وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

نشریه فنی

طراحی الگوی نمونه‌برداری خاک به روش فرا مکعب لاتین

مشتمل بر شیوه نامه استفاده از روش cLHS برای مطالعات خاکشناسی

شماره ثبت: ۶۰۷۹۱
زمستان ۱۴۰۰

وزارت جهادکشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران

طراحی الگوی نمونه‌برداری خاک به روش فرا مکعب لاتین

مشتمل بر شیوه‌نامه استفاده از روش cLHS برای مطالعات خاکشناسی

نویسنده:

مهدی صادقی پور مروی

شماره ثبت: ۶۰۷۹۱

زمستان ۱۴۰۰

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

عنوان اثر: طراحی الگوی نمونه‌برداری خاک به روش فرا مکعب لاتین مشتمل بر شیوه‌نامه استفاده از روش cLHS برای مطالعات خاکشناسی

نام و نام خانوادگی نویسنده/نویسندگان: مهدی صادقی پور مروی

ویراستار:

طراحی جلد و صفحه آراء: اکبر حسینی‌رشید

ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

شمارگان: ۱۰ نسخه

تاریخ انتشار: پاییز ۱۴۰۰

این اثر در مورخه ۱۴۰۰/۰۹/۲۸ با شماره ۶۰۷۹۱ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطالب، تصاویر، جداول، منحنی‌ها و نمودارها با ذکر مأخذ بلامانع است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ۱

پیشگفتار ۲

مقدمه ۲

۲- معرفی روش cLHS ۴

۳- مزایای روش cLHS ۶

۴- کاربرد cLHS در علوم مختلف خاکشناسی ۷

۵- شرایط استفاده از روش cLHS ۷

۶- روش اجرای cLHS ۸

۱-۶- اجزای برنامه cLHS ۸

۱-۱-۶- فایل دستورالعمل ۱۶

۲-۱-۶- فایل grid_input.txt ۱۷

۳-۱-۶- فایل clhs_input.txt ۱۸

۴-۱-۶- فایل clhs.exe ۱۹

۵-۱-۶- فایل iter.txt ۲۱

۶-۱-۶- فایل out_grid.txt ۲۲

۷-۱-۶- فایل output.txt ۲۷

۷- نتیجه‌گیری ۲۹

۸- منابع مورد استفاده ۲۹

۹- چکیده انگلیسی ۳۲

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱: تفاوت الگوی نمونه‌برداری منظم و روش cLHS ۴
شکل ۲: اجزا و برخی عامل‌های معرف برای معادله اسکورپن ۱۳
شکل ۳: فایل‌های اولیه مورد استفاده در روش cLHS ۸
شکل ۴: دستورالعمل اجرای cLHS ۱۶
شکل ۵: محتویات فایل grid_input.txt ۱۸
شکل ۶: محتویات فایل clhs_input.txt ۱۹
شکل ۷: نمایش صفحه اجرای برنامه cLHS ۲۰
شکل ۸: سه فایل ایجاد شده پس از اجرای برنامه cLHS ۲۰
شکل ۹: محتویات فایل iter.txt ۲۱
شکل ۱۰: محتویات فایل out_grid.txt ۲۲
شکل ۱۱: یک نمونه از الگوی نمونه‌برداری به روش cLHS ۲۴
شکل ۱۲: الگوی نمونه‌برداری شبکه ای منظم ۲۵
شکل ۱۳: محتویات فایل out_grid.txt ۲۷
شکل ۱۴: محتویات فایل output.txt ۲۱

چکیده

نقشه‌برداری رقومی خاک، برمبنای ارزیابی آماری به پیشگویی خصوصیات خاک می‌پردازد. بر این مبنا، برای دستیابی به صحت و دقت مطلوب در نقشه‌برداری رقومی خاک، انتخاب الگوی نمونه‌برداری محیطی، حائز اهمیت بسیار است. در اینجا روش فرا مکعب لاتین مشروط که به اختصار به cLHS[1] نامیده می‌شود، بحث شده است که در سالیان اخیر در تحقیقات در زمینه نقشه‌برداری رقومی خاک مورد توجه بوده، به‌طوری‌که به‌عنوان روش استاندارد در نقشه‌برداری جهانی خاک[2] هم مورد استفاده قرار گرفته است. این روش، مبتنی بر انتخاب پیکسل‌هایی با بیشینه واریانس در میان داده‌های محیطی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. طراحی الگوی نمونه‌برداری مطلوب، تاثیر محسوس و معنی‌داری بر نتایج تحلیل نقشه خاک داشته، به‌طوری‌که امروزه استفاده از این روش استاندارد و مدرن برای طراحی الگوی نمونه‌برداری در نقشه‌برداری رقومی خاک بیش از گذشته مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که استفاده از امکانات سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌تواند تسهیل‌گر این امر قرار گیرد، لذا استخراج داده‌های کمکی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان یک راه‌کار مفید و مطمئن در طراحی الگوی نمونه‌برداری محیطی برای اجرای پروژه‌های تحقیقاتی مورد استفاده قرار گرفته است. روش cLHS مشتمل بر چهار فایل اجرایی است. برای اجرای روش cLHS، ابتدا داده‌های کمکی وارد و سپس تعداد داده کمکی مورد استفاده و همچنین تعداد نمونه مورد نیاز تعیین می‌شود. در انتها فایل اجرایی اجرا شده تا پیکسل‌هایی با بیشینه واریانس داده‌های کمکی به‌عنوان نقاط نمونه‌برداری مشخص شود. این فایل را می‌توان در نرم‌افزار ArcMap GIS نمایش داد تا نقشه حاوی الگوی نمونه‌برداری خاک را ملاحظه کرد. این روش ترجیحا برای پژوهش‌های نیازمند به نمونه‌برداری محیطی اعم از آب، خاک و مرتبط با رشته‌های کشاورزی، منابع طبیعی، آبخیزداری و محیط زیست کاربرد دارد، تا با به‌کارگیری این روش، دقت نمونه‌برداری‌های محیطی افزایش یابد.

کلید واژه‌ها: نمونه‌برداری، آزمون خاک، نقشه‌برداری رقومی، فرا مکعب

[1] Conditioned Latin Hypercube Sampling
[2] Global Soil Mapping

پیشگفتار

طراحی الگوی نمونه‌برداری خاک، مرحله‌ای مهمی در اجرای مطالعات خاکشناسی محسوب می‌شود و اثرات مهمی بر نتایج آزمون خاک و تهیه نقشه‌های رقومی خاک دارد. در گذشته بیشتر به الگوی نمونه‌برداری تصادفی و شبکه‌بندی منظم توجه می‌شد، ولی امروزه روش فرامکعب لاتین مشروط برای طراحی الگوی نمونه‌برداری خاک ابداع شده، ولی از آنجا که این روش کمتر مورد بررسی و توجه بوده، نگارنده را بر آن داشت تا با تدوین یک نشریه فنی، به جنبه‌های عملی و کاربردی استفاده از این روش در مطالعات خاکشناسی به‌طور ساده و البته عملی و کاربردی بپردازد. در بخش اول این نشریه، ابتدا ضمن معرفی روش cLHS، مزایای استفاده از آن ارائه شده و سپس شرایط استفاده از این روش در مطالعات خاکشناسی تشریح شده است. در انتها نیز اجزای مختلف برنامه cLHS و همچنین روش اجرای برنامه، به تفصیل تشریح شده است. هدف نگارنده، ارائه روش عملی استفاده از cLHS بوده تا یک محقق یا دانشجوی تحصیلات تکمیلی با خواندن این نشریه، به‌طور مستقل و بدون نیاز به استفاده از سایر منابع آموزشی، بتواند نیاز پژوهشی خود را برای طراحی الگوی نمونه-برداری خاک به روش cLHS برطرف کند. بر این مبنا، تا حد امکان سعی شده، از ارائه مبانی نظری پرهیز شود و در عوض، دستورالعمل اجرای برنامه cLHS به تفصیل ارائه شده است. امید است این نشریه به استفاده عملی از روش cLHS در زمینه پژوهش‌های مختلف علوم خاک کمک کند. نگارنده از سر تواضع و فروتنی، مشتاقانه پذیرای نظرات ارزنده شما خواننده محترم بوده تا ضمن شناسایی نقاط قوت و ضعف آن به بهبود محتوای فنی نشریه در چاپ‌های بعدی اقدام کند و در این راه از هم‌یاری شما خواننده محترم، کمال تشکر و قدردانی را دارد.

