بررسي رده بندي وتهية نقشة خاك بخشي از زمين‌هاي دشت ورامين با استفاده از پردازش رقومي تصاويـــر ماهواره اي سنجندة T.M[1]

كامران مروج[2] فريدون سرمديان[3] شهلا محمودي[4]

چكيده

در اين مطالعه، پردازش رقومي تصـاوير ماهواره‌اي حاصل از سنجندة **T.M** براي انجام برخي مطالعات خاكشناسي ونهايتاً تهيه نقشه واحدهاي خاك استفاده شده است. اين منطقه بخشي از زمين‌هاي دشت ورامين وحوضه رودخانه جاجـرود را دربرمي‌گيرد، به گونه‌اي كه رودخانه پس از ورود به آن در سرتاسر دشت پخش مي‌شود.با توجه به داده‌هاي نزديكترين ايستگاه هواشناسي به منطقه مورد بحث، مقدار متوسط بارندگي سالياته درمنطقه بين ١۴٠ تا ١۵٠ ميلي‌متر ومتوسط دما حدود ١٨ درجه سانتي‌گـراد اسـت. خاك‌هاي مورد بررسي، طبق رده‌بندي به روش آمريكايي(**USDA,١٩٩٩**) در دو ردة انتي‌سول‌ها و اريدي‌سول‌ها و براساس روش فائو عمدتاً جزء **Fluvisols** ، **Cambisols** وبرخي واحدها در **Calcisols** ، **Gypsisols** و **Solonchaks** جاي مي گيرند. براي تهيه نقشه واحـــدهـــاي خاك از روش طبقه‌بندي نظارت شده بيشترين احتمال استفاده شد. نسبت توافق بين اين نقشه و نقشه مرجع تهيه شده با روشهاي سنتي، ٨٢% و ضريب كاپاي آن ٧۵% است. با مطالعه جدول خطاي حاصل از اين دو نقشه نتيجه مي‌گيريم كه از بين ١٢ واحد نقشه خاك به‌دست آمده، واحد خاك ٢ از ۶ (يعني به ترتيب **Haplocalcids** و **Haplocambids**) و واحد خاك ٩ از ٧ (يعني به ترتيب **Calcaric Fluvisols** و **Calcaric Cambisols**) به‌خوبي از يكديگر تفكيك نشده‌اند. وجود درصد سيلت زياد درافق سطحي كه انعكاس طيفي بالاي خاك را به‌دنبال دارد سبب مي‌شود كه هنگام پردازش عكس‌ها، با پديده شوري كه انعكاس طيفي بالايي دارند، مشابه بوده و اشكالاتي را در تجزيه وتحليل داده‌ها به‌ويژه طبقه‌بندي تصوير به‌وجود آورد. اين تحقيق پيشنهاد مي‌كند كه در مطالعات گوناگون خاكشناسي در كنار انتخاب باندهاي طيفي مناسب، از عكس‌هاي تهيه شده در زماني‌كه زمين‌ها پوشش گياهي ندارد، استفاده شود. همچنين مي‌توان به‌طور همزمان عكس‌هاي داراي پوشش گياهي و بدون آن را به‌كار برد. در ضمن براي پرهيز از تداخل پديده‌هاي متفاوتي كه داراي انعكاس طيفي مشابهي در تجزيه وتحليل‌هاي رايانه‌اي هستند، جا دارد كه عكس‌هاي تهيه شده توسط ساير سنجنده‌ها از قبيل سنجنده‌هاي ماهواره **SPOT** فرانسه ويا **IRS** هندوستان و نيز ساير روش‌هاي طبـقه‌بندي از قبيل طبقه‌بندي بر مبناي موقعيت مكاني (مختصاتي) پديده‌ها (به جاي طبقه بندي براساس تفاوت انعكاس طيفي) نيز بررسي و مطالعه شود.

[1] - تاريخ دريافت: ٨١/٢/٢٨، تاريخ تصويب نهايي: ٨٢/١٢/۵

[2] - كارشناس ارشد خاكشناسي

[3] – عضو هيات علمي دانشكده كشاورزي دانشگاه تهران

[4] – عضو هيات علمي دانشكده كشاورزي دانشگاه تهران

واژه‌هاي كليدي: *پردازش رقومي، سنجندة **TM**، نقشه واحدهاي خاك، طبقه‌بندي نظارت شده، نسبت توافق، ضريب كاپا، جدول خطا، انعكاس طيفي، طبقه بندي بيشترين احتمال .*

مقدمه

سنجش از دور نقش مهمي را در علوم مختلف (خلاصه خاكشناسي) بازي مي‌كند. اما مشكلاتي وجود دارد كه مانع درك اين مساله مهم مي‌شود. مثلا اين داده‌ها متأثر از عوامل گوناگون جوي و انعكاس‌هاي پراكنده در جهت‌هاي مختلف هستند كه مانع تشخيص پديده‌هاي مورد نظر از عكس‌ها مي‌شود.

