مقایسه مدل استنباطی خاک - محیط (SIE) و مدل استنباطی خاك - سرزمین(SoLIM) در نقشه‌برداری خاک با تأکید بر استفاده از منطق فازی

آذر فاریابی [۱]، حمید رضا متین فر [۲]
۱-دانشجوی دکتری علوم و مهندسی خاک دانشگاه لرستان، ۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه لرستان

چکیده
نقشه‌برداری رقومی خاک، با استفاده از مدل‌های مختلف خاک- سیمای زمین، منجر به ساده‌سازی پیچیدگی‌های موجود در سامانه‌ی طبیعی خاک می‌شود. هدف از پژوهش حاضر، مقایسه مدل استنباطی خاک - محیط (SIE) و مدل استنباطی خاك- سرزمین(SoLIM) در نقشه‌برداری خاک با تأکید بر استفاده از منطق فازی می باشد. برای این منظور لایه‌های ورودی مدل SIE و مدل SoLIM ، لایه رقومی زمین‌شناسی ، داده های اقلیمی منطقه، کاربری اراضی و لایه‌های محیطی از مدل رقومی ارتفاع استخراج شدند. سپس نقشه‌های فازی برای پنج نوع خاک تهیه‌شده و نقشه نهایی پیش‌بینی خاک با عمل غیرفازی کردن ایجاد شد. نتایج نشان داد که مدلهای SIE و SoLIM که از متغیرهای محیطی استفاده می‌کنند، توانایی بالایی در جداسازی انواع خاک با جزئیات بیشتر دارد. مقایسه ماتریس خطا نشان می‌دهد که صحت کلی نقشه استنتاج شده از مدل SIE و مدل SoLIM به ترتیب برابر ۷۵ و ۱۰۰ درصد می‌باشد.

واژه های کلیدی: نقشه‌برداری رقومی خاک، مدل رقومی ارتفاع، منطق فازی،مدل SIE، مدل SoLIM

مقدمه
نقشه‌برداری رقومی خاک بر اساس پیدایش خاک و درنتیجه اطلاعات منتج شده از متغیرهای کمکی خاک بر اساس عوامل پنج‌گانه تشکیل خاک، می‌باشد (McBratney et al,۲۰۰۳). لئو و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که توزیع رده‌های خاک به مقدار زیادی تحت تأثیر مواد مادری و توپوگرافی است، اما امکان دارد که پوشش گیاهی بسیار مشابهی داشته باشند. ازاین‌رو، اطلاعات مواد مادری محلی و توپوگرافی می‌توانند به‌عنوان متغیرهای کمکی خاک برای نقشه‌برداری رده‌های خاک در مناطق کوهستانی محلی استفاده شوند. مدل استنباطی خاك- سرزمین[۴](SoLIM)، از جمله مدل هایی است که به منظور غلبه بر محدودیت های موجود در روش های شناسایی سنتی خاك، توسط ژو و همکاران (۱۹۹۶) ارایه شده است . ژو محدودیت آگاهی و دانش موجود درباره ی مدل های ذهنی خاك- سرزمین در نقشه های چندگوشه و تعمیم نتایج حاصل ازبررسی ویژگی های خاك و تغییرپذیری مکانی آن ها را دلیل ناکارآمدی نقشه برداری سنتی خاك می داند. مدل SoLIM براساس مفهوم همبستگی عوامل تشکیل خاک برای توسعه نهادهای طبیعی خاک در واحدهای چشم انداز خاک می باشد. مدل استنباطی خاک- محیط[۵](ArcSIE) ازجمله مدل‌هایی است که به‌منظور غلبه بر محدودیت‌های موجود درروش های شناسایی سنتی خاک، توسط شی در سال ۲۰۰۴ ارائه‌شده است(Shi, ۲۰۰۴). در این مدل نقشه‌ی خاک بر پایه‌ی مدل خاک محیط ایجاد می‌گردد. بدین معنا که خاک تابعی از عوامل محیطی است.