۱- مقدمه

در یک آزمون خاک، انجام نمونه‌برداری، مرحله مهم در ارزیابی وضعیت خاک است. در اینجا ابتدا با روش‌های مختلف نمونه‌برداری خاک آشنا شده، در ادامه به بررسی نقاط ضعف و قوت آن‌ها پرداخته می‌شود و سپس روش cLHS برای طراحی الگوی نمونه‌برداری محیطی تشریح می‌شود.

یک نمونه‌برداری مناسب باید به روشی انجام گیرد که اصطلاحا مصداق عبارت "مشت نمونه خروار" باشد. یعنی نمونه برداشت شده، موید خصوصیات کل منطقه همگن باشد. روش **نمونه‌برداری تصادفی**، این شرط مهم را برآورده نمی‌کند و از دقت کمی برخوردار بوده،به همین دلیل کمتر مورد استفاده و استناد علمی قرار می‌گیرد.

از دیگر الگوهای نمونه‌برداری محیطی می‌توان به الگوی **نمونه‌برداری مشبک منظم** اشاره داشت که بیشتر مورد استناد علمی قرار می‌گیرد. این روش گرچه معمول و ساده است اما از دقت بالایی برخوردار نبوده،

چرا که بدون به‌کارگیری اطلاعات محیطی منطقه می‌باشد و در واقع تمامی نقاط نمونه‌برداری از پراکنش یکنواختی برخوردار است، در حالی که خاک، محیطی ناهمگن بوده و نمونه‌برداری یکنواخت به صورت مشبک، این هدف را برآورده نمی‌کند. از طرفی، بایستی در نظر داشت که ورود هر نوع خطایی در مرحله تعیین الگوی نمونه‌برداری محیطی، تاثیر محسوس و معنی‌داری بر صحت و دقت نقشه رقومی خاک تهیه شده دارد و در نتیجه تفسیر اطلاعات نقشه را با خطا مواجه می‌سازد.

روش نمونه‌برداری **فرا مکعب لاتین مشروط**[۱]، روشی نوین برای برطرف کردن مشکلات روش‌های نمونه-برداری تصادفی و شبکه‌بندی منظم است که مزیت آن، به‌کارگیری داده‌های محیطی (از قبیل شیب، پوشش گیاهی، شوری خاک و غیره) در طراحی الگوی نمونه‌برداری می‌باشد. به‌عبارتی در این روش، از تصاویر ماهواره-ای و نقشه رقومی ارتفاع برای تعیین محل نمونه‌برداری استفاده می‌شود.

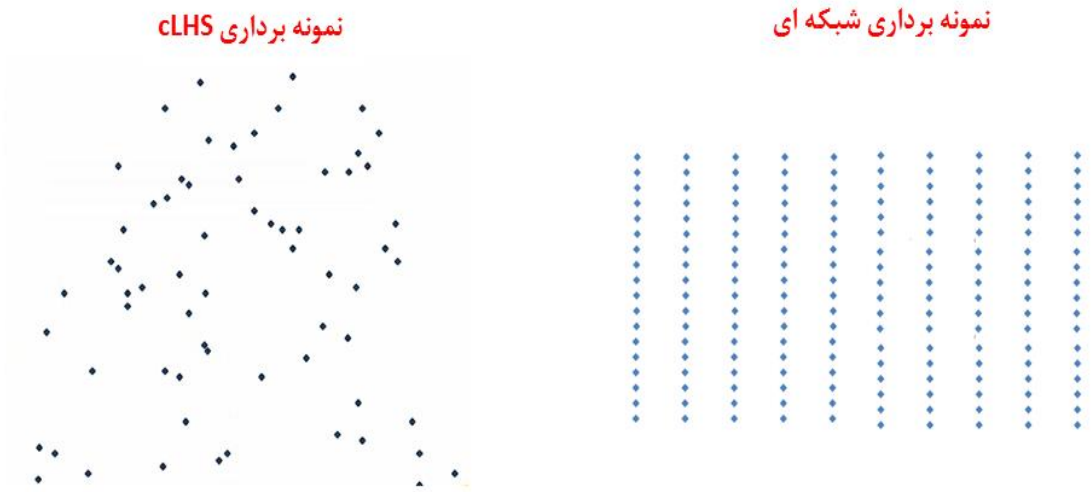
از آنجا که نمونه‌برداری محیطی (اعم از آب، خاک، گیاه، و غیره) بخش مهمی از مراحل اجرای یک طرح تحقیقاتی بوده و همواره مورد نیاز یک پژوهشگر است، به‌کارگیری سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌تواند تسهیل-گر این موضوع باشد. بر این مبنا، امروزه استخراج داده‌های کمکی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یک راهکار مفید، مطمئن و سهل‌الوصول در طراحی الگوی نمونه‌برداری محیطی، مورد استناد علمی قرار گرفته است. در اینجا، طراحی الگوی نمونه‌برداری محیطی[۲] با استفاده از روش cLHS با هدف دانش‌افزایی و مهارت افزایی متخصصین رشته‌های کشاورزی، محیط زیست، منابع طبیعی و آبخیزداری در قالب ارائه مبانی نظری و ارائه مباحث عملی (استفاده عملی از روش cLHS) طی مراحل مختلف به شرح زیر ارائه شده است.

[۱] Conditioned Latin Hypercube Sampling

[۲] Designing Environmental Sampling Pattern

۲- معرفی روش cLHS:

روش cLHS اولین بار در سال ۲۰۰۶ به‌وسیله Minasny و McBratney معرفی شد. در روش‌های مرسوم (از قبیل الگوی نمونه‌برداری تصادفی و مشبک منظم)، بدون استفاده از داده‌های کمکی نسبت به نمونه‌برداری محیطی اقدام می‌شود، ولی مزیت روش cLHS در این است که در این روش از داده‌های کمکی برای تعیین الگوی نمونه‌برداری محیطی استفاده می‌شود. این روش با به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای و نقشه رقومی ارتفاع تا حد امکان تغییرات مکانی[۱] و ناهمگنی اکولوژیکی[۲] را مد نظر قرار می‌دهد. شکل ۱ تفاوت الگوی نمونه‌برداری منظم و روش cLHS را نشان می‌دهد.



شکل ۱-تفاوت الگوی نمونه‌برداری منظم و روش cLHS

در اینجا ابتدا آشنایی با محیط نرم‌افزار cLHS انجام می‌گیرد. سپس به‌منظور تبیین اهمیت و لزوم به‌کارگیری داده‌های معین مستخرج از این نرم‌افزار، پارامترهای خروجی از این نرم‌افزار که در پروژه‌های تحقیقاتی رشته‌های مختلف اعم از خاکشناسی، آبیاری، محیط زیست، منابع طبیعی و آبخیزداری کاربرد دارد، تشریح می‌شود تا بدینوسیله به کاربرد داده‌های مستخرج از این نرم‌افزار در حوزه علمی آگاهی یابند. در مرحله سوم، روش کار با این نرم افزار به صورت عملی و به‌وسیله شخص فراگیر در محیط نرم افزار تشریح می‌شود.

---

[۱] Spatial Variation

[۲] Ecologic Heterogeneity

روش فرامکعب لاتین مشروط (cLHS) در سالیان اخیر در تحقیقات در زمینه نقشه‌برداری رقومی خاک مورد توجه بوده و روش استاندارد در نقشه برداری جهانی خاک[۱]هم می‌باشد. اساس این روش بر مبنای انتخاب پیکسل‌هایی در نقشه رقومی ارتفاع و تصاویر ماهواره‌ای است که بیشینه واریانس را دارا باشند.

این روش ترجیحاً برای محققینی که برای انجام طرح تحقیقاتی نیاز به نمونه‌برداری محیطی از آب، خاک و غیره دارند و مرتبط با رشته‌های کشاورزی، منابع طبیعی، آبخیزداری، محیط‌زیست هستند، کاربرد دارد. بر این مبنا، متخصصین رشته‌های کشاورزی (خاکشناسی، آبیاری و غیره) منابع‌طبیعی، آبخیزداری و محیط زیست که برای انجام طرح تحقیقاتی یا پایان‌نامه مقاطع تحصیلات تکمیلی نیاز به نمونه‌برداری محیطی (از آب، خاک، و غیره) دارند مخاطب این نشریه هستند.

