

استفاده از GEOSTATISTICAL و الگوریتم LSU

به منظور تعیین گیاهان در معرض خطر آلودگی کادمیوم

(مطالعه موردی استان اصفهان)

علی اکبر متکان x - آزاده کاظمی xxx - محمدرضاگیلی xxx - داود عاشورلو xx

x: دکتری سنجش از دور - عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

xx: کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS - عضو هیئت علمی دانشگاه شهید بهشتی

xxx: کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

در بسیاری از مطالعات 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. برای این کار روشهای مختلفی وجود دارد که از جمله آنها، روشهای درونابی می باشد. در این مطالعه از روش Ordinary Kriging، برای برآورد مقدار کادمیوم موجود در خاک منطقه مرکزی ایران واقع در استان اصفهان استفاده شد. سپس با استفاده از قابلیت های GIS نقشه تخمین توزیع مکانی کادمیوم کل در منطقه مورد مطالعه ترسیم و جهت تعیین مناطق آلوده از نظر میزان کادمیوم، کلاسه بندی شد.

آزمون آنالیز واریانس نشان داد که کاربری تأثیر معنی داری 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 توسط کشورهای دیگر نشان داد که خاک منطقه از لحاظ مقدار کادمیوم موجود در آن دارای آلودگی 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: الگوریتم LSU، Ordinary Kriging، کادمیوم، فلزات سنگین، آنالیز مکانی، آنالیز واریوگرافی،

Spectral unmixing، آماره کلموگروف - اسمیرونوف، endmember.

۱- مقدمه

امروزه اهمیت GIS^۱ و RS^۲ در مطالعات خاک‌شناسی کاملاً آشکار است. بطوریکه با استفاده از روشهای GIS می‌توان میزان فلزات سنگین موجود در خاک را به بهترین شکل ممکن به تصویر کشید و با استفاده از RS می‌توان به الگوسازی و مدیریت بهینه منابع آب و خاک در ارتباط با آلودگی حاصل از فلزات سنگین پرداخت. 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 برنامه‌ریزی‌های آبی باید در نظر گرفته شود (Goovaerts, 2001). کادمیوم فلزی بسیار سمی و سرطانزا و یکی از مهمترین آلاینده‌های خاک بوده که از طرق مختلفی نظیر فرونشست جوی، فعالیتهای کشاورزی و صنعتی وارد خاک شده، تجمع آن باعث کاهش کیفیت و کارکرد مطلوب خاک می‌شود. 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 فعالیتهای صنعتی و کشاورزی و نیز کادمیوم کل به عنوان یکی از عوامل کنترل کننده کادمیوم قابل جذب برای گیاهان، تحقیق حاضر با هدف تعیین توزیع مکانی کادمیوم کل و رابطه آن با کاربری و نوع خاک منطقه مورد مطالعه و پوشش گیاهی در معرض خطر با استفاده از تکنیکهای GIS، Geostatistic و RS انجام پذیرفت.

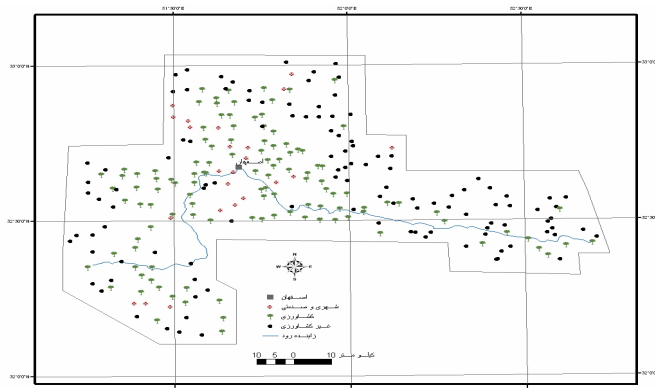
۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه با مساحتی در حدود ۷۹۸۰ کیلومتر مربع بین طول جغرافیایی ۱۱ و ۰ تا ۶ و ۱۴ و ۹ و ۵۱ و عرض جغرافیایی ۱۰ و ۱۰ تا ۲۸ و ۵۳ و ۱۹ و ۸۲ واقع در منطقه مرکزی استان اصفهان و در اطراف رودخانه زاینده‌رود 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 می‌گیرد. تنها در تابستان دارای جهت شرقی یا شمال شرقی می‌باشد که این مسئله بخصوص در مرداد ماه صادق است. عبور بادهای غالب از فضای بالای کارخانجات و واحدهای صنعتی غرب اصفهان موجب انتشار آلودگی به بخش پایین اصفهان می‌شود. خاکهای منطقه اردیسولهای وابسته به گروههای متفاوتی از قبیل کلسیارجیدها، هاپلوکامبیدها، هاپلوچیپسیدها و هاپلوسالیدها می‌باشند. گندم، جو، برنج و غلوفه محصولات اصلی کشاورزی منطقه را تشکیل می‌دهند. لایه زمین‌شناسی منطقه عمدتاً شامل تراسهای رسوبی عهد حاضر، نهشته‌های آبرفتی عهد حاضر و تراسهای رسوبی غیر قابل

