مجله تحقیقات آب و خاک ایران (۴۰) ۲، ۱۳۸۸ (۱۰۴-۹۳)

پهنه بندی اکولوژیکی کشاورزی با استفاده از سنجش از دور و سامانه های اطلاعات جغرافیایی (GIS) در منطقه تاکستان

محمد صادق عسکری[1*]، فریدون سرمدیان[2]، مارال خدادادی[3] و علی اکبر نوروزی[4]

[1]دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، [2]عضو هیات علمی گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران، [3]دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه تهران و [4]عضو هیات علمی مرکز تحقیقات آبخیزداری کشور

چکیده

استفاده درست و بهینه از اراضی نیازمند ارزیابی دقیق منابع اکولوژی کشاورزی می باشد. در این تحقیق به منظور تعیین نواحی جغرافیائی همگن اکولوژی کشاورزی، تصاویر ماهواره ای و سامانه های اطلاعات جغرافیایی که تامین کننده افق و ابعاد جدیدی برای پایش موثر و مدیریت منابع اراضی می باشد، به کار گرفته شد. و سعی می شود با تلفیق روشها و ابزارهای جدید، توسعه کاربری پهنه بندی اکولوژی کشارزی را در منطقه تاکستان نشان داد. پهنه های اکولوژیکی کشاورزی مطابق روش FAO صورت گرفت و پس از پهنه بندی اقلیمی _ کشاورزی و پهنه بندی ادافیکی _کشاورزی، در نهایت، ۲۷ واحدهای اکولوژیکی _ کشاورزی تعیین شد. کلاسهای تناسب اراضی، میزان پتانسیل تولید و میزان تولید در هر یک از پهنه ها برای محصولات گندم، جو، ذرت دانه ای و یونجه محاسبه گردید. محدودیتهای موجود عمدتاً شامل محدودیتهای توپوگرافی در بخشهای غربی و محدودیتهای شوری و قلیائیت در قسمتهای شرقی منطقه مورد مطالعه می باشد. در این بررسی پهنه شماره یک بیشترین حاصلخیزی و پهنه شماره ده کمترین حاصلخیزی را دارا ست. در نهایت مقایسه ای بین کاربری فعلی که از پردازش تصاویر ماهواره IRS تهیه شد. با پتانسیل هر یک از پهنه ها برای کاربری کشت آبی و دیم و مشاهده عدم تطابق کاربری های موجود با پتانسیل اراضی در برخی از پهنه ها اهمیت هر چه بیشتر برنامه ریزی کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه و سایر مناطق آشکار تر می شود.

واژه‌های کلیدی: پهنه بندی اکولوژی کشاورزی، نقشه خاک، سنجش از دور، GIS، تناسب اراضی، تاکستان.

مقدمه

یکی از موضوعات مهم و اصلی جهان (بخصوص در مورد اغلب کشورهای در حال توسعه از جمله ایران) استفاده بهینه از اراضی برای تامین احتیاجات جمعیت در حال رشد می باشد. منابع اراضی محدود و تخریب شونده هستند، از طرف دیگر شاهد بهره برداری های نامناسب از اراضی و آثار سوء ناشی از این بهره برداری ها هستیم. این آثار همانند قطع جنگلها، ویرانی مراتع، گسترش بیابانها، فرسایش یا شور شدن اراضی کشاورزی در بخش وسیعی از دنیا و بطور شدیدتر در کشور ما مشاهده می‌شود. کشاورزی به منظور تامین غذای جمعیت رو به رشد بشر می بایست علاوه بر قدرت تولید زیاد، پایداری دراز مدت استفاده از اراضی و حفظ منابع اراضی را نیز مورد توجه قرار دهد. از این رو نیاز به یافتن شیوه ای جدید در توسعه کشاورزی که بر مبنای حفاظت منابع مربوط به کشاورزی استوار بوده و در عین حال روشها و دانش اکولوژیکی نوین را نیز به خدمت بگیرد، ضروری می باشد. (Bhan, 1992). هدف از انجام تحقیق حاضر، پهنه بندی اکولوژیکی-کشاورزی در منطقه تاکستان می باشد. در این بررسی استفاده بهینه از واحدهای اراضی مورد نظراست. با توجه به این که دشت قزوین در زمینه کشاورزی از پتانسیل بالقوه بالایی برخورداراست، بهره برداری صحیح از منابع آب، خاک و اراضی آن می تواند تلاش معقولی در راستای خودکفائی کشور باشد.