از زمان معرفی روش cLHS به‌وسیله Minasny و McBratney (۲۰۰۶) تاکنون، این روش مورد استناد علمی فراوانی قرار گرفته است. این روش بر پایه مدل اسکورپن[۲] ارائه شده است که عامل‌های خاک‌سازی از قبیل داده‌های کمکی خاک (S)[۳]، اقلیم (C)[۴]، موجودات زنده(O)[۵]،پستی و بلندی(R)[۶]، ماده مادری(P)[۷]،زمان (A)[۸]و موقعیت مکانی (N)[۹]در آن دخیل هستند (Du Plessis و Manyevere، ۲۰۲۰). برای اینکه تعداد زیادی متغیر محیطی[۱۰]در روش cLHS استفاده نشود بایستی برای تمامی مولفه‌های اصلی در معادله اسکورپن (بجز زمان و موقعیت مکانی) تحلیل اجزای پایه (PCA)[۱۱] انجام شود. در این روش، قبل از تحلیل PCA بایستی تمامی لایه‌های اطلاعاتی موجود در معادله اسکورپن بر مبنای مقیاس صفر و صد درجه‌بندی شوند (Du Plessis و همکاران، ۲۰۲۰). جدول ۲ اجزا و برخی عوامل محیطی در معادله اسکورپن را نشان می‌دهد.

---

[۱] Global Soil Mapping

[۲] S=f(S, C, O, R, P, A, N)

مدل اسکورپن(SCORPAN) بیانگر خصوصیاتی از خاک است که اصطلاحا عامل های تشکیل دهنده خاک نامیده می‌شوند و شامل پارامترهای ژئومورفومتری (داده های کمکی)، اقلیم، موجودات زنده، پستی بلندی، ماده مادری، زمان و موقعیت مکانی منطقه (مختصات جغرافیایی) است.

[۳] Soil Covariates

[۴] Climate

[۵] Organism

[۶] Relief

[۷] Parent Material

[۸] Age/Time

[۹] Spatial factor

[۱۰] Covariates

[۱۱] Principal Component Analysis

جدول۲- اجزا و برخی عامل‌های محیطی در معادله اسکورپن (Du Plessis و همکاران، ۲۰۲۰)

اجزای معادله اسکورپن	برخی عامل‌های معرف
خاک	نوار ۴ تصاویر ماهواره لندست
اقلیم	میانگین بارندگی[۱] و میانگین درجه حرارت[۲]
موجودات زنده	NDVI[۳] و نوار ۵ و ۶ ماهواره لندست
پستی و بلندی	شیب[۴]، انحنای مقطع[۵]،انحنای شکل مسطح[۶]، TWI[۷]،AACN[۸] و MRVBF[۹]
ماده مادری	نقشه زمین شناسی

۳- مزایای روش cLHS:

نتایج تحقیقات مختلف نشان داد این روش نسبت به روش‌های مرسوم از قبیل نمونه‌برداری تصادفی و الگوی شبکه‌بندی منظم از دقت بیشتری برخوردار بوده که در واقع دقت بیشتر آن مربوط به استفاده از داده‌های کمکی در این روش می‌باشد (Olsson و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج پژوهش‌های قبلی نشان داد از میان انواع روش‌های نمونه‌برداری خاک شامل نمونه‌برداری تصادفی[۱۰](Minasny و McBratney، ۲۰۰۶)، تکنیک شبیه‌سازی مونتکارلو[۱۱]،روش رگرسیون کریجینگ (Minasny و McBratney، ۲۰۱۰) [۱۲]، (Olsson و همکاران، ۲۰۰۳) روش cLHS موثرتر و دقیق‌تر شناخته شد. به‌طوری‌که هم اکنون از این روش در نقشه‌برداری جهانی خاک نیز استفاده شده است (Minasny و McBratney، ۲۰۱۰). نتایج تحقیق دیگری نشان داد هر چه تعداد نمونه افزایش یابد (بیشتر از ۳۰ نمونه)، کارایی روش cLHS نسبت به سایر روش‌های نمونه‌برداری (از قبیل نمونه برداری مشبک منظم) افزایش می‌یابد (Wadoux و Brus، ۲۰۲۰).

---

۱ Median Annual Precipitation (mm/year)

2 Average Annual Temperature (°c/year)

3Normalized Difference Vegetation Index

4Slope (percentage)

۵ Profile Curvature

۶ Planform Curvature

7 Topographic Wetness Index

۸ Altitude Above Channel Network

9 Multi-Resolution Index of Valley Bottom Flatness

۱۰ Random Sampling and Equal Spatial Strata

۱۱Standard Monte Carlo Simulation Technique, SMC

۱۲Kriging

۴- کاربرد cLHS در علوم مختلف خاکشناسی:

cLHS برای تحقیقات در زمینه‌های مختلف علوم خاک کاربرد دارد. نتایج تحقیقات نشان داد این روش برای تحقیقات در زمینه فرسایش خاک (Du Plessis و همکاران، ۲۰۲۰)، شیمی و حاصلخیزی خاک (Costa و همکاران، ۲۰۲۰)،، (Zeraatpisheh و همکاران، ۲۰۱۹)،، (Paul و همکاران، ۲۰۱۹)،، (Zhao و همکاران، ۲۰۲۰)، ارزیابی قابلیت اراضی کشاورزی[۱](Van Zijl, 2019) و هیدرولوژی (Van Zijl و همکاران، ۲۰۱۹) موثر بوده است. اسدی و همکاران (۱۳۹۶) از روش cLHS در مطالعات فرسایش رسوب در دو منطقه گیلان و لرستان استفاده کردند و این روش را مناسب گزارش کردند، به‌طوری که با وارد کردن سایر پارامترهای موثر در فرسایش و رسوب (از قبیل پوشش گیاهی، کاربری اراضی) می‌توان افزایش دقت مدل را انتظار داشت. پهلوان‌راد و همکاران (۱۳۹۳) از روش cLHS برای پهنه‌بندی رقومی واحدهای خاک استفاده کردند و این روش را مطلوب ارزیابی کردند (پهلوان‌راد و همکاران. ۱۳۹۳). بدین ترتیب می‌توان نتیجه‌گیری کرد روش cLHS در علوم مختلف خاکشناسی کاربرد داشته و با توجه به نتایج تحقیقات قبلی، این روش نسبت به روش نمونه‌برداری تصادفی و شبکه‌بندی منظم از دقت بیشتری برخوردار بوده است.

۵- شرایط استفاده از روش cLHS:

نتایج پژوهش‌ها نشان داد، این روش در اراضی با مساحت زیاد (چندین هکتار) دقت مطلوبی داشته ولی برای اراضی با سطح کم از دقت مطلوبی برخوردار نبوده است. همچنین یکی از معایب این روش این است که برای به‌کارگیری این روش، نیاز به داده‌های کمکی یا پارامترهای ژئوموفومتری متعددی می‌باشد و در صورتی که به هر دلیلی امکان تهیه داده‌های کمکی وجود نداشته باشد، نمی‌توان از این روش استفاده کرد. نمونه‌برداری ساده برای تعیین داده‌های نقطه‌ای (داده‌های مکان مبنا) از دیگر الزامات بکارگیری این روش است. این بدان معنی است که بایستی در یک مکان معین با طول و عرض جغرافیایی خاص، اطلاعات پارامتر مورد نظر (مثلا شوری خاک) وجود داشته باشد و در صورتی که نمونه‌برداری مرکب باشد از دقت این روش کاسته می‌شود. این روش برای نمونه‌برداری سطحی خاک کاربرد دارد و بدیهی است برای مواردی که نیاز به تعیین خصوصیات زیر سطحی خاک باشد، نمی‌توان از این روش استفاده کرد. از دیگر الزامات این روش، دسترس بودن تصاویر ماهواره‌ای و نقشه رقومی ارتفاع محل مورد نظر است که طبیعتاً این اطلاعات بایستی قبل از به‌کارگیری روش cLHS، استخراج داده‌های کمکی، با استفاده از نرم‌افزارهایی از قبیل SAGA GIS انجام گیرد (Zeraatpisheh و همکاران، ۲۰۱۹)،، (Paul و همکاران، ۲۰۱۹).

[۱] Land Capability Assessment

۶- روش اجرای cLHS:

۶-۱- اجزای برنامه cLHS:

برنامه cLHS، از چهار فایل اولیه تشکیل شده که در شکل ۳ نشان داده شده است.

Name	Date modified	Type	Size
clhs.exe	3/17/2009 3:04 PM	Application	352 KB
clhs_input.txt	9/14/2010 10:04 AM	Text Document	1 KB
grid_input.TXT	10/19/2007 3:07 PM	Text Document	282 KB
instructions.txt	9/14/2010 10:02 AM	Text Document	2 KB

شکل ۳- فایل‌های اولیه مورد استفاده در روش cLHS

۶-۱-۱- فایل دستورالعمل[۱]:

این فایل فقط برای مطالعه کاربر طراحی شده و در آن اطلاعاتی در مورد الگوریتم‌های این برنامه درج شده است که البته مطالعه آن، در قبل از اجرای برنامه برای کاربران توصیه می‌شود. شکل ۴ دستورالعمل اجرای cLHS را نشان می‌دهد.