^۱- Geographic Information System

^۲- Remote Sensing.

تفکیک (از لحاظ سنی) می‌باشند. 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).



شکل ۱-۲- منطقه مورد مطالعه

به طور کلی حدود ۹۰ درصد از استان اصفهان در منطقه ژئوتکنیک ایران تورانی قرار گرفته است و منطقه مورد مطالعه عمدتاً شامل جلگه مرکزی اصفهان می‌باشد که در واقع ترکیبی از دشتها و جلگه های رسوبی است. و از حاصلخیزترین دشتها و جلگه های فلات مرکزی ایران محسوب می‌شود. و 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. و مراتع منطقه مورد مطالعه عبارتند از: مراتع متوسط با کلاسه‌های T, M, L, N و H که توسط سازمان برنامه و بودجه تعریف شده است. و در هر کدام از این کلاسه‌ها نوع گونه مرتعی و ظرفیت چرای دام مشخص شده است. و مراتع ضعیف منطقه شامل کلاس P و Z است.

۳- مواد و روشها

۳-۱- نمونه برداری

روش نمونه برداری بر اساس روش سیستماتیک - تصادفی توسط سازمان محیط زیست اصفهان انجام گرفت. ابتدا منطقه به شبکه‌های ۲۰×۲۰ کیلومتر طبقه‌بندی و هر شبکه خود به شبکه‌های ۵×۵ 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 Cd موجود در عصاره نمونه‌ها با دستگاه جذب اتمی قرائت شد

۳-۲- آنالیز آماری

پس از جمع‌آوری 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 را اعمال گردید. تمامی عملیات بالا در نرم‌افزارهای آمار کلاسیک مانند SPSS، Minitab، Excel و نرم‌افزارهای زمین آمار مانند GS+ و Geostatistica Extensions در ARCGIS انجام پذیرفت.

۳-۳- 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) برای تعیین توزیع مکانی کادمیوم کل استفاده گردید که معادلات آن به شرح ذیل است:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad 1-3$$

که در آن:

x_0 مقدار تخمین کمیت در نقطه مجهول

$$Z^*(x_0) =$$

وزن یا اهمیت نمونه i ام

$$\lambda_i =$$

مقدار کمیت در نمونه i ام

$$Z(x_i) =$$

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

$$E[Z^*(x_0) - Z(x_0)] = 0 \quad 2-3$$

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

بنابراین:

$$\ln \gamma_E^2 = \bar{C}(x_0, x_0) - 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \bar{C}(x_0, x_i) - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \bar{C}(x_i, x_j) \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad 4-3$$

که در رابطه بالا، \bar{C} کواریانس می‌باشد. این بهینه‌سازی از طریق روش ضرایب لاگرانژ انجام شده و معادلات کریگینگ به صورت زیر حاصل می‌گردد:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot \bar{C}_{ij} - \mu = \bar{C}_{0j} \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases} \quad 5-3$$

۴-۳ - 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 اقدام به بهینه سازی نقشه پوشش گیاهی منطقه که در سال ۱۳۷۶ توسط اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان با استفاده از GPS و اطلاعات کلی از منطقه ترسیم شده، گردید.

۳-۴-۱ - 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 عکس باشند، اتفاق می افتد.