$$S = f(E) \qquad (۱)$$

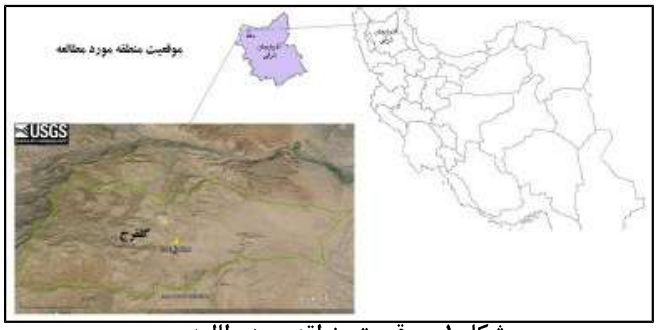
این مدل بیان می‌کند که اطلاعات در مورد خاک (S) را می‌توانید از اطلاعات مربوط به محیط‌زیست، شکل‌گیری خاک (E)، ازجمله توپوگرافی، زمین‌شناسی، آب‌وهوا، پوشش گیاهی و غیره به دست آورد. مؤلفه‌های مهم در این مدل ارتباط بین خاک و محیط‌زیست آن (f) است ArcSIE. یک رویکرد مبتنی بر دانش، برقراری این ارتباط را پشتیبانی می‌کند ArcSIE. ابزاری برای دانشمندان خاک برای رسمی کردن ارتباط بر اساس دانش موجود از خاک محلی را فراهم می‌کند. ArcSIE با دو نوع دانش کار می‌کند: یکی استدلال قاعده‌ها که به‌صورت مقادیر سیمای محیطی تعریف می‌شوند و دیگری استدلال موردها که در فضای جغرافیایی تعریف می‌شوندکه می تواند به صورت نقطه، خط، پلی گون و یا پیکسل باشد. این مدل بر پایه‌ی منطق فازی استوار است که خروجی اولیه حاصل از مدل استنباطی، یک سری از نقشه‌های تابع عضویت فازی با فرمت رستری است. (شی، ۲۰۱۰) الگوریتم استنباط در مدل SIE از ۹ تابع P، E و T تشکیل‌شده است

SIE ابزاری برای اعتبار سنجی نتیجه، تجزیه‌وتحلیل زمین، قبل و بعد از پردازش داده‌های رستری برای، تبدیل فرمت اطلاعات فراهم می‌کند (Shi, ۲۰۰۶). هدف از پژوهش حاضر، مقایسه مدل استنباطی خاک - محیط (SIE) و مدل استنباطی خاك- سرزمین(SoLIM) در نقشه‌برداری خاک با تأکید بر استفاده از منطق فازی در منطقه گلفرج استان آذربایجان شرقی می باشد .

[۴] Soil-Land Inference Model; SoLIM
[۵] Soil Inference Engine (ArcSIE)

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مطالعاتی: منطقه‌ی موردمطالعه بین عرض‌های شمالی ′۴۴ ′۵۱ ۳۸ تا ′۸ ′۵۶ ۳۸ و طول‌های شرقی ′۵۰ ′۲۳ ۴۵ و ′۲۶ ′۳۶ ۴۵ در ۲۰ کیلومتری شهرستان جلفا واقع‌شده است. (شکل ۱) بر اساس کلید رده‌بندی آمریکایی خاک (Soil Survey Staff. ۲۰۱۰) ، رژیم‌های رطوبتی و حرارتی خاک منطقه‌ی مطالعاتی، زریک و مزیک می‌باشند(بنایی،۱۳۷۷).



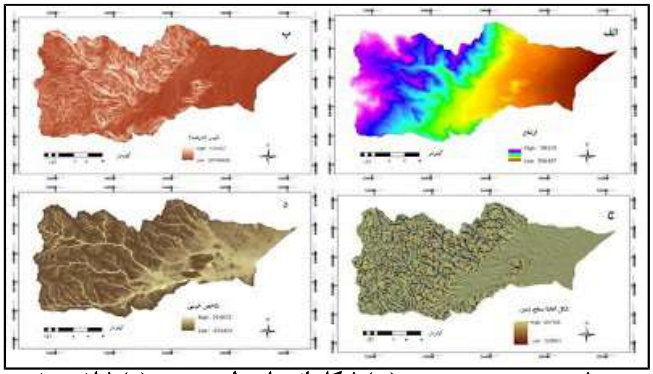
شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