به نظر مي‌رسد كه هنوز عكس‌هاي ماهواره‌اي به‌هنگام در رايانه‌هاي شخصي در دسترس نبوده و به‌عنوان يك ابزار تجاري با آن برخورد نمي‌شود. نرم‌افزارهاي مورد استفاده در رايانه‌هاي شخصي تقريباً براي اجراي پردازش‌هاي مقدماتي عكس‌ها مانند بارزسازي، بزرگنمايي و حركت در روي عكس وجود دارد. در عين حال كه انطباق با مختصات يك نقشه، اقدامي ضروري براي هر كاربر عكس‌هاي ماهواره‌اي در مرحله نخست است. وجود عكس‌هاي ماهواره‌اي در شبكه جهاني و به شكل تقريباً به‌هنگام تفسير آنها را آسانتر مي‌كند و اطلاعات بيشتري استخراج مي‌شود، در حال حاضر، عكس‌ها اغلب بعد از استخراج داده‌ها، به‌دست مي‌آيند و اين سبب مي‌شود كه عوامل تغيير دهندة مناظر سرزمين‌ها، بر روي داده‌هاي زميني اثر خود را گذاشته باشند. وجود داده‌هاي به‌هنگام ممكن است در بهبود دانش جمع‌آوري داده‌هاي زميني مؤثر باشد. با داشتن مجموعه‌اي كامل‌تر از داده‌هاي زميني، درك بهتري از الگوهاي طيفي كه براي افزايش اطلاعات موجود در عكس‌هاي سنجش از دور خدمت مي‌كنند، به‌دست مي‌آيد. تغيير انعكاس با موقعيت و زاويه تابش خورشيد نيز نوعي مشكل محسوب مي شـود. اما در اين اواخر تحقيق‌هاي زيادي در اين مورد انجام شده است كه ماهواره‌هاي سنجش از دور را قادر مي‌سازد تا به طور مستقيمً با جهت تابش خورشيد و زاويه انعكاس كاليبره شوند. و نيز سنجنده‌هايي مورد نياز است كه به‌طور خودكار براي دريافت انعكاس‌هاي استاندارد تنظيم شوند. برخي سياست‌هاي دولتي و نيز آگاهي كم تعدادي از مديران نيز در دسترسي و گسترش اين نوع داده‌ها بسيار مؤثر است كه در اين مورد نيز وجود عكس‌هاي ماهواره‌اي از طريق شبكه جهاني مي‌تواند در حل بسياري از اين مسائل راه‌گشا باشد.

همان‌طوركه مي‌دانيد بخش اعظمي از كشورمان را مناطق خشك و نيمه خشك فراگرفته است و در اين مناطق نيز خاك‌هاي نيمه‌بياباني وسعت زيادي را دربرگرفته‌اند. اين‌گونه خاك‌ها داراي مقدار نسبتاً زيادي كوارتز بوده كه سبـب مي‌شود در مقايسه با ساير خاك‌ها داراي انعكاس طيفي بيشتري بوده و زمينه روشن‌تري نيز در عكس‌هاي ماهواره‌اي داشته باشند. خاك‌هاي مناطق خشك طبعاً به‌علت تبخير زياد و رطوبت كم و نيز وجود تركيبات نمكي و املاح مختلف انعكاس طيفي متفاوتي دارند. اين تأثير وقتي تشديد مي‌شود كه تركيبات نمكي به‌صورت قشري اگرچه نازك سطح رويي خاك را بپوشانند كه در اين‌صورت اين نوع خاك‌ها بر روي عكس‌هاي ماهواره‌اي زمينه رنگي روشن‌تري نسبت به خاك‌هاي معمولي دارند. املاح موجود در خاك نظير كربنات سديم، كلريدسديم و پتاسيم هيدروژن سولفـــات در ناحيه طول موج مريي (μ m ٠/٧-٠/٤) چنانچه بر روي سطح خاك قرار گرفته گاهي بين ٦٥% تا ٨٩% نور را بازتاب مي‌كنند. گروهي از دانشمندان آمريكايي سه اجتماع خاك در ايالت تنسي آمريكا را با استفاده از ويژگي‌هاي بازتابي خاك‌ها و از طريق تجزيه و تحليل رايانه‌اي و استفاده از عكس‌هاي باند هفت (١/١-٠/٨μm) سنجنده M.S.S جدا كرده و نقشة خاك منطقه را تهيه نمودند. محققين مذكور بيان مي‌دارند كه خاك يكي از چندين عاملي است كه برروي ويژگي‌هاي عكس‌ها اثر مي‌گذارد و لذا جدا كردن اثر خاك از آثار ساير عوامل تنها به‌وسيله رايانه، عملي دشوار است. آنها در پـايان نتيجه مي‌گيرند كه تجزيه و تحليل رايانه‌اي اطلاعات حاصله از ماهواره‌ها در مواقعي كه تغييرها به‌طور كلي معلول ويژگي خاك باشد، كاري مفيد و نتيجه بخش است.

در اين تحقيق از ماهـــواره لندست كه سنجنده‌هاي آنها به نام‌هاي M.S.S (Multi Spectral Scanner) و TM(Thematic Mapper) معروف است، استفاده شد. از جمله مشكلات استفاده از داده‌هاي اين نوع سنجنده‌ها كه Lee و همكاران (١٩٨٨) در تحقيقات خود به آن اشاره