برنامه ریزی صحیح و عاقلانه به منظور بهره برداری بهینه از اراضی، منابع طبیعی و انسانی باید به صورتی باشد که با شناخت منابع اراضی، ضمن کسب حداکثر محصول و در نتیجه حداکثر سود برای استفاده کنندگان از این اراضی، منابع اراضی و همچنین محیط زیست محفوظ بماند(FAO, 1976). برنامه ریزی جهت هر کاری نیازمند داشتن اطلاعات مربوط به آن است. در این برنامه ریزی جهت بهره برداری مناسب از اراضی، جمع آوری اطلاعات، مشکل اصلی برنامه ریزان می باشد. پهنه بندی اکولوژیکی _کشاورزی (agroecological zoning, AEZ) می تواند به عنوان ابزاری برای ارزیابی منابع اراضی، برنامه ریزی و مدیریت بهتر از منابع اراضی مورد استفاده قرار گیرد (FAO, 2002). پهنه بندی اکولوژیکی_کشاورزی به عنوان پایه و اساس توسعه کشاورزی و الگوی مناسب و با اهمیت برای ارزیابی منابع

* پست الکترونیک مکاتبه کننده msaskary@gmail.com

اراضی، برنامه ریزی و مدیریت بهتر منابع مورد استفاده قرار می گیرد. هدف از آن فراهم آوردن یک پایگاه جامع و کامل از خصوصیات منابع اراضی به منظور برنامه ریزی و سازماندهی بهره برداری بهینه از اراضی از طریق تعیین خصوصیات و مشخص نمودن پتانسیل موجود و محدودیت های اراضی می باشد (FAO, 1993). اولین بار این واژه توسط فائو در اواسط دهه ۷۰ میلادی مطرح شد و سپس در سال ۱۹۹۶ به صورت نشریه شماره ۷۶ فائو به صورت راهنمای بین المللی در اختیار همگان قرار گرفت. چارچوب ارزیابی در این سیستم کاملاً شبیه به روش های دیگر فائو برای کشاورزی آبی و دیم می باشد. و نقشه های ارزیابی بر اساس سازش پذیری محصولات و گیاهان یکی از ارکان این مطالعات است. اولین انتشارات پهنه بندی اکولوژیکی _کشاورزی فائو، شامل برآورد تناسب اراضی برای ۱۱ محصول در سه سطح ورودی و پنج منطقه بود. سپس با همکاری UNFPA و IIASA به منظور ارزیابی پتانسیل تولید و تعیین ظرفیت اراضی برای تامین جمعیت در حال رشد (شامل ۱۱۷ پروژه ملی) صورت گرفت و ارائه های بعدی این مطالعات در کنفرانس ۱۹۸۳ فائو بر لزوم اجرای پروژه های مشابه در سطح ملی تاکید کرد. (FAO, 1996). مدلهای پهنه بندی اکولوژیکی_کشاورزی بصورت بانکهای اطلاعاتی برای تجزیه و تحلیل پتانسیل های اراضی برای انواع مختلف استفاده ها، به کار برده می شوند. مدلهای پهنه بندی اکولوژیکی_کشاورزی شامل مدلهای برای محاسبه طول دوره رشد (length of growing period, LGP)، نیازها (احتیاجات آبیاری)، بیوماس محصول، تناسب اراضی و قابلیت تولیدی اراضی می باشد (Ayoubi, 2006). در این روش، منطقه مورد مطالعه بر اساس نحوه توزیع و پراکنش خاک، توپوگرافی و اقلیم به نواحی کوچکتر تقسیم بندی می نماید. میزان جزئیات ارائه شده در نواحی به مقیاس مطالعه و به توانایی در تجزیه و تحلیل اطلاعات بستگی دارد. واحد های بدست آمده همان پهنه های اکولوژیکی_کشاورزی (agro ecological cell, AEC) می باشند (FAO, 1981). برای تخمین پتانسیل تولید در پهنه های اکولوژیکی_کشاورزی از مفهوم حداکثر توده زنده و محصول قابل استحصال استفاده می شود. در یک منطقه خاص و برای نوع خاصی از انواع استفاده از اراضی، پتانسیل حد اکثر تولید بوسیله ویژگیهای میزان تشعشع، دما، راندمان فتوسنتز محصول مورد نظر و مقدار خاص توده زنده محصول بدست می آید. نتایج حاصل از اینکار یک سری اعداد مربوط به میزان تولید محصول برای هر کدام از انواع استفاده های اراضی برای هر یک از واحد های اراضی تفکیک شده می باشد که می توان آنها را به کلاسهای تناسب اراضی مربوط ساخت (Sys, 1991).

استفاده پایدار و متعادل از منابع اراضی با توجه به حجم زیاد اطلاعات و کاربردهای روز افزون آنها در نظامهای مختلف از یک طرف و ماهیت پویایی و تغییر پذیری برخی از اطلاعات مربوط به آنها از طرف دیگر انسان را مجبور به استفاده از علوم و فنون جدید، ابزارهای کمکی و روشهای نوین می کند و ازجمله این دانشها که مدیون پیشرفت شاخه های متعددی از علوم دیگر می باشد، فن سنجش از راه دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی هستند (Maji, 1993).

