتم طبقه بندی ISU، خروجی این مرحله شامل ۶ مولفه میباشد. که ۵ باند مربوط به نمونه ها و یک باند میانگین ریشه دوم خطا میباشد. مقادیر میانگین ریشه دوم خطا برای پوشش گیاهی پائین می باشد. که دلیل آن انتخاب چند نمونه در هر کلاس خاک و پوشش گیاهی است (جدول ۵).

در این تحقیق توجه ما به پوشش گیاهی است، کاری که در این مرحله انجام گرفت آستانه گذاری بر روی داده های باند پوشش گیاهی برای تهیه نقشه پوشش گیاهی میباشد که نتایج آماری در جدول زیر نمایش داده شده است.

این بخش به طور خلاصه پس از آماده سازی و پردازش داده ها اقدام به شناسایی عناصر طیفی گردید. که این عناصر طیفی به روش نیمه اتوماتیک از تصویر یا با استفاده از نمونه های زمینی بدست آمدند. برای روش نیمه اتوماتیک از الگوریتم های (Minimum Noise Dimensional) (Manolakis, 2001) استفاده شد. در مرحله بعد با مراجعه به منطقه و نقشه های مرجع و استفاده از تحلیلهای شیب مناطقی که دارای مساحت بیشتر از چند پیکسل و خلوص صد در صد داشتند شناسایی شدند. و موقعیت آنها شناسایی شد. از این نقاط برای ساخت کتابخانه طیفی و اجرای الگوریتم LSU استفاده شد. پس از اعمال MNF بر روی تصاویر، ۵ مؤلفه انتخاب گردید که هر مؤلفه ای دارای اطلاعات اصلی هستند و الگوریتم انتخاب پیکسل خالص از طریق آزمون و خطا ۱۵۰۰۰ بار انتخاب شد (جائیکه شیب نمودار نزدیک صفر است). هر چه ارزش پیکسلها بیشتر باشد نشان دهنده خلوص طیفی بیشتر می باشد. در الگوریتم PPI پیکسلهای منطقه مورد مطالعه فقط از لحاظ خلوص طیفی مورد ارزیابی قرار می گیرند نه نوع طیف. یعنی ممکن



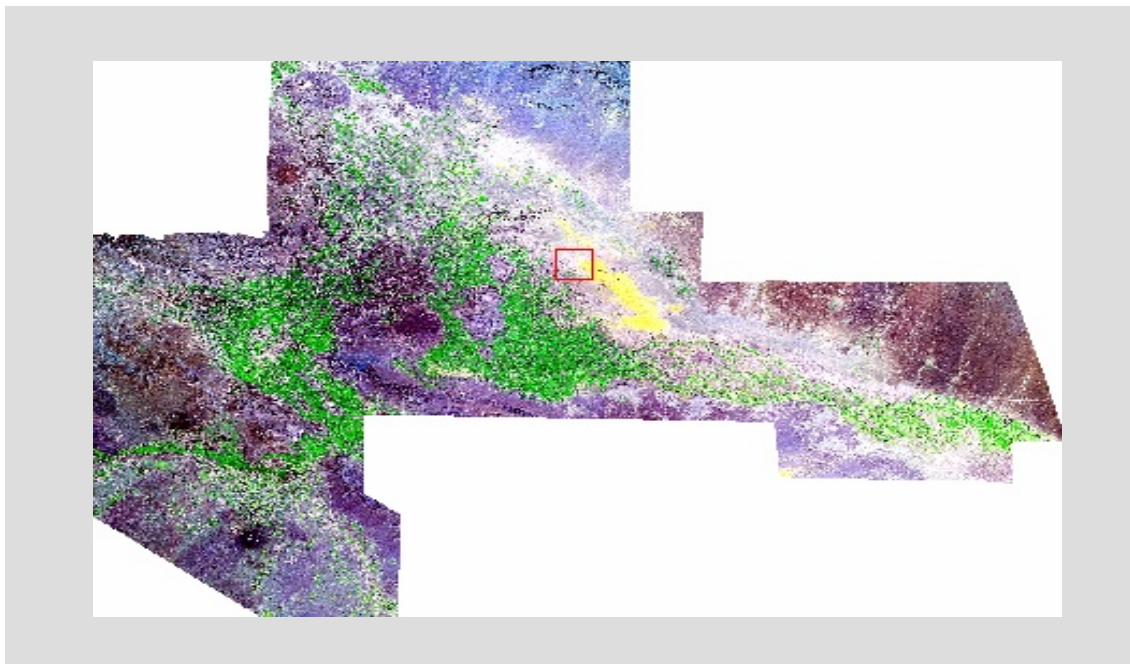
شکل ۴- بازتاب نمونه های طیفی برای اجرای LSU