دارند، اين است كه ارزش انعكاس طيفي يك پيكسل (حداقل مساحتي كه مي‌توان در روي عكس‌هاي ماهواره‌اي جدا و قابل تشخيص نمود) آنها مخلوطي از ويژگ‌هاي طيفي خاك و پوشش گياهي است. به همين دليل در بررسي ويژگي‌هاي خاك‌ها بوسيله سنجنده مذكور بهتر است كه از داده‌هاي تهيه شده در اوايل فصل بهار (ماه‌هاي فروردين و ارديبهشت) كه عامل پوشش گياهي در حداقل است، استفاده شود. وضوح و روشنايي پديده‌هاي موجود در عكس‌ها سهم بسزايي در دقت طبقه‌بندي دارند. به‌طوركلي طبقه‌بندي خاك‌ها در جاهايي مؤثر است كه بين خاك‌هاي مورد مطالعه تفاوت زيادي از نظر بافت خاك سطحي، مقدار ماده آلي يا وضعيت زهكشي خاك‌ها وجود دارد. آنها معتقدند كه دو بانـد مادون قرمز ميانی يعني باندهاي ۵ و ۷ يا (۱/۵-۱/۷۵μm) و (۲/۰۸-۲/۳۵μm) مناطق مهمي از داده‌هاي سنجنده T.M براي بررسي ويژگي‌هاي خاك هستند. به‌طور كلي نقشه‌برداري رقومي با استفاده از داده‌هاي ماهواره لندست بر مبناي انعكـاس‌هاي طيفي از سطح خـاك بنـا شده اسـت. Lee و همكـاران (۱۹۸۷) دريـافتند كه داده‌هاي T.M مي‌توانند به‌طور موفقيت‌آميزي روي يك دشت تقريباً مسطح حاصل از رسوبات آتشفشاني براي تعيين مرز بين خاك‌هاي شـني با زهكشي خوب و هيستوسول‌ها استفاده شوند. به‌كارگيري داده‌هاي سنجنده M.S.S ماهواره لندست براي تفكيك و بررسي خاك‌ها در سطح مطالعات اجمالي توسط Roundabush و همكاران(۱۹۸۵) توصيه شده است. تحقيقي كه به‌وسيلة گروهي از محققين دانشگاه كاليفرنيا (۱۹۹۹) انجام شد، در يك روش جديد كه به‌نام روش تجزيه و تحليل مقدم و موخر شاخه درختي موسوم است، آنها به اين نتيجه رسيدند كه اگر اين روش‌ها در كنار آناليز عكس‌هاي ماهواره‌اي با قدرت تفكيك زميني و طيفي مناسب به‌كار برده شود، مي‌توان به‌طور مؤثري بين خاك‌ها و پوشش گياهي و نيز بين ويژگي‌هاي مختلف خاك‌ها تفكيك قايل شد، اگرچه وجود پوشش گياهي هنوز عاملي گيج‌كننده در مطالعات ويژگي‌هاي خاك‌ها به شمار مي‌رود.

Dwivedi و همكـــاران (۲۰۰۱) از عكس‌هاي سياه و سفيد (Panchromatic)سنجندة PAN با قدرت تفكيك مكاني ۵/۸ متر و داده‌هاي سنجندة Liss-III حاصل از ماهواره I.R.S-1C براي ارزيابي توانايي اين داده‌ها در مطالعات خاك‌هاي متأثر از شوري در بخشي از هندوستان استفاده كردند. روشي كه آنها به‌كار بردند شامل ادغام داده‌هاي دو سنجندة ذكر شده از طريق تبديل I.H.S (Intensity،Hue ،Saturation) و سپس انجام يك طبقه‌بندي نظارت شده با استفاده از روش بيشترين احتمال است. از نتايج بسيار مهمي كه آنها از تحقيق خود گرفتند مي‌توان به اين مورد اشاره داشت كه استفاده از داده‌هاي سنجنده‌هاي با قدرت تفكيك مكاني بالا لزوماً منجر به بهبود صحت طبقه‌بندي نمي‌شود، بلكه سبب افزايش دقت تفكيك‌پذيري طيفي مي‌گردد. Neville و همكاران(۲۰۰۰) در بخشي از مطالعات خود، آناليز مؤلفه‌هاي اصلي يا P.C.A (Principal Components Analysis) را براي تهيه شاخصي كه معرف مقدار رسوب و گچ درخاك سطحي (Gypsum Index) باشد ، با استفاده از عكس‌هاي باندهاي ۱، ۵،۴و۷ از سنجنده T.M ماهوارة لندست ۵ به‌كار بردند. علت انتخاب باندهاي فوق را به جهت ويژگي‌هاي جذب سطحي گچ و پيكسل انعكاس‌هاي طيفي از اين ماده در باندهاي يادشده مي‌دانند. مؤلفه سـوم از اين آناليز ويژگي موردنظر را شامل مي‌شود. آنها همچنين با استفاده از تبديل Tasselde Cap شاخص سبزي يا شادابي گياه (Greenness Index) را تهيه كردند كه مي‌تواند معرفي از نزديكي سطح آب زيرزميني و نيز آب در دسترس براي گياه و سلامت آن باشد.

اهداف

۱ـ ارزيابي قابليت عكس‌هاي رقومي ماهواره‌اي در مطالعات خاكشناسي و تهيه نقشه‌هاي خاك.

۲ـ مقايسه روش‌هاي سنتي و رايج با روش‌هاي رقومي توليد نقشه‌هاي موضوعي در قبيل اين مطالعات.

منطقة مورد مطالعه:

منطقة مورد بررسي در جنوب‌شرقي استان تهران قرار گرفته است. مختصات جغرافيايي آن در سيستم U.T.M بين طول‌هاي ٥٦٠٠٠٠ تا ٥٨٠٠٠٠ متر و بين عرض‌هاي ٣٩١٠٢٣٦ تا ٣٩٢٠٢٣٦ متر مي‌باشد. اين منطقه وسعتي معادل ٢٠٠٠٠ هكتار ($٢٠٠km^2$) را در برمي‌گيرد كه از شمال به دامنه‌هاي جنوبي‌البرز، از شرق به ايوانكي و درياچة نمك، از غرب به شهر ري و از جنوب به كوه‌هاي بي‌بي شهربانو محدود مي‌شود (شكل ١). اقليم اين منطقه خشك و داراي زمستان‌هاي خنك و خيلي كوتاه است. ميانگين سالانه بارندگي نيز بين ١٥٠-١٤٠ ميلي‌متر و ميانگين روزانه دما حدود ١٨ درجه سانتي‌گراد مي‌باشد.