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

$$R(\lambda, i) * f(i) + \dots + R(\lambda, m) * f(m) = S(\lambda) \quad \text{معادله (۳-۸)}$$

$R(\lambda, i)$ پاسخ طیفی برای i endmember در طول موج λ است. $f(i)$: فراوانی -
i endmember : 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:

$$R * F = S \quad \text{معادله (۳-۶)}$$

$$\begin{pmatrix} R(\lambda_1, 1) & R(\lambda_1, 2) & R(\lambda_1, m) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ R(\lambda_n, 1) & R(\lambda_n, 2) & R(\lambda_n, m) \end{pmatrix} \quad \text{معادله (۳-۷)}$$

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

برای تخمین کسر فراوانی EM Least squares های 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 داده های طیفی خود تصویر استفاده می شود تا EM های Mix حاصل شوند ابعاد اصلی داده های اندازه گیری شده از یک پروسه استفاده می شود .

۴- نتایج

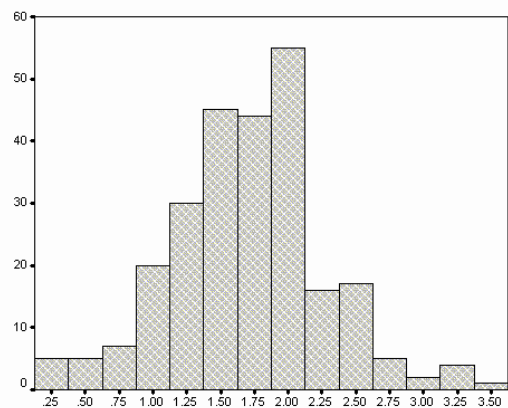
۴-۱- توزیع داده ها

خلاصه‌ای از آمار توصیفی مربوط به غلظت کادمیوم در جدول (۱-۵) ارائه شده است. شکل (۱-۵) و جدول (۱-۵) نشان می‌دهد که غلظت کادمیوم در خاکهای منطقه اصفهان دارای توزیع نرمال نمی‌باشد. برای تبدیل به توزیع نرمال از کاکس - باکس با $\square = 0/86$ استفاده شد. جدول (۱-۴) نشان می‌دهد که غلظت کادمیوم کل تبدیل شده با استفاده از کاکس - باکس در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای توزیع نرمال می‌باشد.

جدول ۴-۱- مشخصات آماری غلظت کادمیوم کل در خاکهای منطقه مرکزی اصفهان

۲۵۶	تعداد نمونه
۱/۰۷۲	میانگین
۰/۵۶۷	انحراف معیار
۳/۴	دامنه
۳/۶	حداکثر
۰/۲	حداقل
۰/۱۴۶	چولگی
۰/۸۲۹	برجستگی
۱/۴۱۶	آزمایش اسمیرنوف
۰/۰۳۶	میزان با معنایی

هیستوگرام Cd به صورت زیر است:



شکل ۴-۱- توزیع غلظت کادمیوم در خاکهای منطقه مرکزی اصفهان

جدول ۴-۲- 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

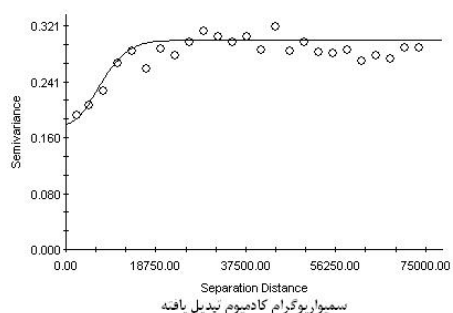
۴-۲- آنالیز واریوگرافی

جدول زیر مدل برازش داده شده به داده‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۳- 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

بر اساس مدل مذکور، سمیواریوگرام ترسیم شد. سمیواریوگرام ترسیمی در شکل (۴-۲) آورده شده است.



شکل ۴-۲- سمیواریوگرام ترسیم شده برای کادمیوم

۴-۳- 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 (۴-۴) آمده است.