جدول ۵- نتایج آماری باند های LSU

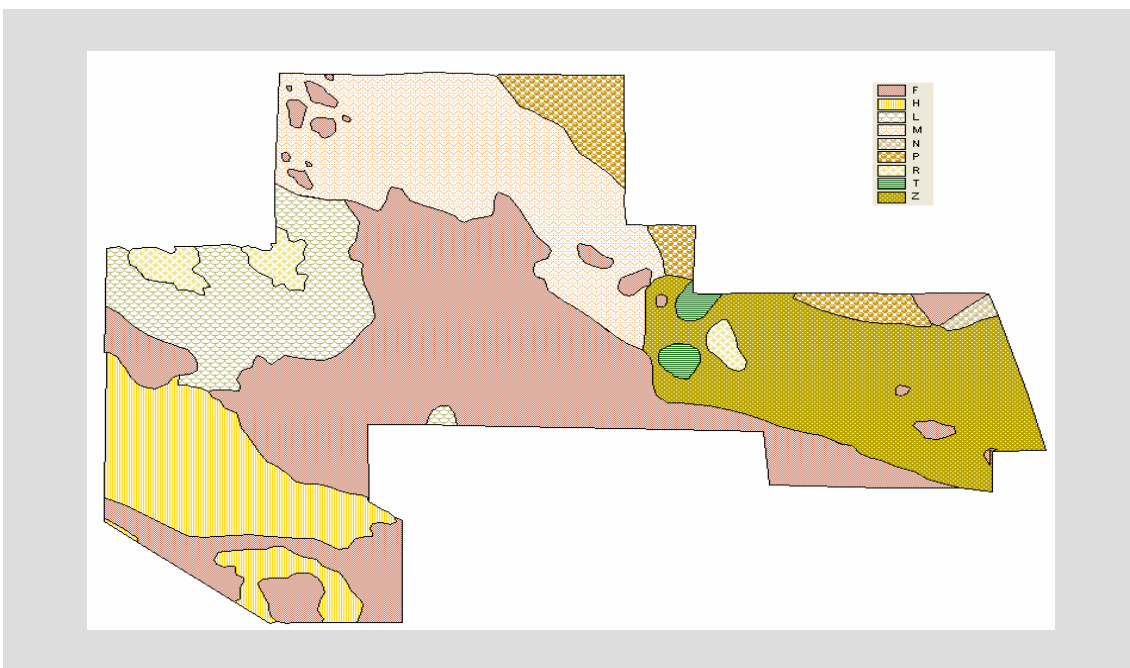
باند	MIN	MAX	MEAN
پوشش گیاهی متراکم	-۰/۹۵۶	۱/۱۲۴	۰/۸۷۷
پوشش گیاهی کم تراکم	-۰/۹۳۴	۱/۰۵۴۱	۰/۴۹۹
خاک روشن	-۰/۹۵۴	۱/۲۰۱	۰/۷۳۶
خاک قهوه ای	-۰/۹۳۲۱	۱/۰۳۲	۰/۳۲۱
خاک تیره	-۰/۹۸۵۲	۱/۷۵۲	۰/۶۷۵
RMS	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳

کشاورزی در نظر گرفته شد و مرزها جدا، طبقه بندی و بهنگام شدند. البته مناطق کشاورزی با RMS کمتری تفکیک شدند.

نهایت با ترکیب دو مؤلفه پوشش گیاهی آستانه گذاری انجام شد و پیکسلهائی با آستانه ۰/۳۷-۰/۵۵ ضعیف، ۰/۳۷-۰/۵۵ متوسط و بالای ۰/۵۵ به عنوان