Conditioned Latin hypercube sampling

Selecting n no. samples from data N, so the n samples form a Latin hypercube.

Datafile in text format, no heading
Heading, if not numerals will be skipped (ignored(
If heading is numerals, it could be treated as data, so be careful!
-If data has a coordinate (x,y) set icord = 1, the file format is in x,y, variable1, 2.... ,
-If only contains the variables (set icord=0), the file format is in variable1, 2.... ,

Modify the "clhs_input.txt" file for the parameter to run the program.

```
$lhi
infile='data.txt'                    ! input data file (see above)
outfile='out_data.txt'               ! output file
nvar=20                               !number of variables
```

[۱] instruction

```
nsam=200                                    !number of samples
icord=0                                     !icord =1 datafile contains coordinates,
otherwise icord=0
w1=1.0                                          !optimisation weight to data
w2=0.5                                          !optimisation weight to correlations
among
data variables
niter=20000                                 !number of iterations (usually greater than
20 000 to get a good hypercube(
tfactr=0.99                                 !Anneal cooling schedule (no need to modify)
$end
```

شکل ۴- دستورالعمل اجرای cLHS

۲-۱-۶-فایل grid_input.txt

نحوه تهیه فایل grid_input.txt در فایل ضمیمه تشریح شده است. این فایل حاوی اطلاعاتی در مورد داده‌های کمکی (از قبیل باندهای مختلف تصاویر ماهواره‌ای و نقشه رقومی ارتفاع) است که به‌وسیله نرم-افزارهایی از قبیل SAGA GIS یا ArcMap GIS قابل بازیابی و ویرایش هستند. در این فایل، عنوان ستون‌ها شامل نام داده کمکی مورد نظر است (مثلا ماده آلی خاک) و ردیف‌های زیر آن شامل اعدادی است که حاوی داده‌های کمکی است. در اینجا حتما دقت شود میان اعداد بایستی علامت کاما (,) باشد و در صورتی که میان اعداد علامت وجود داشت، بایستی با استفاده از نرم‌افزار Edit Pad علامت (;) را به (,) تبدیل کرد. همچنین در صورت درج طول و عرض جغرافیایی، بایستی تعداد ستون‌های داده‌های کمکی به همراه ۲ ستون حاوی طول و عرض جغرافیایی منظور شود. شکل ۵ محتویات فایل grid_input.txt را نشان می‌دهد.

grid_input.TXT - Notepad

File Edit Format View Help

```
Prin Comp 1,Prin Comp 2,Prin Comp 3,Prin Comp 4,Prin Comp 5,Prin Comp 6,Prin Comp 7,Prin Comp 8,Prin Comp 9,Prin Comp 10
-0.3919785,1.4618149,0.19783678,0.68167876,0.59943046,1.30167338,0.15203324,0.17408187,2.67703519,0.5229268
-0.3286431,-0.0482893,-1.0164251,1.30402579,0.31710328,0.12892052,-1.8174737,0.80215768,0.16902594,-0.9447418
-0.5297479,-0.2763056,-0.6262088,1.08076585,0.0001703,0.0170649,-1.63736,0.8933237,0.31965357,-0.8362636
-0.2067148,-0.0445894,0.48995265,0.85594072,1.16437929,0.10740687,-0.9940575,-0.1193236,0.81861385,-1.4563391
0.64116145,0.86853566,-0.3740804,1.52710309,0.56675272,0.36436216,-2.3791692,0.51421201,1.00588799,0.02076105
0.25025336,0.6051331,0.44491955,1.34309635,1.08101337,0.52106948,-2.2736281,0.26087002,2.0537011,-0.9156849
0.1181112,0.59332902,-0.0845047,1.11363876,0.22905765,0.3276708,-2.7149373,0.50113302,1.1344011,-0.3707579
0.31899609,-1.1652433,1.15171866,0.40388003,-0.5065412,0.23097104,-0.5566688,-0.3861106,-0.4496,-1.0380613
1.23611925,-0.8476663,1.10562015,0.50468552,-0.3374638,0.08562254,-0.3337366,-1.0158135,-0.5213421,-0.0759777
0.90384735,-1.1901928,0.63817848,-0.2531919,-0.7941435,0.0854265,-0.4147464,-0.0288066,-0.5539067,0.16989273
1.40419549,-1.2029807,0.42604944,-0.8397621,-0.5743175,0.32748512,-0.1810405,-0.0126269,-1.1609417,-1.0573689
-1.1400509,0.04353522,0.1478042,-0.5293158,-0.4395649,0.64875606,0.04607435,-0.4010142,-0.0471945,0.1496149
-0.8668751,-0.3164202,-0.54662,-1.7821606,-1.5024937,0.24606423,0.08038923,0.11623923,-0.5565098,0.22884255
1.20797799,-1.2100073,0.83025923,1.33866448,-0.5998167,-0.4280136,0.14990629,-0.7653336,1.92078435,0.16037025
0.63294918,-1.1915582,0.23118948,0.79995199,-1.1475497,-0.1151496,-0.5049887,0.08047458,1.17118563,-0.8243405
-0.6806027,-1.5404749,-1.2057849,0.14142685,-0.8715205,-0.2497853,-0.952566,0.91676614,1.04667553,-0.7434406
1.11011039,-1.4161626,-2.3663313,-0.720415,0.00408429,0.73087722,-1.2234541,1.38679625,0.54490803,-1.5961392
-2.1694102,-0.1998486,0.54076587,-0.0771426,1.14306623,-0.1612771,-0.2644639,0.85952921,-0.4524615,0.6322341
-1.1099095,-0.1286831,-1.1073137,-0.7238209,1.08958274,0.72442367,0.492153,0.01055232,-0.5480196,1.09077085
-1.60657,-1.1242377,-0.5007189,1.11149842,-0.5176085,-0.0449965,-0.1654054,0.42307787,0.38848617,0.14441174
-0.7915138,-0.8945022,-0.4431202,1.03189974,-0.8056425,0.16588091,-0.6782697,0.35197792,0.45318807,0.10517223
0.7817537,-0.8350139,1.49376641,0.91564394,-0.3114486,0.18184295,0.53526471,-0.3059201,0.76973259,1.60950356
-1.780569,-1.3423943,-0.4328445,0.37222677,0.48289558,0.74284504,-0.5737566,0.06820586,1.13663822,-0.1469165
-0.9883649,0.31702427,0.57437963,0.64645375,-0.2413781,0.63259085,-0.9566354,0.31085703,-0.1303431,0.54385498
-0.8881866,0.44135081,1.79114461,0.26587908,0.59352505,1.12875788,-0.1092939,0.49667635,1.75766173,-0.8423599
0.08239864,-0.2254597,-0.0087786,0.89436358,-0.3031091,0.17617209,0.36815792,-0.5639254,0.22239355,0.88396135
-0.3863699,-0.7261154,-0.953374,0.75238572,-0.1903297,0.2351105,-0.2418037,-0.0190874,-1.0049136,0.95479441
-0.2402779,-0.2090819,0.03258945,1.65034307,-0.3529562,-0.0004277,0.24432741,-0.2038155,0.35025193,0.75880419
-1.8696287,-0.3287737,-0.3493414,1.25607231,-0.8366895,-0.2146764,-0.081253,0.07026993,0.56920703,-0.5581969
```