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

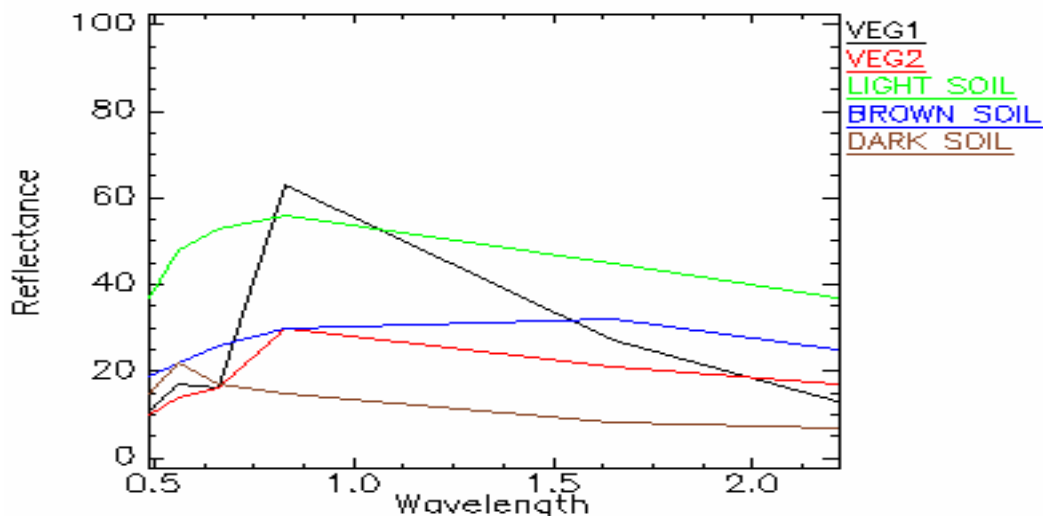
MSE	تعداد نقاط همسایگی	زاویه شعاع بزرگ ناهمسانگردی با جهت شمال جغرافیایی	شعاع کوچک ناهمسانگردی	درجه روند	حالت	فلز سنگین
۰/۴۷۷۳	۱۳	-	-	-	همسانگرد	Cd
۰/۴۷۷۹	۱۳	۱۰۴	۱۵۰۰۰	-	ناهمسانگرد	
۰/۴۷۷۴	۱۳	-	-	درجه اول	روند دار	
۰/۴۷۸۳	۱۴	۹۸/۴	۱۵۰۰۰	درجه اول	ناهمسانگرد و رونددار	

۴-۴- تهیه نقشه پوشش گیاهی منطقه

در این تحقیق برای انجام طبقه بندی طیفی (LSU) پوشش گیاهی منطقه جهت استخراج پوشش های گیاهی مختلف عبارتند از:

۱- باندهای سنجنده ETM - ۲- شاخص NDVI، NDSI، TNDVI - ۳- نسبت باندهای Nir و Red
به سایر باندها - ۴- آنالیز مولفه های اصلی ۲۱

در این قسمت 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 MNF، PPI، visualizer، n-Dimensional 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 مؤلفه های 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 است در تصویر PPI بعضی پیکسلها که متعلق به کلاسهای متفاوت 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.



شکل ۴-۳- بازتاب نمونه های طیفی برای اجرای lsu

و با اجرای الگوریتم طبقه بندی **Isu**، خروجی این مرحله شامل ۶ مولفه میباشد. که ۵ باند مربوط به نمونه ها و یک باند **RMS** میباشد. مقادیر **RMS** برای پوشش گیاهی پائین می باشد. که دلیل آن انتخاب چند نمونه در هر کلاس خاک و پوشش گیاهی است.

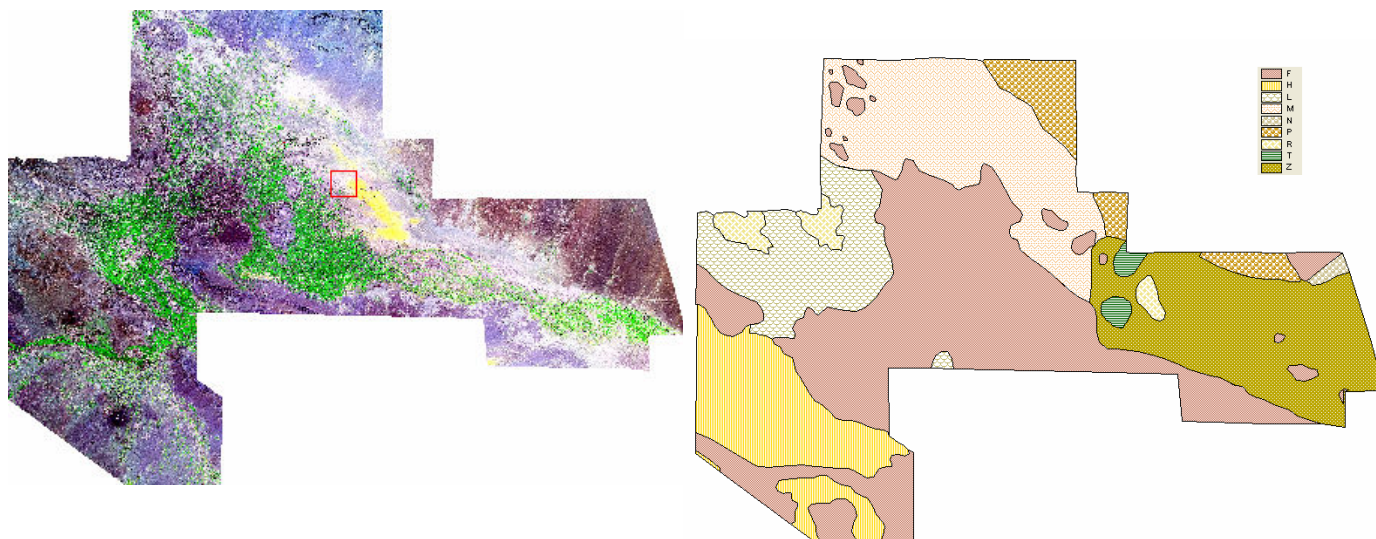
در این تحقیق توجه ما به پوشش گیاهی است، کاری که در این مرحله انجام گرفت آستانه گذاری بر روی داده های باند پوشش گیاهی برای تهیه نقشه پوشش گیاهی میباشد که نتایج آماری در جدول زیر نمایش داده شده است.