شکل ۵- تصویر ماهواره ای منطقه مورد مطالعه



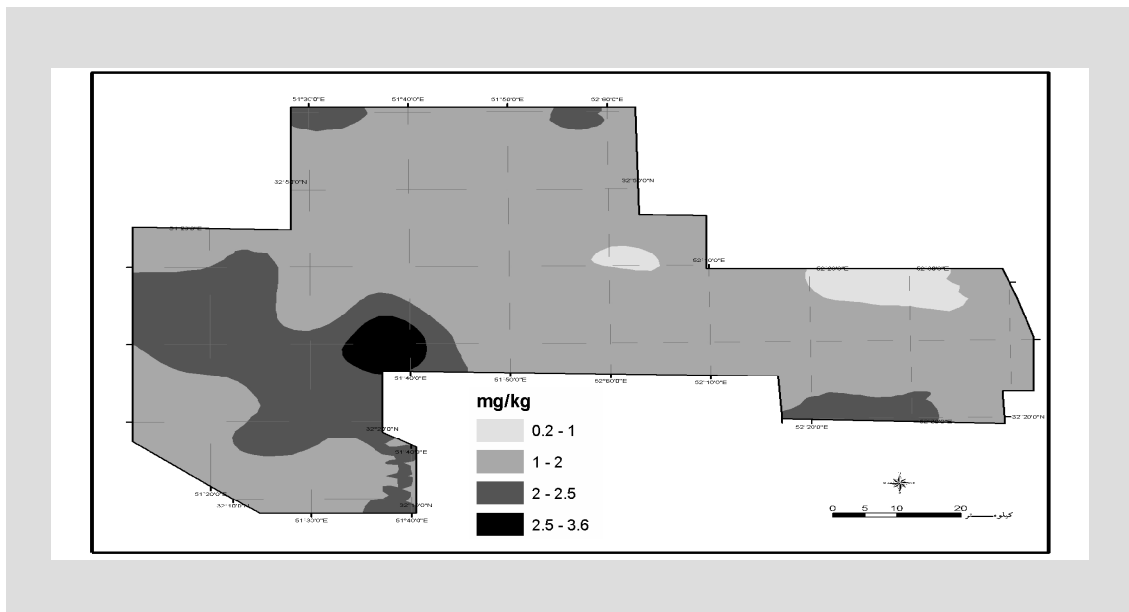
شکل ۶- نقشه پوشش گیاهی به هنگام شده منطقه مورد مطالعه

تهیه نقشه توزیع مکانی کادمیوم

با استفاده از مدل برازشی به واریوگرام و با استفاده از قابلیت‌های GIS، توزیع مکانی کادمیوم ترسیم گردید:

تهیه نقشه همپوشانی لایه‌های توزیع مکانی

کادمیوم و پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی با استفاده از قابلیت‌های GIS عملیات همپوشانی میان لایه‌های مذکور انجام پذیرفت که نتیجه آن در جدول ۶ آورده شده است.



شکل ۲- توزیع مکانی کادمیوم

جدول ۶- تلفیق نقشه پوشش گیاهی و توزیع مکانی کادمیوم

دامنه کادمیوم ppm	نوع پوشش گیاهی	مساحت (هکتار)
۱-۰/۲	مرتع ضعیف	۸۱۷۵
۲/۵-۲	مرتع ضعیف	۶۷۶۲
۱-۰/۲	مرتع متوسط	۱۹۴۱۹
۲-۱	مرتع ضعیف	۲۰۳۲۹۶
۲/۵-۲	کشاورزی	۴۴۵۱۲۹
۲/۵-۲	مرتع متوسط	۶۹۳۵۶
۳/۶-۲/۵	کشاورزی	۱۵۵۹۴

بحث

کادمیوم از (ppm) ۲ تا ۲/۵ می باشد که برای دامها خطرناک بوده ولی میزان غلظت کادمیوم تهدیدی برای رشد گیاهان مرتعی نمی باشد.

با انطباق نقشه کاربری تهیه شده از نقشه های ۲۵۰۰۰/۱ سازمان نقشه برداری مشخص شد در کاربری شهری و صنعتی، میانگین این کادمیوم در خاک منطقه به طور معنی داری بیشتر از میانگینش در سایر کاربریها است. این امر گویای این مطلب است که فعالیتهای انسانی به عنوان عمده ترین عامل افزایش دهنده فلزات سنگین موجود در خاک می باشد.

با جمع بندی نتایج این تحقیق می توان گفت آلودگی در منطقه به ویژه در مناطق کشاورزی بسیار بحرانی بوده و لزوم مدیریت کشاورزی و زیست محیطی در منطقه را نشان می دهد.