شکل ۵-محتویات فایل grid_input.txt

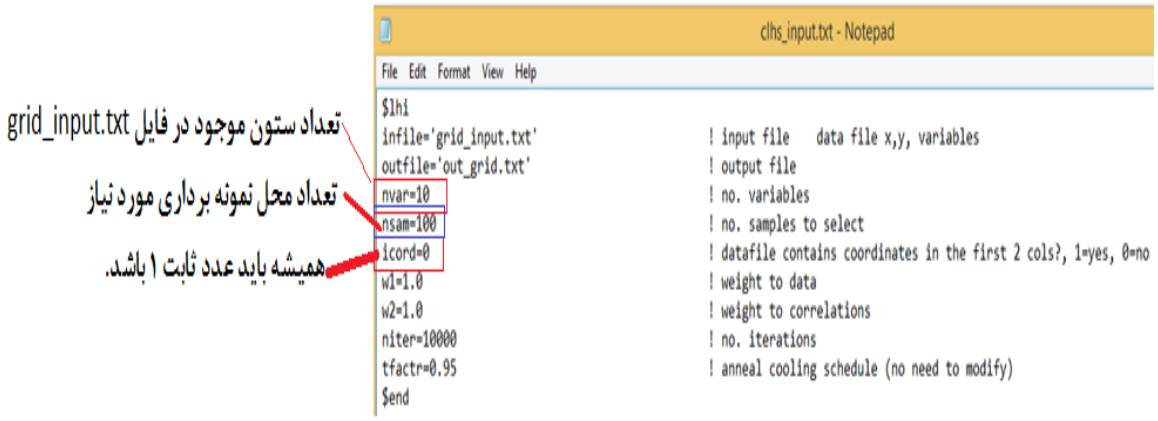
۳-۱-۶-فایل clhs_input.txt

درفایل با نام clhs_input، پارامترهای مورد استفاده برای روش cLHS تعریف می‌شود. *nvar*[۱] نشان-دهنده تعداد داده کمکی مورد استفاده در پژوهش است. به‌عنوان مثال در شکل ۳ تعداد ۱۰ داده محیطی در سر ستون‌ها نمایش داده شده است، بنابراین مقادیر عددی پارامتر *nvar* برابر ۱۰ خواهد بود. پارامتر دومی که بایستی اصلاح شود *nsam*[۲] است. اگر در هدف پژوه، تعداد ۵۰ نمونه بایستی برداشت شود در این صورت بایستی عدد جلوی این پارامتر ۱۰ درج شود. در صورتی که در فایل داده‌های کمکی (grid_input.txt) طول و عرض جغرافیایی وارد شده باشد باید عدد درج شده در جلوی *icord* همیشه ۱ باشد و در غیر اینصورت باید عدد صفر درج شود. در اینجا باید مقدار عددی *icord* ۱ باشد و در فایل grid_input.txt مقادیر طول و عرض جغرافیایی در ستون‌های جداگانه درج شود.

شکل ۶ محتویات فایل clhs_input.txt را نشان می‌دهد.

[۱] number of variable

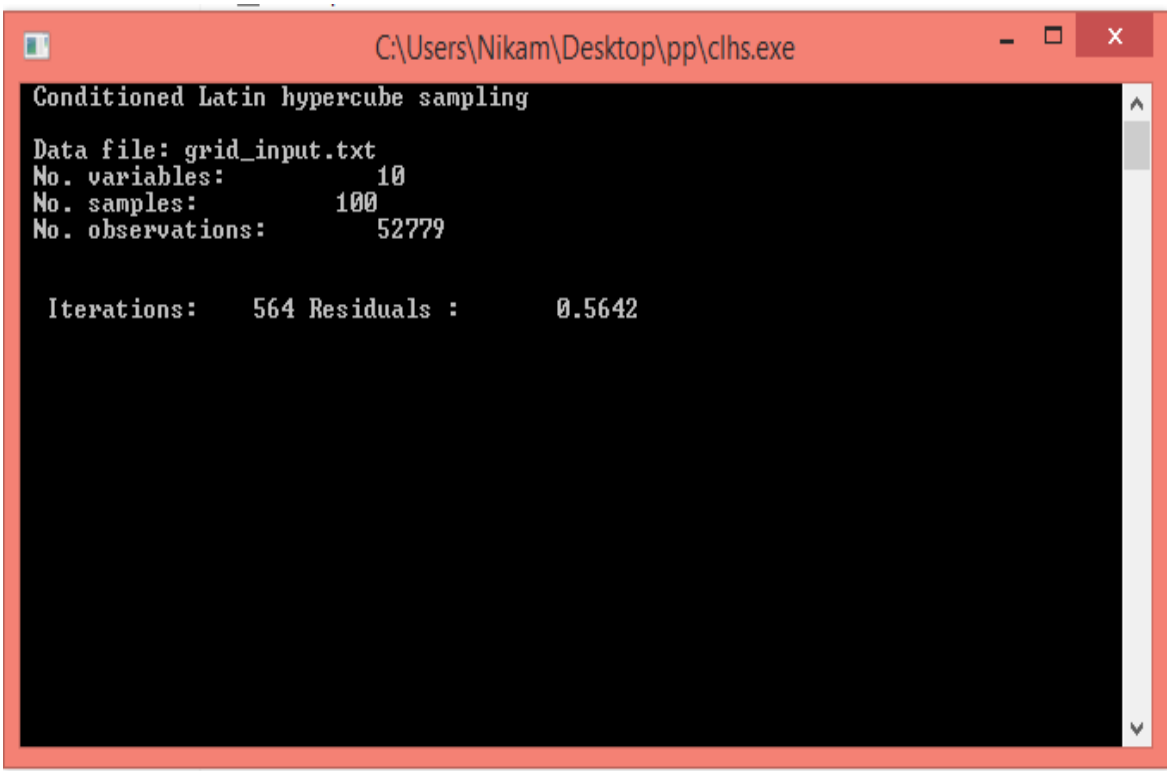
[۲] number of sample



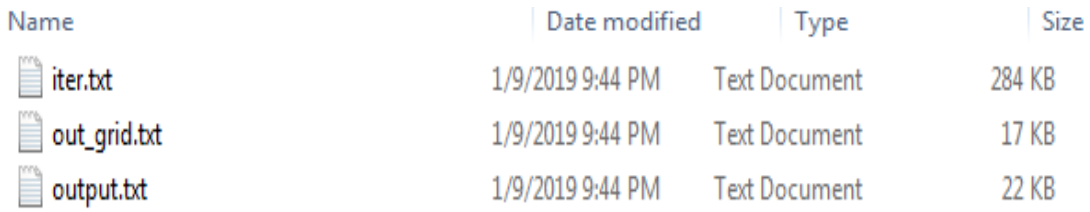
شکل ۶-محتویات فایل clhs_input.txt

۴-۱-۶-فایل clhs.exe

این فایل قابل باز شدن نیست و در واقع فایل اجرایی برنامه است. شکل ۷ نمایش صفحه اجرای برنامه cLHS را نشان می‌دهد. بطوری که پس از تکمیل ۳ فایل مشروح بالا، بایستی روی فایل clhs.exe کلیک کرده تا داده‌های ورودی به برنامه، مورد پردازش و تحلیل قرار گیرد. در این حالت، پس از اجرای برنامه، سه فایل جدید شامل iter.txt، out_grid.txt و output.txt ایجاد می‌شود که نتیجه پردازش اطلاعات در این برنامه بوده و در ادامه تشریح می‌شود. شکل ۸ سه فایل ایجاد شده پس از اجرای برنامه cLHS را نشان می‌دهد.



شکل ۷-نمایش صفحه اجرای برنامه cLHS



شکل ۸: سه فایل ایجاد شده پس از اجرای برنامه cLHS

۵-۱-۶-فایل iter.txt

فایل iter.txt تابع هدف را نشان می‌دهد. تابع هدف نمایانگر این مطلب است که در هر تکرار این برنامه، پیکسل‌هایی با بیشینه واریانس تفکیک می‌شود تا این که به تعداد نمونه مورد نیاز در آزمایش برسد. به عنوان مثال در iteration ۱۰۰۰۰ تعداد ۵۰ پیکسل که در واقع ۵۰ محل نمونه‌برداری با بیشینه واریانس است تعیین می‌شود. شکل ۹ محتویات فایل iter.txt را نشان می‌دهد.