- تهیه‌ی داده‌های رقومی و پردازش آن‌ها

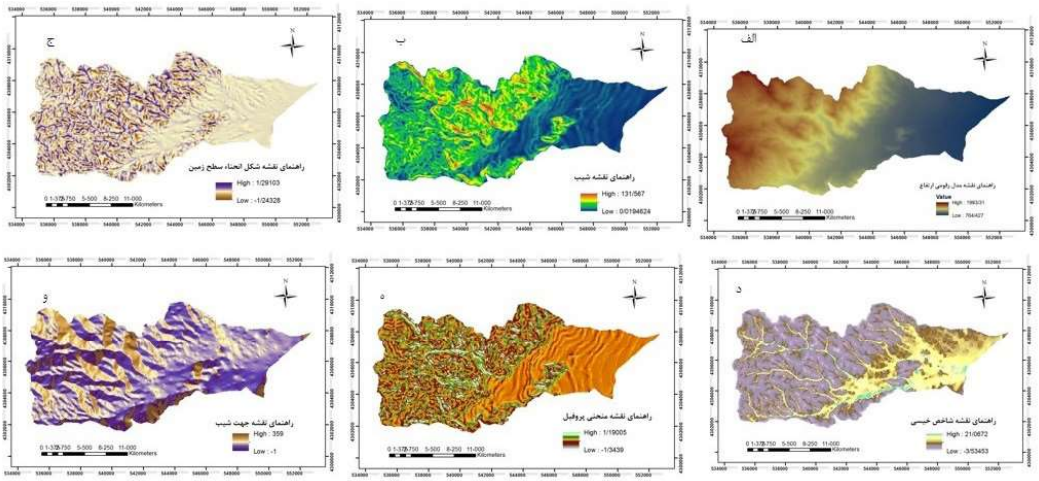
به‌منظور ایجاد لایه‌های رقومی ورودی مدل ArcSIE و مدل SoLIM لایه رستری مدل رقومی ارتفاع (DEM) مورداستفاده قرارگرفته است. لایه‌های ورودی مدل SIE ، لایه رقومی زمین‌شناسی و لایه‌های محیطی منتج شده از مدل رقومی ارتفاع (DEM)، شامل: ارتفاع ، شیب‌بر حسب درصد ، شکل انحنا سطح زمین، شاخص خیسی می‌باشند (شکل ۲). لایه‌های ورودی مدل SoLIM ، لایه رقومی زمین‌شناسی، داده های اقلیمی منطقه ، لایه رقومی کاربری اراضی و لایه‌های محیطی منتج شده از مدل رقومی ارتفاع (DEM)، شامل: ارتفاع ، شیب‌بر حسب درصد ،جهت شیب، شکل انحنا سطح زمین،منحنی پروفیل، شاخص خیسی می‌باشند (شکل ۳). به‌منظور تولید لایه‌های عوارض سطحی (مانند لایه درجه شیب و شکل انحنا سطح) اندازه همسایگی ۳۰ متر و به‌منظور محاسبه از الگوریتم ایوانز - یانگ استفاده‌شده است (Pennock etal, ۱۹۸۷). شاخص خیسی به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$w = \ln(\text{جریان تجمعی} / \text{درجه شیب}) \quad (۲)$$

در این رابطه w شاخص خیسی می‌باشد که از رابطه(۲) با در دست داشتن جریان تجمعی و درجه شیب محاسبه می شود.. مدل ArcSIE و مدل SoLIM برای پنج تیپ خاک، یک تابع عضویت فازی شبکه‌ای (رستری) برای هرکدام از انواع خاک ارائه می‌کند. هر پیکسل از این توابع عضویت فازی عددی بین صفرتا صد را به خود اختصاص می‌دهد. نقشه‌های تابع عضویت فازی ایجادشده غیر فازی می‌شوند. در طی فرآیندغیر فازی کردن، خاک با مقادیر بیشینه تابع عضویت فازی در یک موقعیت مکانی به‌عنوان خاک آن موقعیت مکانی انتخاب می‌گردد.فرآیند غیرفازی کردن چندین نقشه تابع عضویت فازی مربوط به خاک‌های مختلف را تبدیل به یک نقشه شبکه‌ای (رستری) می‌کند که در آن نقشه خروجی هر پیکسل تنها متعلق به یک نوع خاک است.