پی نوشت

- 1- Geographic Information System
- 2- Remote Sensing.
- 3- Varian 220

References

- Alloyway, B.J. (19950). *Heavy metals in soils*. 2nd edition. London: Blackie Academic and Professional.
- Bahraei, M. (2001). *Sin opting studying of Eesfahan rain fall*. M.S. Faculty of Earth science. Shahid Beheshti University.
- Eriksson, J. I., Oborn and A. Andesson (1996). Factor influencing cadmium content in crops: result Swedish field investigations Swedish. *J. Agri. Res.* 26:125-133.
- Garcia, F.J., M. A. Gilabert and J. Melia (1999). Extraction of Endmember from Spectral

با توجه به نتایج حاصل از تلفیق نقشه پوشش گیاهی منطقه و نقشه توزیع مکانی کادمیوم مشخص شد که آلودگی در این مناطق از غلظت بالائی برخوردار است. در منطقه کشاورزی مقدار آلودگی بالا و توزیع مکانی کادمیوم با غلظت (ppm) ۲/۵-۳/۶ برابر با ۱۵۵۹۴ هکتار و توزیع مکانی کادمیوم با غلظت (ppm) ۲-۲/۵ برابر با ۴۴۵۱۲۹۹ هکتار است و جذب بالا در محصولات غده ای و سبزیجات این منطقه سبب می گردد تا این عنصر سریعتر وارد زنجیره غذایی شده و سلامتی انسان را در معرض خطر قرار دهد.

در مناطق کشاورزی که کادمیوم از ۲/۵ (ppm) به بالاست علاوه بر اینکه برای سلامتی دام و انسان مضر می باشد (سماوات، ۱۳۷۶) باعث کم شدن سرعت رشد گیاه و در نهایت توقف رشد گیاه در مقادیر بالاتر از ۳ (ppm) می شود که با توجه به مساحت بالای کاربری کشاورزی در منطقه، خطرناک بوده و از حد نرمال آن که ۱ (ppm) می باشد بسیار بیشتر است.

از آنجا که در غلات فقط ۱۸ تا ۱۲ درصد کادمیوم جذب دانه می شود لذا کادمیوم در خانواده غلات بیشتر از طریق دامها و بصورت غیر مستقیم وارد زنجیره غذایی می شود.

در مراتع منطقه که شامل مراتع متوسط با کلاسههای L, M, T, N و H و ظرفیت چرایبی بین ۱/۱ تا ۱/۵ واحد دامی در هر هکتار در ماه می باشد، مقدار کادمیوم در ۱۹۴۰۰ هکتار از مراتع فوق بربر (ppm) ۰/۲-۱ می باشد که در حد نرمال بوده و در ۶۹۳۰۰ هکتار برابر (ppm) ۲-۲/۵ می باشد که بیشتر از حد نرمال بوده و برای دامها خطرناک است (صلحی م، م. ج، ملکوتی و س. سماوات، ۱۳۸۴). همچنین نتایج نشان داد میزان آلودگی در مراتع منطقه نسبت به زمینهای کشاورزی کمتر و بین (ppm) ۰/۲ تا ۲/۵ می باشد. در مراتع ضعیف نیز غلظت آن مقداری کمتر از مراتع متوسط بوده مقدار

Mixtures. *Remote Sensing Environment*, 68: 237-253.

Landgrebe, D. (2002). Hyperspectral Subpixel Target Detection Using the Linear Mixing Model. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 19: 17-28.

Malekoti M., A. Baybodi and S.G Tabatabaei (2004). Best using of fertilizer for subsiding effect of polluted particle in vegetation. *Nashr Olume keshavazi*, 12:25-37

Manolakis, D., C. Siracusa and G. Shaw. (2001). Hyperspectral Subpixel Target Detection Using the Linear Mixing Model. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 39 (7): 1392-1409.

Morvbd, J. and D. James (1995). *Heavy metal and Radionuclide Contaminants in Phosphate Fertilizers*. Muscle Shoals, AL35660 , USA..

Samavt, S., A. Baybodi and M. malekoti (2003). *Permissible of cadmium in muck and fertilizer*. Tehran: Institute of soil and water.

Shafiei A., and M. Sadeghi (1998). *Economical , social and cultural studying*. Natural Science institute of Esfahan.

Solhi M. and M. Malekoti (2004). *Heavy metal distribution in life cycling of human ,vegetation and animals*. Tehran: Institute of soil and water.