iter.txt - Notepad

File Edit Format View Help

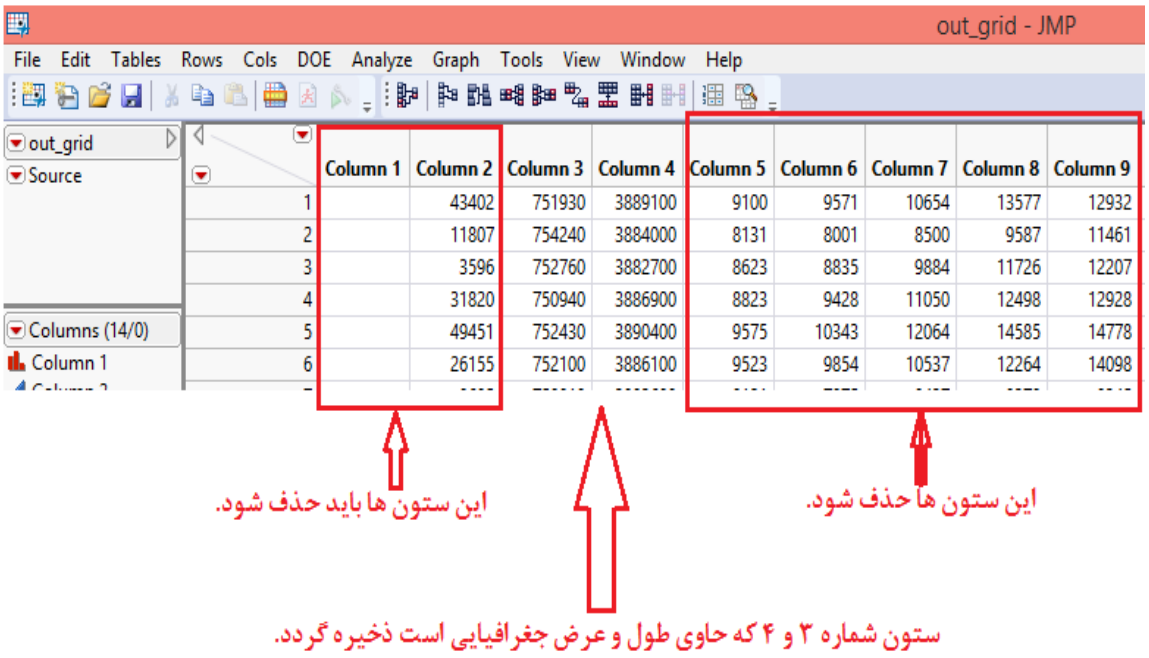
1	0.8002660
2	0.8057650
3	0.8048398
4	0.8070167
5	0.8029423
6	0.7998737
7	0.8048069
8	0.8036999
9	0.7982948
10	0.7888693
11	0.7870165
12	0.7924864
13	0.7899319
14	0.7897865
15	0.7878075
16	0.7834814
17	0.7922216
18	0.7817689
19	0.7773955
20	0.7729850
21	0.7709268
22	0.7672458
23	0.7685174
24	0.7742910
25	0.7767985
26	0.7842324
27	0.8008342
28	0.8008179
29	0.8013566
30	0.7983807
31	0.7934965
32	0.7962970
33	0.7967297
34	0.8010279
35	0.7953798
36	0.7987167

شکل ۹- محتویات فایل iter.txt

۶-۱-۶-فایل out_grid.txt

فایل out_grid.txt پیکسل‌هایی با بیشینه واریانس را نمایش می‌دهد که طول و عرض آنها برای ترسیم نقشه طراحی الگوی نمونه‌برداری محیطی استفاده می‌شود. بدین منظور تمامی ستون‌ها بجز ستون‌های طول و عرض جغرافیایی را در نرم‌افزار اکسل یا جی ام پی[۱] حذف کرده و با پسوند txt. ذخیره شود و نهایتا آن را در نرم‌افزار ArcMap GIS به فرمت txt. باز می‌کنیم. شکل (۱۰) محتویات فایل out_grid.txt را نشان می‌دهد.

[۱]JMP Statistical discovery from SAS (https://www.jmp.com/en_us/home.html)

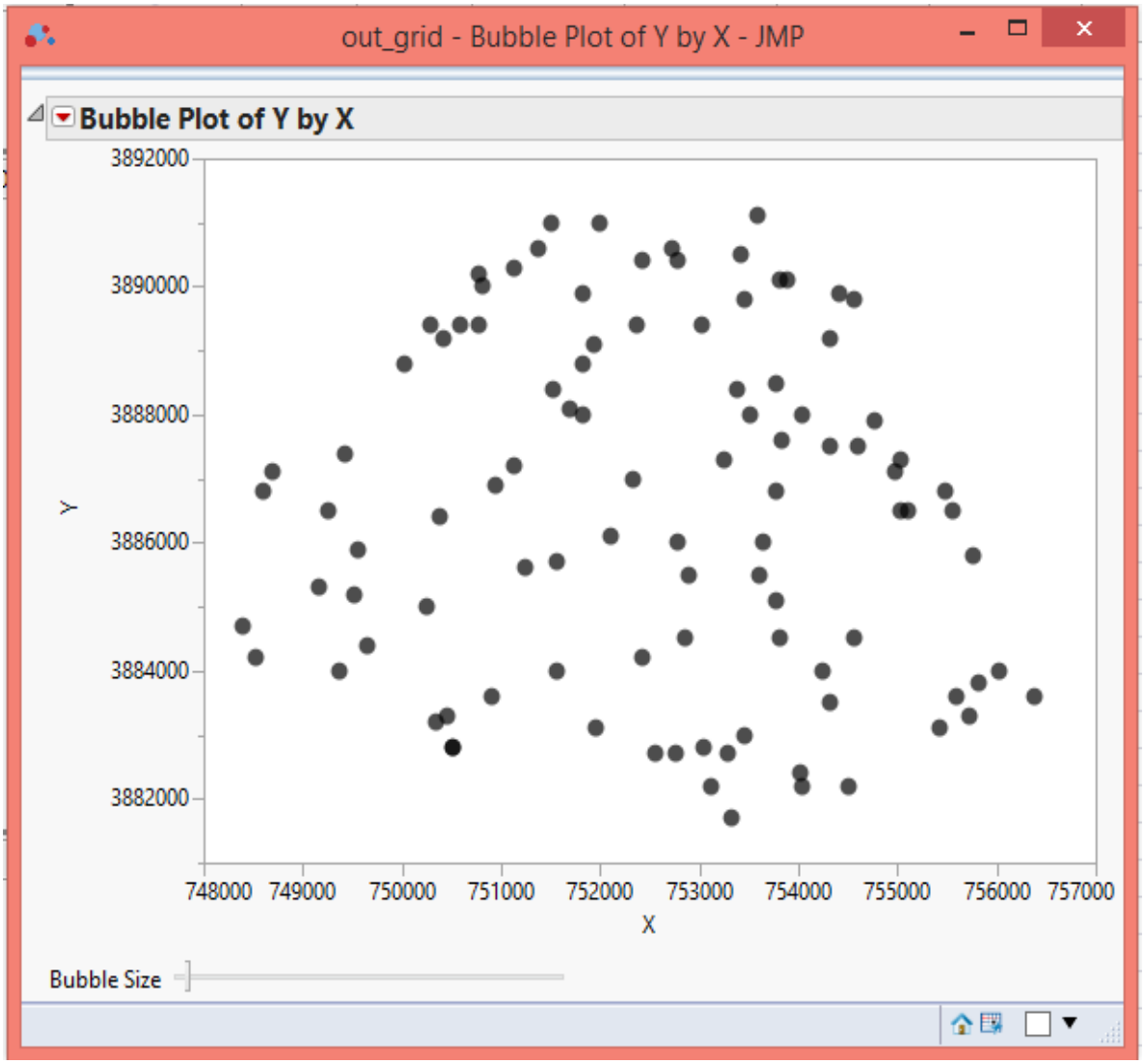


شکل ۱۰- محتویات فایل out_grid.txt

در مرحله بعد، در نرم‌افزار ArcMap GIS فایل out_grid.txt اصلاح شده را باز می‌کنیم و روی نام فایل کلیک راست کرده و دستورات زیر را به ترتیب اجرا می‌کنیم:

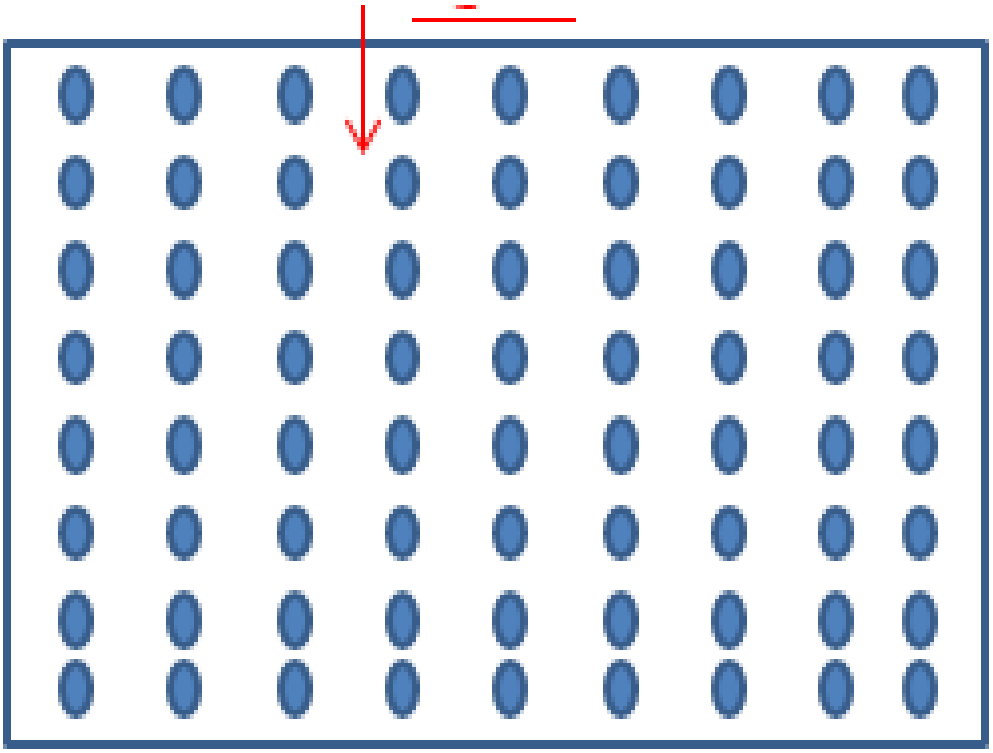
- Display x, y- Save as project to .kmz
- Export Data to .shp