فيزيوگرافي غالب در منطقه شامل اراضي بادبزني شكل سنگريزه‌دار واريزه‌اي، بادبزني شكل سنگريزه‌دار آبرفتي، دشت‌هاي دامنه‌اي و دشت‌هاي سيلابي است. از نظر توپوگرافي، مسطح و با شيب‌هاي از صفر تا پنج درصد در بيشتر مناطق مي‌باشد. رژيم رطوبتي و حرارتي منطقه با توجه به داده‌هاي ايستگاه هواشناسي موجود در منطقه و طبق روش نيوهال به‌ترتيب خشك ضعيف(Weak aridic) و Thermic است. بخش عمده اي از منطقه تحت زراعت آبي قراردارد و ساير قسمت‌هاي آن به سبب محدوديت‌هاي مختلف به شكل چراگاه‌هاي موقتي استفاده مي‌شود. زراعت‌هاي عمدة آن شامل غلات و محصولات صيفي و جاليزي مي‌باشد (۴).

شكل ۱- موقعيت جغرافيايي منطقه مطالعاتي

مواد وروش‌ها

ـ مواد

مواد به‌كار برده شده در اين تحقيق شامل

۱ـ نقشة توپوگرافي منطقه با مقياس ۵۰۰۰۰: ۱؛

۲ـ آمار هواشناسي يك دورة ۱۰ ساله از ايستگاه مامازن؛

۳ـ اطلاعات رقومي ماهواره لندست چهار، سنجنده T.M (سپتامبر ۱۹۸۷)؛

۴ـ عكس‌هاي ماهواره‌اي سنجنده T.M (آوريل ۱۹۹۸)؛

۵ـ نرم‌افزارهاي Arc/Info ver:3.4.2 ، Arcview ver:3.1 و Idrisi ver:2.0؛

۶ـ دستگاه موقعيت‌ياب جهاني، G.P.S (Global Positioning System).

مطالعات ميداني

ـ مطالعات صحرايي در اين تحقيق شامل مرحله زير مي‌باشد:

انتخاب نقاط نمونه و شاخص براي حفر پروفيل و انجام مطالعات خاكشناسي است.

ابتدا با توجه به انعكاس‌هاي طيفي غالب موجود در منطقه ۲۱ پروفيل حفر گرديد كه پس از انجام تجزيه‌هاي شيميايي و فيزيكي و ضرورت اطلاع از نحوة تغيير برخي ويژگي‌هاي خاك و زمين‌ها به ۳۱ پروفيل افزايش يافت (قابل توجه است كه كليه آزمايشات انجام شده طبق روش‌هاي ذكر شده در كتاب Methods of Soil Analysis مي‌باشد).

روش‌ها

روشي كه در اين تحقيق به‌كار گرفته شده است، شامل سه مرحله است: ۱ـ پردازش مقدماتي داده‌هاي رقومي ماهواره‌اي؛ ۲ـ طبقه‌بندي تصاوير رقومي؛ ۳ـ پردازش نهايي تصوير يا نقشه توليد شده.

۱ـ پردازش مقدماتي داده‌هاي رقومي

(**Digital Pre-Processing**) :

يكي از ويژگي‌هاي بارز تفسير رقومي عكس‌هاي ماهواره‌اي امكاني است كه به منظور بررسي ارزش‌هاي رقومي عكس‌ها (Digital Number ,D.N) در باندهاي مختلف به كمك نرم‌افزار و رايانه در اختيار مفسر قرار مي‌گيرد و در نهايت عكس‌هايي با كيفيت مطلوب براي استفاده در طبقه‌بندي اطلاعات شناسايي و تفكيك پديده‌هاي زميني حاصل مي‌شود. به همين منظور ابتدا داده‌هاي ماهواره‌اي را با فرمت B.I.P (Band Interleaved by Pixel) قابل خواندن در نرم‌افزار شد. چون عكس‌هاي باندهاي مختلف در حالت خام داراي كيفيت مطلوبي نمي‌باشند، لذا ابتدا سعي در انتخاب بهترين روش آشكارسازي عكس‌ها شد. در اين مرحله از پردازش، از روش بهبود كنتراست كه نوعي آشكارسازي طيفي مي‌باشد، استفاده شد. با توجه به هيستوگرام فراواني انعكاس‌هاي طيفي داده‌هاي ماهـواره‌اي مورد نياز (به طور مثال شكل ۲ كه مربوط به باند پنج يا مادون قرمز

شكل٢- هيستوگرام فراواني انعكاسهاي طيفي باند پنج از منطقه مطالعاتي

مياني از منطقة مورد بررسي مي‌باشد) چون ارزش‌هاي دور از ميانگين انعكاس طيفي داراي فراواني بسيار كمي مي‌باشند و از بين سه روش متداول بهبود كنتراست (خطي ساده، خطي اشباع شده و متعادل‌سازي هيستوگرام) روش خطي ساده توجهي به فراواني پيكسل‌ها در انعكاس‌هاي مختلف ندارد، لذا از روش‌هاي خطي اشباع شده و متعادل‌سازي هيستوگرام براي بهبود وضوح داده‌ها استفاده شد كه هر دو روش نتايج مشابهي را دادند. به همين دليل از روش متعادل‌سازي هيستوگرام (كه درآن دامنه‌هايي از روش‌هاي طيفي كه فراواني زيادتري را به‌خود اختصاص داده‌اند، در محدودة بيشتري بسط مي‌يابد) استفاده شد كه نتيجة آن براي تصوير باند يادشده در شكل٣ نشان داده شده است.

لازم به ذكر است كه همزمان با اين پردازش، يك تصوير رنگي كاذب از تركيب سه باند ٢-٣-٤ تهيه گرديد كه در شكل ۴ نمايش داده شده است.