شکل ۲- (الف) نقشه ارتفاع ، (ب) درجه شیب‌بر حسب درصد ، (ج) شکل انحنا سطح زمین ، (د) شاخص خیسی منتج شده از مدل رقومی ارتفاع منطقه موردمطالعه توسط مدل SIE



شکل ۳- (الف) نقشه ارتفاع ، (ب) درجه شیب‌بر حسب درصد ، (ج) شکل انحنا سطح زمین ، (د) شاخص خیسی ه) منحنی پروفیل و) جهت شیب منتج شده از مدل رقومی ارتفاع منطقه موردمطالعه توسط مدل SoLIM

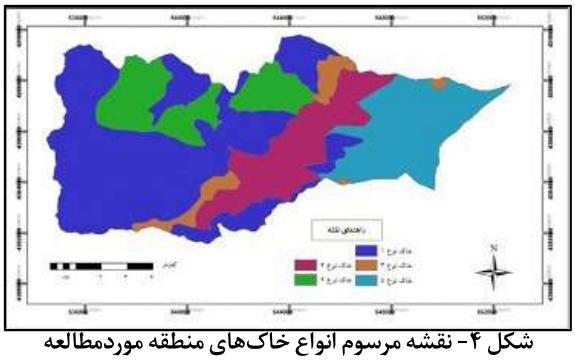
ارزیابی نتایج نهایی مدل ArcSIE و مدل SoLIM از طریق محاسبه‌ی صحت کلی نقشه (OA) انجام گرفت (Rossiter,۲۰۰۰)، این ویژگی، با تشکیل ماتریس خطا توسط مدل SIE و نقاط کنترلی و بر اساس فرمول زیر قابل‌محاسبه می‌باشد (Rossiter,۲۰۰۰ ، Legros,۲۰۰۶).

$$O.A = \frac{\sum_{i=1}^{c} Eii}{N} \qquad (۴)$$

که در آن c تعداد کلاس‌ها، N تعداد کل پیکسل‌های معلوم، Eii اعضا قطری ماتریس خطا و O.A. دقت کلی طبقه‌بندی می‌باشد.

نتایج و بحث

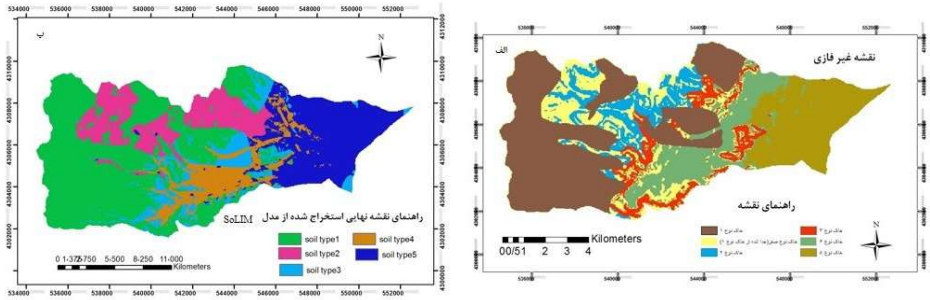
بر اساس مطالعات انجام‌گرفته ستادی و صحرایی، که بر اساس تفسیر عکس‌های هوایی، نقشه توپوگرافی منطقه، نقشه زمین‌شناسی و نیز انطباق آن‌ها با پیمایش صحرایی انجام‌یافته، در حوضه گلفرج ۵ تیپ خاک تشخیص داده شد و بر این اساس نقشه انواع خاک تهیه شد که همان روش مرسوم تهیه نقشه خاک (شکل ۴) می‌باشد. نقشه‌های خروجی اولیه مدل SIE و مدل SoLIM به صورت نقشه های فازی برای هر سری خاک تهیه شد. در هر یک از این نقشه‌ها، رنگ تیره‌تر به معنی عضویت فازی بالاتر برای خاک می‌باشد. نقشه پیش‌بینی نهایی (شکل ۵) برای منطقه موردمطالعه نقشه غیر فازی، نتایج SIE و مدل SoLIM می باشد. نقشه رقومی سری‌های خاک که به‌وسیله غیرفازی کردن ایجادشده‌اند کلاس‌های با بالاترین مقادیر عضویت فازی برای هر ۳۰ متر واحد سلول را به تصویر می‌کشند. در نتایج به دست آمده به‌طور قابل‌توجهی قدرت تفکیک مکانی، توزیع و پیچیدگی سری‌های خاک ، بیشتر از اشغال موقعیت‌های توپوگرافی در زمین‌نما می‌باشد. خاک نوع یک در نقشه پیش‌بینی نهایی (غیرفازی) توسط مدل SIE به دو قسمت بانام‌های خاک نوع صفر و نوع یک تقسیم‌شده است. مرز تفکیک نوع یک و نوع صفر توسط لایه زمین‌شناسی ایجادشده است؛ زیرا در قسمت خ اک نوع یک که در نقشه‌های سنتی مشخص‌شده است لایه‌های زمین‌شناسی متفاوتی داریم، اما در روش‌های مرسوم تهیه نقشه خاک، بیشتر تابع توپوگرافی و واحدهای همگن در عکس‌های هوایی می‌باشد. اما در مدل SoLIM فقط ۵ تیپ خاک جدا شده است. جدول ۱ مقایسه ماتریس خطا نقشه غیرفازی حاصل از مدل SIE و مدل SoLIM بر اساس سطح زیرگروه برای تمامی خاک رخ‌های منطقه موردمطالعه را نشان می‌دهد. که صحت کلی نقشه مدل SIE برابر ۷۵ درصد می‌باشد. اعتبارسنجی نقشه استخراج‌شده از مدل مدل SoLIM بااستفاده از نقاط کنترلی منطقه موردمطالعه ،صحت نقشه رقومی این مدل با توجه به جدول ماتریس خطا که توسط مدل SoLIM محاسبه شده ، برابر ۱۰۰ درصد می‌باشد. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده کیفیت و صحت نقشه‌ی رقومی خاک توسط مدل SoLIM است. زیرا در مدل SoLIM از لایه های اطلاعاتی و داده های محیطی بیشتری استفاده می شود .