پس از اجرای دستورات بالا در نرم‌افزار ArcMap GIS یا JMP، نقشه حاوی نقاط مناسب برای نمونه-برداری نمایش داده می‌شود. شکل ۱۱ یک نمونه از الگوی نمونه‌برداری به روش cLHS را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱–یک نمونه از الگوی نمونه‌برداری به روش cLHS

بدین ترتیب طراحی الگوی نقشه‌برداری محیطی به روش cLHS بر اساس بیشینه واریانس پیکسل‌ها در منطقه مورد مطالعه خواهد بود. گرچه مبنای طراحی الگوی نمونه‌برداری در دو روش شبکه‌بندی منظم و روش cLHS متفاوت است ولی برای درک بهتر تفاوت این دو روش، شکل ۱۲ الگوی نقشه‌برداری در حالتی که از cLHS استفاده نشده است (الگوی نمونه‌برداری شبکه‌ای منظم) را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲– الگوی نقشه‌برداری در حالتی که از cLHS استفاده نشده است (الگوی نمونه‌برداری شبکه بندی منظم)

شکل ۱۲ محتویات فایل out_grid.txt را نشان می‌دهد.

out_grid.txt - Notepad

File Edit Format View Help

586	0.49573	-1.2562	1.2013	-0.14655	-1.0128	0.29850	0.55846E-01	-0.45213
403	0.66794E-01	-1.6309	1.6023	0.92753	-2.2324	-0.97522	-0.52086E-01	0.83172
488	0.11527	0.15324	-0.27557	0.82057E-01	-1.8342	-0.20536	-0.70476	-0.21304
396	0.16248	1.7853	-0.36544	-0.82918	-0.15930	-0.83170E-02	0.12257	1.0223
2176	-0.97922	0.45766	0.58889E-01	-0.72027	0.21779	-0.60531	0.71519	0.47817
2283	-1.2843	-0.74387	1.3149	0.45218	1.3048	0.75943	-1.6022	-0.20723
1063	-0.47618	-0.58435E-01	3.2551	-0.74802	-0.10627E-01	-1.5298	0.87966E-02	2.8239
1420	-0.64673	0.28069	0.28984	-0.95678	-0.18330	0.20069	-0.44324E-01	1.2774
351	-0.61233	0.51194	-0.72880E-01	-1.4211	-0.95763	0.17660	0.39201	-0.66439
371	-2.0068	0.31796E-01	-0.10647	-0.47488	0.94234	-0.32558	0.93563	-0.29816
1037	-0.18813	0.34734	-0.74745	1.2699	-1.8136	-0.73433	0.59629	-0.62786
1161	1.0954	1.2519	-0.60961	-0.85633	-0.58382	0.73699	-1.0279	0.95092
506	-0.77192	0.97787E-01	0.77357	0.26785	-0.54504	-0.35671	0.79492	-0.87654
1918	-0.22531E-01	0.26018	1.4648	-0.97953	0.32460	0.42628	-0.30978	0.75879
717	1.1387	-1.3099	0.88893	-0.40500	0.40834	1.7722	-0.29078	-0.13750
1298	-0.41977	-0.54054	-0.84456	1.8528	-0.22510	-0.56904	0.29654	-1.1698
25	-0.88819	0.44135	1.7911	0.26588	0.59353	1.1288	-0.10929	0.49668
2125	0.52975	1.4456	-0.44942E-01	0.29691	0.99570	-0.33244	-0.99737	-0.38436E-01
663	-1.1116	-0.88352	-0.52774	1.3035	-0.38466	-0.47319	-0.38614	0.22936
439	1.1114	-0.80431	2.3597	-1.8024	-0.79613	-1.2026	0.74465E-01	0.93865
2224	0.37466	1.5977	-0.69384	-0.42997	1.6176	1.3162	-0.24479	0.58814
1157	0.39487	0.84245E-01	0.80437	0.27787E-01	-0.73312	0.70428E-01	0.42700	-0.97754
482	-0.51395	-0.64344	-2.2169	1.0234	0.66954	-0.74708	-0.76146E-01	-0.23669E-01
826	-1.0793	0.67004	0.96737	0.46786	0.97046	1.4496	-1.8877	-0.62386
528	-0.44750	1.3925	0.93467E-01	-0.49831	0.50568	-0.18007	2.3327	0.82393
1646	2.2946	-2.6202	-0.20065	-0.81560	0.70457	1.3823	0.18940	1.1393
2300	-0.11296	1.1813	0.61320	-0.17595	0.39620E-01	0.86111	0.87641	-0.94198
284	-2.2630	-0.85610	-0.29894	0.59612E-01	2.0066	-0.82983	-0.17161	0.86855
2082	0.75841	-1.4927	-1.5421	0.57076	0.82725E-01	0.34738	-1.1866	0.30118E-01
1	-0.39198	1.4618	0.19784	0.68168	0.59943	1.3017	0.15203	0.17408
1907	0.82851E-01	0.63545	-1.8820	-2.0451	-1.5986	0.68110	0.34952	-1.6100
2472	-0.71528	1.5286	0.86585	0.30751	0.11129	0.49018	-0.11186	-0.86428
343	-3.3482	-1.5307	0.37991	-0.50198	2.5354	-0.63503	1.9127	-0.28601

شکل ۱۳– محتویات فایل out_grid.txt

۷-۱-۶-فایل output.txt

فایل output.txt اطلاعات پردازش شده طی اجرای برنامه cLHS را نشان می‌دهد که فقط برای اطلاع است و در تجزیه و تحلیل داده‌ها کاربرد ندارد. شکل ۱۳ محتویات فایل output.txt را نشان می‌دهد.

output.txt - Notepad

File Edit Format View Help

```
Quantiles
   0   0.0000      -3.3587      -3.3022      -3.1444      -3.8499      -3.3150      -4.1480      -3.4643      -2.9114
-3.3842
   1  0.10000E-01  -2.3079      -2.4523      -2.2565      -2.4755      -2.2280      -2.3329      -2.3648      -1.7971
-2.3830
   2  0.20000E-01  -2.0663      -2.2221      -1.9655      -2.1340      -1.9257      -1.9459      -2.0610      -1.6318
-1.9899
   3  0.30000E-01  -1.9164      -2.0792      -1.7978      -1.9257      -1.7940      -1.6286      -1.8228      -1.5322
-1.7942
   4  0.40000E-01  -1.8007      -1.9773      -1.6812      -1.7739      -1.6743      -1.4748      -1.6907      -1.4619
-1.6795
   5  0.50000E-01  -1.6870      -1.8662      -1.6088      -1.6447      -1.5648      -1.3471      -1.5545      -1.4018
-1.5683
   6  0.60000E-01  -1.5660      -1.7517      -1.5242      -1.5222      -1.4649      -1.2476      -1.4822      -1.3548
-1.5020
   7  0.70000E-01  -1.4907      -1.6676      -1.4719      -1.4441      -1.3942      -1.1910      -1.3842      -1.2989
-1.4082
   8  0.80000E-01  -1.4378      -1.5859      -1.4100      -1.3601      -1.3398      -1.1088      -1.2692      -1.2555
-1.3506
   9  0.90000E-01  -1.3219      -1.5078      -1.3337      -1.2714      -1.2877      -1.0557      -1.1863      -1.2189
-1.2920
  10  0.10000      -1.2797      -1.4474      -1.2653      -1.2222      -1.2470      -1.0011      -1.1404      -1.1573
-1.2457
  11  0.11000      -1.2312      -1.3471      -1.1947      -1.1512      -1.2013      -0.95329     -1.0701      -1.1239
-1.2044
  12  0.12000      -1.1838      -1.2756      -1.1499      -1.1097      -1.1393      -0.91472     -1.0094      -1.0747
-1.1421
  13  0.13000      -1.1371      -1.2387      -1.0917      -1.0562      -1.0803      -0.87660     -0.97089     -1.0402
-1.0999
  14  0.14000      -1.1004      -1.2055      -1.0408      -1.0248      -1.0412      -0.83950     -0.92397     -1.0068
-1.0499
  15  0.15000      -1.0492      -1.1617      -1.0004      -0.98163     -1.0157      -0.79841     -0.87701     -0.98095
-1.0256
  16  0.16000      -0.99669     -1.1114      -0.95189     -0.94532     -0.97360     -0.76290     -0.83018     -0.94523
-0.98029
  17  0.17000      -0.97543     -1.0518      -0.92831     -0.89902     -0.94379     -0.70456     -0.79771     -0.91020
-0.93320
```