شكل٣ - هيستوگرام فراواني بهبود كنتراست انعكاس‌هاي طيفي باند پنج

شكل٤- تصوير رنگي كاذب منطقه موردمطالعه

عمليات تصحيح هندسي (**Geometric Correction**)

تصاوير سنجش از دور نقشه نبوده و ويژگي‌هاي نقشه را هم ندارند. به نحوه تغيير و تبديل يك تصوير ماهواره‌اي رقومي به‌صورتي‌كه داراي مقياس و مختصات شود، تصحيح هندسي مي‌گويند. در مطالعه صورت گرفته، براي تبديل سيستم مختصات از روش استفاده از نقاط كنترل زميني $G.C.P_s$ كه بر پايه نقشه استوار است، استفاده شد. در اين روش موقعيت نقاط در نقشه و موقعيت همان نقاط در تصوير با هم مقايسه مي‌شود. نقشه‌اي كه استفاده گرديد، يك نقشه توپوگرافي با مقياس ۱:۵۰۰۰۰ از منطقة مورد نظر مي‌باشد. (لازم به ذكر است كه استفاده از نقشه‌هايي با مقياس كوچكتر از۱:۵۰۰۰۰ ارزشي ندارد) به همين منظور تعداد ۱۳ نقاط كنترل اوليه در روي نقشه و تصوير انتخاب شد كه از بين آنها ۵ نقطه در نهايت به‌عنوان بهترين نقاط و داراي كمترين خطا انتخاب شدند. انتخاب مدلي مناسب، نقش بسيار حساسي در دقت تطابق هندسي دارد. مدل مورد استفاده در اين تحقيق يك مدل چند جمله‌اي خطي مي‌باشد. در اين حالت موقعيت يكايك پيكسل‌هاي عكس اوليه در يك ماتريس جديد در جاي واقعي خود نسبت به سايرپيكسل‌ها و نيز نسبت به نقشة مبنا قرارخواهد داشت. ارزش‌هاي طيفي تصوير جديد بايد از تصوير اوليه تأمين شود. اين عمل، نمونه‌برداري مجدد يا بازنويسي مجدد تصوير نام دارد. براي بهبود تصويرها، عمل درون‌يابي براي $D.N_s$ عكس‌هاي جديد انجام شد. چون مورد تحت مطالعه، داراي پستي و بلندي كمي است، از معادله خطي درجه اول و روش درون‌يابي نزديكترين همسايه استفاده شد مهم‌ترين امتياز اين روش، انتقال انعكاس‌هاي طيفي و سرعت آن است. معمولاً اگر پس از تصحيح هندسي، طبقه‌بندي عكس‌ها مدنظر باشد، روش نزديكترين همسايه به‌عنوان مناسب‌ترين روش پيشنهاد شده است. عمل تصحيح هندسي در سيستم مختصاتي U.T.M انجام گرفت. در نهايت پس از انجام اين امر براي ارزيابي مقدار دقت عمل، پارامتر R.M.S يا جذر ميانگين خطاي نقاط انتخاب شده محاسبه شد كه معادل ۰/۵ پيكسل شد. (حداكثر مجاز براي R.M.S معادل يك پيكسل مي‌باشد).

طبقه‌بندي تصويرهاي رقومي

(Digital Image Classification) :

از بين ٧ باند طيفي سنجنده T.M ، باندهاي ٢، ٣، ٤ و٥ براي انجام طبقه‌بندي انتخاب شدند. باند شش به دليل قدرت تفكيك زميني كم آن (١٢٠ متر) و باند يك يا باند آبي به دليل اينكه بيشتر براي مطالعه آبها به‌كار مي‌روند، استفاده نشدند. البته مي‌توان به جاي باند پنج از باند هفت نيز استفاده كرد كه ما در اين تحقيق همان‌طور كه پيش‌تر ذكر شد باند هفت را به‌كار برديم. براي انجام هرنوع طبقه‌بندي ابتدا بايد مناطق آموزشي با توجه به تعداد كلاس‌ها يا پديده‌هاي غالب موجود در منطقه در نظر گرفته شود. با توجه به انعكاس‌هاي طيفي غالب موجود در منطقه، هفت انعكاس طيفي يا به‌عبارتي هفت كلاس انتخاب شد و با در نظر گرفتن مساحتي كه هر يك از انعكاس‌ها در كل منطقه اشغال كرده‌اند، تعداد، پراكنش و وسعت مناطق آموزشي تعيين شد. مجموع مساحت تمام مناطق آموزشي مورد استفاده كه با استفاده از دستگاه G.P.S نيز در مطالعات صحرايي كنترل گرديد، حدود ٢٠% از كل مساحت منطقه مي‌باشد. براي انجام عمل طبقه‌بندي از الگوريتم حداكثر احتمال (Maximum Likelihood) كه يك نوع طبقه‌بندي نظارت شده است، استفاده شد. در اين روش احتمال تعلق هر پيكسل به هر منطقه آموزشي با توجه به وسعت و فراواني آن كلاس و مقدار احتمال وجود آن كلاس در منطقه وابسته است.

پردازش نهايي تصوير يا نقشه توليد شده (**Digital Post-Processing**):

پس از انجام طبقه‌بندي، نقشه توليد شده ابتدا يكبار فيلتر ميانگين (Mean Filter) با ابعاد ٣×٣ جهت نرم‌سازي داده‌ها و سپس فيلتر مد (Mode Filter) با ابعاد ٥×٥ شد تا چند ضلعي‌هاي بسيار كوچكي كه توليد شده‌اند درچند ضلعي‌هاي بزرگ مجاور خود ادغام شوند. آنگاه نقشه تبديل فرمت گرديد و به نرم افزارArc/Info فرستاده شد تا ساير پردازش‌ها در محيط GIS صورت گيرد.

نتايج

در نهايت پس از انجام مطالعات صحرايي و بازديدهاي مكرر در منطقه و بررسي نتايج آزمايشات، ٧ كلاس طيفي غالب به‌وجود آمده، به ١٢ واحد نقشة خاك (شكل ٥) تبديل شدند. لازم به ذكر است كه واحدهاي خاك توليد شده از طبقه‌بندي رقومي، طبق روش رده‌بندي آمريكايي (S.T,1999) و روش فائو رده‌بندي شدند (جدول ١). همچنين مساحت و درصد از كل سطح منطقه در جدول ٢ ارائه شده است.