شکل ۴- نقشه مرسوم انواع خاک‌های منطقه موردمطالعه

جدول ۱- ماتریس خطا نقشه رقومی حاصل از مدل SIE و مدلSoLIM بر اساس سطح زیرگروه برای تمامی خاک رخ‌های منطقه موردمطالعه

استنباط شده مشاهده‌شده	مدل	خاک نوع ۱	خاک نوع ۱	خاک نوع ۲	خاک نوع ۳	خاک نوع ۴	خاک نوع ۵	کل	دقت کاربر
خاک نوع ۰	ArcSIE	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰
	SoLIM	-	-	-	-	-	-	-	-
خاک نوع ۱	ArcSIE	۹	۶	۰	۰	۰	۰	۱۶	۶۰
	SoLIM	۱۶	۰	۰	۰	۰	۰	۱۶	۱۰۰
خاک نوع ۲	ArcSIE	۰	۰	۳	۰	۰	۰	۳	۱۰۰
	SoLIM	۰	۰	۳	۰	۰	۰	۳	۱۰۰
خاک نوع ۳	ArcSIE	۰	۲	۰	۳	۰	۰	۵	۶۰
	SoLIM	۰	۰	۰	۵	۰	۰	۵	۱۰۰
خاک نوع ۴	ArcSIE	۰	۰	۰	۰	۵	۰	۵	۱۰۰
	SoLIM	۰	۰	۰	۰	۵	۰	۵	۱۰۰
خاک نوع ۵	ArcSIE	۰	۰	۰	۰	۰	۸	۸	۱۰۰
	SoLIM	۰	۰	۰	۰	۰	۸		۱۰۰
صحت کل	ArcSIE	۷۵%							
	SoLIM	۱۰۰%							



شکل ۵- نقشه پیش‌بینی نهایی (غیرفازی) منطقه موردمطالعه استخراج شده ازمدل الف) Arc SIE ب) SoLIM

مک کی در سال ۲۰۱۰ از سیستم های مبتنی بر دانش(Arc SIE) برای تست انتقال مدل خاک - زمین نما در شمال شرق ورمونت استفاده کرد و به این نتیجه رسید که مدل پیش بینی به سیماهای محیطی با خصوصیات خاک مشابه قابل انتقال است و با این حال شناسایی محدودیت ها و آستانه ها در مدل های پیش بینی خاک - محیط مهم می باشد .الگوی سنتی یا معمول مطالعات خاک، بر اساس میزان توانایی و تجربه کارشناسان در تفسیر فرایندهای اصلی خاکساری و فاکتور های¬محیطی¬دخیل¬درتشکیل سیمای سرزمین ویا سیمای خاک، پایه‌ریزی شده است. بنابراین، داده‌ها و نقشه‌های استخراج‌شده از چنین الگویی، معمولاً ناتوانی مطالعات خاک در تشریح ساختار خصوصیات دینامیکی و ممتد سیمای سرزمین را آشکار می‌سازند. (Zhu et al, ۲۰۰۱).