شکل ۱۳- محتویات فایل output.txt

۷- نتیجه‌گیری

طراحی الگوی نمونه‌برداری مطلوب،همواره تاثیر محسوس و معنی‌داری بر نتایج تحلیل خاک داشته، بطوری که امروزه استفاده از یک روش استاندارد و مدرن برای طراحی الگوی نمونه‌برداری در یک نقشه‌برداری رقومی خاک بیشتر از گذشته مورد توجه قرار گرفته است. از آنجا که استفاده از امکانات سامانه اطلاعات جغرافیایی می‌تواند تسهیلگر این امر قرار گیرد، امروزه استخراج داده‌های کمکی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یک راهکار مفید و مطمئن در طراحی الگوی نمونه‌برداری محیطی برای اجرای پروژه‌های تحقیقاتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساس روش cLHS، مبتنی بر انتخاب پیکسل‌هایی با بیشینه واریانس از میان داده‌های محیطی موجود در منطقه است که این داده‌های محیطی نیز به نوبه خود بوسیله تصاویر ماهواره‌ای و نقشه رقومی ارتفاع تهیه شده‌اند.

برنامه cLHS در قبل از اجرا، حاوی ۳ فایل اولیه می باشد که پس از اجرای برنامه، ۳ فایل جدید نیز به آن اضافه می‌شود. برای اجرای cLHS، ابتدا در فایل grid_input.txt داده‌های کمکی وارد می‌شود. سپس در فایل clhs_input.txt سه پارامتر *nvar*، *nsam* و *icord* را به ترتیب با تعداد داده کمکی مورد استفاده، تعداد نمونه مورد نیاز و عدد ثابت ۱ درج می‌شود. پس از اجرای فایل clhs.exe سه فایل جدید ایجاد می‌شود که فایل out_grid.txt پیکسل‌هایی با بیشینه واریانس را نشان می‌دهد. این فایل را می‌توان در نرم‌افزار ArcMap GIS نمایش داد تا نقشه حاوی الگوی نمونه‌برداری خاک را مشاهده کرد.

۸- منابع مورد استفاده:

- پهلوان‌راد، م.، ف. خرمالی، ن.تومانیان.، ف.کیانی و ب.کمکی. ۱۳۹۳. پهنه‌بندی رقومی واحدهای خاک با استفاده از مدل درختان تصمیم‌گیری تصادفی در استان گلستان. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۲۱ (۶): ۷۳-۹۳.
- اسدی، م.، ع. فتح‌زاده و ر.ا. تقی‌زاده مهرجردی. ۱۳۹۶. بهینه‌سازی مدل‌های برآورد بار معلق به کمک پارامترهای زمین ریخت‌شناسی و تکنیک کاهش ویژگی. تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران). ۴۸ (۳): ۶۷۸-۶۶۹.

Costa, E.M., H.S.K.Pinheiro., L.H.C.D. Anjos., R.A.T. Marcondes and Y.A. Gelsleichter. 2020. Mapping soil properties in a poorly-accessible area. RevistaBrasileira de Ciência do Solo, 44.

Du Plessis, C., G .Van Zijl., J. Van Tol and A. Manyevere. 2020. Machine learning digital soil mapping to inform gully erosion mitigation measures in the Eastern Cape, South Africa. *Geoderma*, *368*, p.114-287.

Minasny, B. and A.B. McBratney. 2006. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. Computers & geosciences, 32(9), pp.1378-1388.

Minasny, B. and A.B.McBratney. 2010. Methodologies for global soil mapping. In *Digital soil mapping* (pp. 429-436). Springer, Dordrecht.

Olsson, A., G.Sandberg and O.Dahlblom. 2003. On Latin hypercube sampling for structural reliability analysis. Structural safety, 25(1), pp.47-68.

Paul, S.S., N.C. Coops., M.S. Johnson., M. Krzic and S. M. Smukler. 2019. Evaluating sampling efforts of standard laboratory analysis and mid-infrared spectroscopy for cost effective digital soil mapping at field scale. Geoderma, 356, p.113925.

Van Zijl, G. 2019. Digital soil mapping approaches to address real world problems in southern Africa. Geoderma, 337, pp.1301-1308.

Van Zijl, G., J.van Tol., M.Tinnefeld and P.Le Roux. 2019. A hill slope based digital soil mapping approach, for hydropedological assessments. Geoderma, 354, p.113-888.

Zeraatpisheh, M., S.Ayoubi.,A.Jafari.,S.Tajik and P.Finke. 2019. Digital mapping of soil properties using multiple machine learning in a semi-arid region, central Iran. Geoderma, 338, pp.445-452.

Wadoux, A.M.C. and D.J.Brus. 2020. How to compare sampling designs for mapping?. European Journal of Soil Science. 1-12. DOI: 10.1111/ejss.12962.

Wadoux, A., B.Minasny and A.McBratney. 2020. Machine learning for digital soil mapping: applications, challenges and suggested solutions, 1-10.

Zhao, X.Z.T., M.Arshad., N.Li., E. Zare and J. Triantafilis. 2020. Determination of the optimal mathematical model, sample size, digital data and transect spacing to map CEC (Cation exchange capacity) in a sugarcane field. Computers and Electronics in Agriculture, 173, p.105-436.

Zeraatpisheh, M., S.Ayoubi., A.Jafari., S.Tajik and P.Finke. 2019. Digital mapping of soil properties using multiple machine learning in a semi-arid region, central Iran. Geoderma, 338, pp.445-452.

Designing Soil Sampling Pattern Using cLHS Method
(Included Protocol Using cLHS Method in Soil Survey Study)

Abstract

Digital soil mapping is used to prediction of soil properties statistically. Selection of environmental sampling pattern is important to achieve the desired accuracy and precision. Here, Conditioned Latin Hypercube Sampling method (cLHS) is discussed, which it has been considered in the field research of digital soil mapping at recent years and has been the standard method at Global Soil Mapping. This method is based on selecting pixels with maximum variance from the auxiliary data in the region, which in turn is provided by satellite images and digital elevation map (DEM). Optimal sampling pattern design has a significant impact on the results of soil analysis, and a standard and modern method to design a sampling pattern has received more attention in a digital soil mapping. Since GIS can help this, the extraction of auxiliary data from satellite images is used as a useful and reliable solution in designing an environmental sampling model for research projects. To run cLHS, we first enter auxiliary data in the grid_input.txt file. Then we enter the three parameters include*nvar*, *nsam*, and *icord* with the number of auxiliary data, the number of samples required, and the fixed number 1, respectively in the clhs_input.txt file. After running the clhs.exe file, three new files are created that has the out_grid.txt file with maximum variance pixels. This file can be displayed in ArcMap GIS software to view the map containing the soil sampling pattern. This method is preferably used for researchers who need environmental sampling, including water, soil, etc., to conduct a research project or dissertation and are related to the of agricultural, natural resources, watershed management, and the environmental fields. Agriculture (soil science, irrigation, etc.) natural resources, watershed management and environment who need environmental sampling including water, soil, etc. to carry out a research project or dissertation are the audience of this publication to use this method, increase the accuracy of environmental sampling. Here, it has been presented a manual for use of cLHS and thus a theoretical foundation has been avoided, and the reader has been referred to the sources to obtain additional information about theoretical foundations.

Keywords: Sampling, Soil Testing, Digital Soil Mapping, Hype cube

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Tittle: Designing Soil Sampling Pattern Using cLHS Method (Included Protocol Using cLHS Method in Soil Survey Study)

Author: Mahdi Sadeghi Pour Marvi

Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Tirage: 10

Year: 2021

This scientific work has been registered with the registration number of 60791 at the date of 2021-12-19 the Agriculture Information and Scientific Document Center. All rights reserved. No parts of this publication may be reproduced or transmitted without the original reference.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Tehran

Designing Soil Sampling Pattern Using cLHS Method

(Included Protocol Using cLHS Method in Soil Survey Study)

Author: Mahdi Sadeghi Pour Marvi

Series Number: 60791

Winter 2021

Minstry of Agriculture - Jahad
Agriculture Research, Education and Extention Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute

Technical Report

Designing Soil Sampling Pattern Using cLHS Method

Included Protocol Using cLHS Method in)

(Soil Survey Study

Series Number: 60791
Winter 2021