جدول ۴-۵- نتایج آماری باند های **LSU**

باند	MIN	MAX	MEAN
پوشش گیاهی تراکم	-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

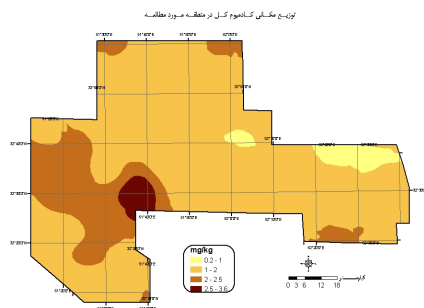
نهایت با ترکیب دو مؤلفه پوشش گیاهی آستانه گذاری انجام شد و پیکسلهائی با آستانه $۰/۲ - ۰/۳۷$ ضعیف، $۰/۳۷ - ۰/۵۵$ متوسط و بالای $۰/۵۵$ به عنوان کشاورزی در نظر گرفته شد و مرزها جدا، طبقه بندی و بهنگام شدند. البته مناطق کشاورزی با **RMS** کمتری تفکیک شدند.

شکل ۴-۴- تصویر ماهواره ای و نقشه پوشش گیاهی به هنگام شده منطقه مورد مطالعه



۴-۵- تهیه نقشه توزیع مکانی کادمیوم

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



شکل ۴-۵- توزیع مکانی کادمیوم

۴-۶- تهیه نقشه همپوشانی لایه های توزیع مکانی کادمیوم و پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی

با استفاده از قابلیت‌های GIS عملیات همپوشانی میان لایه های مذکور انجام پذیرفت که نتیجه آن در جدول ۴-۶ آورده شده است.

جدول ۴-۶- تلفیق نقشه پوشش گیاهی و توزیع مکانی کادمیم

دامنه کادمیم ppm	نوع پوشش گیاهی	مساحت (هکتار)
۱-۰/۲	مرتع ضعیف	۸۸۷۵
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