منابع

- بنایی، م. ح. ۱۳۷۷. نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی ایران. مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور.

Legros, J.P. ۲۰۰۶. Mapping of the Soil. Science publishers, NH, USA, ۴۱۱ pp.
Luo, Y.M., Z.G. Li, L.H. Wu, S.C. Wu, G.L. Zhang, S.L. Zhou, Y.G. Zhao, Q.G. Zhao, M.H. Wong. and H.B. Zhang. ۲۰۰۷. Hong Kong Soils and Environment (in Chinese). Science Press, Beijing
McBratney, A.B., M.L. Mendonca-Santos. and B. Minasny. ۲۰۰۳. On digital soil mapping. Geoderma. ۱۱۷:۳۰-۵۲.
McKay, J, S.Grunwald, X.Shi, , R.F. Long,. ۲۰۱۰. Evaluation of the Transferability of a Knowledge-Based Soil-Landscape Model. Digital Soil Mapping Progress in Soil Science Volume ۲, pp ۱۶۵-۱۷۸
Pennock, D.J, B.J. Zebarth, and E. Dejong,. ۱۹۸۷. Landform classification and soil distribution in Hummocky terrain, Saskatchewan, Canada. Geoderma ۴۰:۲۹۷-۳۱۵.
Rossiter, D.G. ۲۰۰۰. Methodology for Soil Resource Inventories, ۲nd Revised Version, Soil Science Division, International institute for Aerospace Survey & Earth Science (ITC), ۱۳۲ pp.
Shi, X. ۲۰۰۶. Soil inference engine user's guide. In progress, unpublished.
Shi, X., A.X. Zhu, J.E. Burt, F.Qi. and D .Simonson. ۲۰۰۴. A Case-based reasoning approach to fuzzy soil mapping. Soil Sci. Soc. Am. J. ۶۸:۸۸۵-۸۹۴.
Smith, S., C.Bulmer, E.Flager, G.Frank. and D.Filatow. ۲۰۱۰. Digital soil mapping at multiple scales in British Columbia, Canada. In Program and Abstracts, ۴th Global Workshop on Digital Soil Mapping, ۲۴-۲۶ May ۲۰۱۰, Rome, Italy. p ۱۷.
Soil Survey Staff. ۲۰۱۰. Keys to soil taxonomy (۱۱th Ed). NRCS, USDA, USA
Zhu A., Band L., Dutton B., and Nimlos T.J. ۱۹۹۶. Automated soil inference under fuzzy logic. Ecological Modelling, ۹۰ : ۱۲۳-۱۴۵.
Zhu, A., B.Hudson, J.Burt, K.Lubich. and D.Simonson. ۲۰۰۱. Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic. Soil Science Society of America Journal, ۶۵: ۱۴۶۳-۱۴۷۲.

ABSTRACT

One problem with traditional mapping and identification of soils, relying on the expertise, time-consuming and time-consuming to prepare and update the map. While digital soil mapping, using different models, soil-Landscape, Leads to simplification of the inherent complexity of the natural system of soil. The purpose of digital mapping, predict soil categories or characteristics, based on the environmental variables or characteristics of the soil. The purpose of this study, inferential model soil - environment (SIE) and Soil-Land Inference Model(SoLIM) in soil mapping on the use of fuzzy logic in the Golfaraj area of East Azerbaijan province is. For this purpose the input layer of the SIE and SoLIM , layer of digital geological and environment Layers of a digital elevation model (DEM), including elevation, slope in percent, aspect, profil curvature, the curvature of the earth, wet index were extracted. These features, along with five subgroups of soil make up the SIE and SoLIM models input data in the study area, then the phase maps for the five soil types provided and the final map predicting soil was created by harden. The results showed that the SIE model that uses the environment variables high ability to separate the soil types in greater detail and soils with different parent materials separates completely. The error matrix shows conclusion the overall accuracy of the conclusion map of the models SIE and SoLIM respectively is equal to ۷۵% and ۱۰۰%.