شكل ۵- واحد هاي نقشه خاك هاي حاصل از طبقه بندي رقومي

جدول۱- رده بندي واحدهاي نقشه خاك

Hn	Classification (S.T)	(F.A.O)
1	Gypsic Haplosalids, fine, mixed Thermic	Gypsic Solonchaks
2	Xeric Haplocalcids, fine, inixed Thermic	Haplic Calcisols
3	Xeric Haplocambids, loamy over sandy skeletal aniso, toixed Thermic	Calceric Fluvisols
4	Xeric Haplocambids, fine, mixed Thermic	Calceric Cambisols
5	Sodic Haplocamids, fine loamy, mixed Thermic	Calceric Cambisols
6	Xeric Haplocamibds, fine loamy, mixed Thermic	Calceric Cambisols
7	Xeric Haplocambids,, Lomay skeletal, mixed Thermic	Calceric Cambisols
8	Xeric Torrifluvents, sandy over loamy skeletal, mixed Thermic	Calceric Fluvisols
9	Xeric Torrifluvents, sandy skeletal, mixed Thermic	Calceric Fluvisols
10	Sodic Haplocalcids, fine, mixed Thermic	Haplic Calcisols
11	Sodic Haplogypsids, fine, mixed Thermic	Haplic Gypsisols
12	Xeric Haplogypsids, fine, mixed Thermic	Calceric Gypsisols

جدول۲- مساحت هريك از واحدهاي نقشه خاك

شماره واحدخاك	مساحت (هكتار)	درصد از مساحت
١	٤٥٠	٢/١٤
٢	١٠٤٤٠	٤٩/٧
٣	٦٧٤/٤	٣/٢
٤	٢٢٤/٥	٤/٤
٥	٤٨٩/١	٢/٣
٦	٣٠٠١/١	١٤/٨
٧	٢٣٠٦/٤	١٩/٩
٨	١٧٢٤/٥	٩/٢
٩	٨٣٢/١	٣/٩
١٠	١٠٥/٥	٠/٥
١١	٣٣/٧	٠/١٦
١٢	٧٢/٩	٣/٦
جمع كل اراضي	٢٠٠٠٠	٤٩٩

نكته مهمي كه در توليد نقشه‌هاي موضوعي مختلف با كمك سنجش از دور بايد به آن توجه داشت، ارزيابي دقت نقشه توليد شده مي‌باشد. بهترين روش تعيين و بيان دقت نقشه‌هاي حاصل از طبقه‌بندي داده‌هاي ماهواره‌اي، مقايسه آن با يك نقشه مرجع واقعيت زميني (Ground Truth Map) مي‌باشد. نقشه‌اي كه در اين تحقيق از آن استفاده شد در ادامه ارائه شده است (شكل ٦). اين نقشه كه پيش‌تر در مطالعات قبل تهيه شده بود، با استفاده از عكس‌هاي ماهواره‌اي سال ١٩٩٨ كنترل گرديد. در جدول ٣ مساحت و درصد از كل سطح منطقه مطالعاتي در نقشه مرجع ارائه شده است.

شكل٦- نقشه مرجع منطقه مورد مطالعه

جدول ٣ - مساحت هريك از واحدهاي خاك درنقشة مرجع

شماره واحدخاك	مساحت (هكتار)	درصد از مساحت
١	٣٨٠/١	٤/٨
٢	٨٨٨٩/٣	٤١/٨
٣	٧٩٤/٥	٣/٧
٤	٢٥١/٨	١/٢
٥	٤٢٣/١	١/٩
٦	٤٣٣٣/٦	٢٠/٢
٧	٢٣٢١/٥	١٠/٨
٨	١٣٦٣/٧	٣/٧
٩	٨٩١/١	٤/٢
١٠	١٧/٢	٩/٨
١١	٣٤/٥	٠/١٥
١٢	٩٦٩/٦	٥/٩٥
جمع واحدهاي اراضي	٢٠٠٠٠	١٠٠

آنچه كه بيان آن در اينجا ضروري به نظر مي‌رسد اين مطلب است كه در اين نوع مطالعات براي برآورد دقت نقشه رقومي توليد شده، بخشي از آن را كه بيشترين پديده‌هاي موجود در نقشه را شامل مي‌شود، انتخاب كرده و مانند همان بخش را در نقشه مرجع مشخص نموده و آن دو را باهم مقايسه مي‌كنند و اگر نقشه مرجعي وجود نداشته باشد، فقط براي همان بخش، نقشه‌اي با روش دستي تهيه مي‌كنند و از طريق جدولي كه به نام جدول خطا (Error Matrix) موسوم است، اين مقايسه را انجام مي‌دهند. در اين تحقيق نيز اين جدول با كمك نرم‌افزار ادريسي و نمونه‌گيري از واحدهاي نقشه خاك تهيه گرديد (جدول ۴). پارامترهاي بسيار مهم و باارزشي را مي‌توان از اين جدول استخراج نمود كه بيان‌كننده دقت و نيز خطاهاي موجود در نقشه رقومي توليد شده است.