۵- تفسیر نتایج

با توجه به نتایج حاصل از تلفیق نقشه پوشش گیاهی منطقه و نقشه توزیع مکانی کادمیم مشخص شد که آلودگی در این مناطق از غلظت بالایی برخوردار است. در منطقه کشاورزی مقدار آلودگی بالا و توزیع مکانی کادمیم با غلظت ۲/۵-۳/۶ ppm برابر با ۱۵۵۹۴ هکتار و توزیع مکانی کادمیم با غلظت ۲-۲/۵ ppm برابر با ۴۴۵۱۲۹ 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 کادمیم از ۲/۵ ppm به بالاست علاوه بر اینکه برای سلامتی دام و انسان مضر می باشد باعث کم شدن سرعت رشد گیاه و در نهایت توقف رشد گیاه بالاتر از ۳ ppm می شود که با توجه به اطلاعات حاصله و مساحت بالا و کشاورزی بودن منطقه بسیار خطرناک است و حد نرمال آن که با ۱ ppm باشد بسیار بیشتر است. از آنجا که ۱۸ تا ۱۲ درصد کادمیم در غلات جذب دانه می شود کادمیوم در خانواده غلات بیشتر از طریق دامها و بصورت غیر مستقیم وارد زنجیره غذایی می شود و در مراتع منطقه که شامل مراتع متوسط با کلاسهای L, M, T, N و H که دارای ظرفیت چرایایی بین ۱/۱ تا ۱/۵ واحد دامی در هر هکتار در ماه می باشد و مقدار کادمیم در این مراتع با مساحتهای ۱۹۴۰۰ هکتار و ۶۹۳۰۰ هکتار به ترتیب برای ۰/۲-۱ ppm و ۲-۲/۵ ppm می باشد، برای دامها خطرناک است. همچنین نتایج نشان داد میزان آلودگی در منطقه در مراتع نسبت به زمینهای کشاورزی کمتر است و بین ۰/۲ تا ۲/۵ ppm می باشد و در مراتع ضعیف غلظت آن مقداری کمتر از مراتع متوسط است. و مقدار کادمیم از ۲/۵ تا ۲/۵ ppm میباشد که برای دامها خطرناک بوده و میزان غلظت کادمیم تهدیدی برای رشد گیاهان مرتعی نمی باشد.

با انطباق نقشه کاربری تهیه شده از نقشه های ۱/۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری مشخص شد در کاربری شهری و صنعتی، میانگین این کادمیم 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.

منابع:

۱. سماوات، س.، ا. بای بوردی، م. ج. ملکوتی و م.م. طهرانی. ۱۳۸۴. حد مجاز کادمیم در کودهای شیمیائی، محصولات زراعی و باغی. نشریه فنی شماره ۴۳۷ مؤسسه تحقیقات آب و خاک. نشر سنا.
۲. شفیعی، ع. و م، صادقی. ۱۳۷۶. مطالعات توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، گزارش چهارم: پوشش گیاهی. اداره کل منبع طبیعی استان اصفهان.
۳. صلحی م.، م. ج.، ملکوتی و س. سماوات. ۱۳۸۴. پراکنش و غلظت مجاز فلزات سنگین در چرخه حیات (خاک، آب، گیاه، دام و انسان). نشریه فنی شماره ۴۷۰ مؤسسه تحقیقات آب و خاک. نشر سنا.
۴. ملکوتی، م.ج.، م. ترابی و س. ج. طباطبایی. ۱۳۷۹. اسرات سوء کادمیم و روشهای کاهش غلظت آن در محصولات کشاورزی. نشریه فنی شماره ۸۷ مؤسسه تحقیقات آب و خاک. نشر آموزش کشاورزی.
۵. ملکوتی، م.ج.، ا. بای بوردی و س. ج. طباطبایی. ۱۳۸۳. مصرف بهینه کود گامی مؤثر در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت و کاهش آلاینده ها در محصولات سبزی و صیفی و ارتقاء سطح سلامت جامعه. نشر علوم کشاورزی کاربرد، تهران، ایران.
6. Kautsky, J. and R., Turcajova. 1995. Adaptive Wavelets for Single Analysis.. Proc. Sixth Intl Conf. Computer Analysis of Images and Patterns, pp. 906-911.
7. Landgrebe, D. 2002. Hyperspectral Subpixel Target Detection Using the Linear Mixing Model. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 19, pp. 17-28.
8. Manolakis, D., C. Siracusa and G. Shaw. 2001. Hyperspectral Subpixel Target Detection Using the Linear Mixing Model. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 39, No. 7, pp. 1392-1409.
9. Maselli, F. 1998. Multi Spectral Decomposition of Remote Sensed Scenes by Selective Pixel Unmixing. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 36, No. 5, pp. 1809-1820.
10. Garcia, F.J., M. A. Gilabert and J. Melia. 1999. Extraction of Endmember from Spectral Mixtures. Remote Sensing Environment 68, ppp. 237-253.
11. Chang, C.I., and D., Heinz. 2000. Constrained target subpixel detection for remote sensed imagery. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, vol. 38, No. 3, pp. 1144-1159.

12. Alloyway, B.J. 1995. Heavy metals in soils. 2 nd edition. Blackie Academic and Professional, London, England.
13. 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.
14. Morvbd, J. and D., James. 1995. Heavy metal and Radionuclide Contaminants in Phosphate Fertilizers.
15. [www. Cadmiummanagement.org.au](http://www.Cadmiummanagement.org.au)
16. www. Foodstandards.gov.au