جدول ٤- جدول خطا بين نقشه مرجع و نقشه رقومي

١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١	٠
٠	٦	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٥١٧	١
٥٢٥	٠	١٠٤	٣٥	٢٤٣	٠	٢٣٥٢	٣٢	٣٧	٢٣٣	١٢١٣٨	٠	٢
٠	٠	٠	٠	٤٦	٩	٠	٠	٠	١٤٠١	٠	٠	٣
٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٣٢٩	٠	١	٠	٤
٢	٠	٠	٠	٠	٠	٢٤٧	٤٣٢	٠	٠	٠	٠	٥
٠	٠	٠	٢٣	٦٨	٠	١٠٢٣٠	١	٠	٠	١٢٦٣	٠	٦

٧	٠	٠	١١٩	٠	٠	١٣٥	٣٩٧٣	١٢٥	٦	٠	٠	٠
٨	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٤٧٣	٣٥٤٩	٩٩٩	٠	٠	٠
٩	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٨٤٠	٩٩	٠	٢٥٣	٠	٠
١٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠	١٥	٠
١١	٠	٠	٠	٠	٢٧	٧٢	٠	٠	٠	٠	٠	٣٩٢٩

بحث و نتيجه گيري

باتوجه به جدول ۴ درمي‌يابيم كه :

درستي كلي (overall accuracy) نقشه رقومي، ۸۲% است. اين فاكتور از قدرت بيان كنندگي پاييني دارد و به منظور حذف توافق اتفاقي از درستي كلي و فراهم آمدن امكان مقايسه طبقه‌بندي‌هاي مختلف با يكديگر، Congalton و همكاران (۱۹۸۳)، ضريب كاپا(Kaht يا Kappa) را به‌عنوان يك معيار پيشنهاد دادند. اين ضريب مي‌تواند بين صفر و يك متغير باشد. ضريب كاپاي محاسبه شده در اين تحقيق ۷۵% شد. در چنين جدول‌هايي، حاصل طبقه‌بندي در رديف‌ها و وضعيت در واقعيت زميني در ستون‌هاي اين جدول نوشته مي‌شوند. پيكسل‌هايي كه درست طبقه‌بندي شده‌اند در قطر جدول قرار مي‌گيرند. از جملة ساير معيارهاي مهم ديگر مي‌توان به درستي توليدكننده (Producer's accuracy) و درستي كاربر (user's accuracy) اشاره كرد. همانطور كه پيش بيني مي‌شد، واحد نقشه خاك شمارة يك به‌خوبي و با دقت بالا تفكيك شده است (درستي كاربر=۹۸% و درستي توليدكننده=۱۰۰%) كه علت آن تفاوت زياد در انعكاس طيفي آن است. واحد نقشه خاك ۲ از ۶ به‌خوبي تفكيك نشده است (به ترتيب داراي درستي كاربر=۶۸% و۸۲% و درستي توليدكننده=۱۵% و۶۴% هستند) كه علت آن نيز انعكاس نيافتن طيفي مناسب از اين دو واحد به سبب وجود پوشش گياهي در سطح زمين‌ها است. واحد نقشه خاك ۹ از ۷ نيز به‌خوبي تفكيك نشده است (به‌طوري‌كه درستي كاربر آنها به ترتيب ۵۰% و۸۴% و نيز درستي توليدكننده =۹۱% و۷۲% مي‌باشد). از جمله دلايل اين تفكيك نشدن نامناسب، مي‌توان به نزديك‌بودن انعكاس طيفي آنها به سبب شباهت زياد بافت خاك سطحي و درصد سنگريزه سطحي اشاره نمود. از مقايسه جدول‌هاي شماره‌هاي ۳ و ۴ نيز مشخص است كه بيشترين اختلاف مساحت تنها در واحدهاي نقشه خاك دو و شش در دو نقشه رقومي و مرجع وجود دارد. واحد خاك شماره دو در نقشه رقومي مساحتي معادل ۵۰% از كل منطقه را دربرمي‌گيرد اما در نقشه مرجع حدود ۴۲% و واحد خاك شماره شش در نقشه رقومي مساحتي معادل ۱۴% از كل منطقه. اما در نقشه مرجع حدود ۲۰% آن را فراگرفته است.

با توجه به تحقيق انجام شده، مي‌توان نتايج زير را بيان كرد :

۱ـ در مطالعات گوناگون خاكشناسي با استفاده از تصويرهاي رقومي ماهواره‌اي، سعي شود از تصويرهاي تهيه شده در زماني‌كه زمين فاقد پوشش گياهي است يا در كمترين پوشش قرار دارد، استفاده كرد. همچنين مي‌توان به‌طور همزمان تصويرهاي داراي پوشش گياهي و بدون آن را به‌كار برد.

۲ـ با توجه به نوع و مقياس مطالعه، از تصويرهاي ماهواره‌اي و نيز سنجنده‌هايي با دقت مكاني و طيفي متناسب با آن استفاده شود؛

۳ـ طبقه‌بندي رقومي نسبت به روش‌هاي سنتي و رايج، جزييات را با دقت بيشتري نشان مي‌دهد؛

۴ـ وجود سنگريزه سبب كاهش انعكاس طيفي از سطح خاك مي‌شود. اما اگر نوع سنگ غالب از جنس سنگ‌هاي آهكي باشد يا به‌طور كلي خاك داراي اين نوع سنگ‌ها در افق سطحي باشد، كاهش انعكاس طيفي آن در مقايسه با ساير خاك‌هاي سنگريزه‌دار كمتر است؛

۵ـ زماني‌كه يك طبقه يا Category به‌خوبي از طبقه ديگر تفكيك نشود، آن طبقه نسبت به طبقه‌هاي ديگر داراي درستي كاربر كمتر اما در مقابل داراي درستي توليدكننده بيشتري است و با توجه به اين مطلب به‌نظر مي‌رسد، درستي كاربر در ارزيابي نقشه‌هاي رقومي نسبت به درستي توليدكننده از اهميت و اولويت بيشتري برخوردار است؛

۶ـ با توجه به جديد بودن اين فناوري در كشور و عدم آگاهي بسياري از دانشجويان و كارشناسان با اين علم، پيشنهاد مي‌گردد كه ابتدا روش‌هاي طبقه‌بندي دو رگه يا هيبريد كه مجموعه‌اي از روش‌هاي سنتي و رقومي است، به اجرا درآيد.

منابع

١ـ درويش‌صفت، علي‌اصغر، ١٣٧٧. سنجش از دور ، دانشكده منابع طبيعي ، دانشگاه تهران.

٢ـ زبيري، محمود، ع مجد، ١٣٧٥. آشنايي با فن سنجش از دور وكاربرد آن درمنابع طبيعي ، انتشارات دانشگاه تهران.

٣ـ محمدپور، الف، ١٣٥۴. استفاده از عكس‌هاي ماهواره‌اي درمطالعات خاكشناسي ، دانشكده كشاورزي ، دانشگاه تهران .

۴ـ مطالعات طرح جامع و احياء توسعه كشاورزي و منابع آب حوزة آبريز مركزي و همدان، ١٣٧٣-١٣۶٨، جلد سوم : منابع آب ، معاونت طرح وبرنامه وزارت جهاد كشاورزي .

۵ـ نجفي‌ديسفاني، م، ١٣٧٧. پردازش كامپيوتري تصاوير سنجش از دور، سازمان مطالعه و تدوين كتب علوم انساني دانشگاهها (سمت).

۶ـ نشريه فني شمارة ٣٣١، ارزيابي منابع و قابليت اراضي گرمسار و ورامين، مؤسسة تحقيقات خاك و آب وزارت جهاد كشاورزي.

7- Congalton, R.G., Oderwald, R.G. and Mead R.A., 1983. Assessing landsat classification accuracy using discrete multivariante analysis statistical techniques, PE & RE, 49: 12:1671-1678.

8- Duchemin,B, 1999. NOAA/AVHRR bidirectional reflectance : Modelling and application for the monitoring of a temperate forest.Remote Sensing of the Environment, 16 :51-67.

9- Dwivedi,R.S, K.V.Ramana , S.S.Thammappa and A.N.Singh, 2001. The utility of IRS-IC LISS-III and PAN-merged data for mapping salt affected soils, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing ,67: 10:167-1175.

10- Dymond,J.R.D, Agnes Begne and Danny Leseen, 2001. Monitoring land at regional and national scales using remote sensing , I.T.C, Journal ,Vol. 3 , Issue 2.

11-Lee, R.S. ,G.B.Lee,and E.J.Tyler,1988. Thematic mapper and digital elevation modeling of soil characteristics in hilly terrain , Soil Sci.soc , Am.J.52: 1104-1107.

12- Lee, k.S. , G.B.Lee,and E.J.Tyler,1988. Determination of soil characteristics from thematic mapper data of a cropped organic & inorganic soil land scape , Soil Sci,soc,Am.J.52:1100-1104.

13- Neville , P., R.I.Coward., R.P.Watson, M.Ingils and S.Morain, 2000. The application of T.M imagry and GIS data in the assessment of arid lands, Water and land resources in west Texas , Photogrammetric Engineering & Remote sensing , 66: 11: 1373-1379.

14- Palacios-roueta, A., Jorge E.Pinzon , Susan L. Ustin and Dar A. Roberts, 1999. Remote sensing of soils in the Santa Monica Mountains : II Hierarchical foreground and background analysis , Remote Sens , Environ, 68:138-151.

15-Roundabush, R.D., R.Herriman, R.Barmore, and G.Schellentrager, 1985. Use of Landsat multispecral scanning data for surveys on Arizona rangeland. J.Soil &Water Conserv. 40 : 242-245.

16- U.S.D.A,1999. Keys to soil taxonomy , Eight edition,Natural Resources Conservtion Service.

Classification and Mapping of Varamin Plain Soils Using Satellite Images Derived from T.M. Sensor

K. Moravvej[1] **F. Sarmadian**[2] **Sh. Mahmoodi**[3]

Abstract

In this study, processing of satellite images derived from T.M. sensor was used for soil studies and finally for producing soil units map. The region is part of Varamin plain and watershed catchment of Jajroud River. According to the nearest weather station information, average of yearly rainfall of study area is between 140 and 150 mm with average temperature of 18°C. Based on two different methods, soils of this region can be classified based on soil taxonomy method (i.e., two Aridisol and Entisol orders) and based on F.A.O. method (i.e., mainly as Fluvisol, Cambisol and some units as Calsisol, Gypsisol and Solonchak). Agreement ratio between soil maps derived from digital classification with the maximum likelihood method and ground truth map devolved from traditional methods and its kappa index were 82% and 75%, respectively. Analyzing the error matrix of this research showed that among 12 units derived from this study, differentiation of units 2 from 6 and 9 from 7 were poor (i.e., units 2, 6, 9 and 7 correspond to Haplocalcid, Haplocambid, Calcaric Fluvisol and Calcaric Cambisol, respectively). Meanwhile, the presence of high silt content in the texture of topsoil created high spectra reflection, which caused great similarity of the spectra with saline soils or other chemical substances. This resulted in some problems when analyzing dates and specially image classification.

This research suggests that in soil studies, beside selection of suitable spectral bands, images be used when land is bare. It should be noticed that images of the land with and without plant coverage can be used simultaneously, too. To reduce the above-mentioned interference, in stead of classifying based on the difference in spectra reflection, digital dates produced by other sensors, such as SPOT satellite (of France) or IRS satellite (of India) and also other classification methods based on phenomenon coordinate system should be studied.

Keywords: Digital processing, T.M. sensor, Soil units map, Supervised classification, Agreement ratio, Kappa index, Error matrix, Spectra reflection, Maximum likelihood.

[1] ***- Senior Expert of Soil Science***
[2] ***- Faculty Member, Univ. of Tehran***
[3] ***-Faculty Member, Univ. of Tehran***