Burrough (۱۹۹۳)، دو اصل مهم در مورد استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی را چنین بیان می کنند. نخست این تکنیک برای هدفی خاص، داده های رقومی پایه را در یک مجموعه هماهنگ ذخیره می کند. دوم، سیستم اطلاعات جغرافیایی می تواند تصمیم مناسب در مورد هدفی خاص اتخاذ نماید. آنها احیاء زیستگاهها و رویشگاهها را از موارد استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی، معرفی می کنند و مدلهای مختلف را در این زمینه ارائه می دهند که می توانند محلهای مناسب را برای گونه های مختلف معرفی کنند. سنجش از دور در مراحل مختلف ارزیابی اراضی کارائی دارد. یکی از مهم ترین مراحل ارزیابی فهرستی از منابع اراضی است که تحت عنوان پوشش و کاربری اراضی نامیده می شود. نقشه پوشش یا کاربری اراضی، در تعریف و توصیف استفاده ها یا تیپ های بهره وری، همچنین در تفکیک واحد های کاری و حتی در شناخت خاکها، منابع آبی و انواع پوشش گیاهی قابل استفاده است. واژه پوشش زمین شامل تمامی عوارض موجود روی اراضی می شود. این عوارض می تواند مشتمل بر مزارع، جنگل، مرتع، مناطق مسکونی، اراضی بایر، کوه، رخنمون سنگی و دریاچه ها باشند. اطلاعات کسب شده توسط ماهواره ها به خوبی قابلیت خود را در این زمینه به اثبات رسانده اند. تهیه نقشه واحد کاری اعم از نقشه خاک، نقشه واحدهای فیزیوگرافی و نقشه نواحی اکولوژیکی یکی از مراحل مهم و زیر بنائی است. تعیین و شناخت هر کدام از واحد های مزبور، بویژه نقشه واحد های خاک، از طریق تفسیر تصاویر ماهواره ای همراه با عملیات میدانی امکان پذیر می گردد. تفکیک واحد های خاک مبتنی بر شناخت روابط خاکها با رویشگاه های گیاهی، زمین شناسی، مواد مادری، شکل اراضی و وضعیت نمای زمین می باشد (Bera, 2001).

Nilsson (۲۰۰۵)، پهنه بندی اکولوژی- کشاورزی را برای موز و آناناس با استفاده از سامانه های اطلاعات جغرافیای و سنجش از دور انجام دادند. روش مورد استفاده در ارزیابی پهنه ها، روش چند معیاری و استفاده از روش وزنی برای رتبه بندی

متغیر ها و فاکتورها بود. آنها از روش کوکریجینگ برای میانه یابی داده های اقلیمی و تهیه نقشه های موضوعی و از روش روی هم اندازی رستری برای تعیین طول دوره رشد استفاده کردند. در نهایت نقشه پهنه بندی اکولوژی- کشاورزی و نقشه تناسب اراضی برای هر ناحیه برای موز و آناناس تهیه شد.

Carlos (۲۰۰۵)، پهنه بندی اقلیمی ـ کشاورزی را برای محصول برنج با استفاده از داده های ایستگاه های سینوپتیک انجام دادند. با محاسبه میزان بیوماس محصول و بدست آوردن شاخص های اقتصادی طی سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۴ اقدام به ارزیابی اقتصادی برای هر پهنه نمودند و میزان سود دهی را برای هر ناحیه بدست آوردند.

Bagli (۲۰۰۳) اقدام به پهنه بندی اکولوژی- کشاورزی در کشور ایتالیا نمودند. پس از بررسی اطلاعات مربوط به ایستگاه های هواشناسی موجود اقدام به تهیه و تعریف شاخصهای مربوط به دما و رطوبت مطلوب گیاه، شاخص خطر استرس دمائی، شاخص یخ زدگی در مراحل مختلف رشد گیاهان انتخاب شده و سایر شاخص های مورد نیاز نمودند. با استفاده از اطلاعات مربوط به خاک و توپوگرافی، نقشه های بافت خاک، آب قابل استفاده، شیب و غیره را تهیه نموده در نهایت با تعریف پهنه های همگن اقدام به تعین تناسب اراضی برای ذرت دانه ای، گندم، جو، گوجه، چغندرقند، آفتابگردان و سویا به روش وزنی نمودند.

Ziadat (۲۰۰۳) اقدام به تهیه نقشه خاک اردن با استفاده از داده های ماهواره لندست نمودند. در این تحقیق از مدل رقومی ارتفاع نمایش سه بعدی عوارض و تصویر رنگی کاذب برای جدا سازی واحد های خاک استفاده شد. نتایج نشان داد استفاده از DEM در طبقه بندی تصاویر و تشخیص خاکها بهترین روش تهیه نقشه در مقیاس بزرگ می باشد و عنوان نمودند استفاده از تصاویر امتزاج شده با باند پانکروماتیک باعث افزایش دقت در استخراج مرز واحد های خاک می شود.

Saha and Pande (۱۹۹۶) به پهنه‌بندی اکولوژی- کشاورزی با استفاده از ماهواره IRS-1B و سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداختند. در این تحقیق با استفاده از ماهواره IRS نقشه خاک، کاربری اراضی و رژیمهای آبیاری منطقه مورد مطالعه تهیه شد و با استفاده نقشه های تهیه شده و سایر اطلاعات از جمله نقشه شیب، مدل ارتفاعی رقومی منطقه و داده های اقلیمی پهنه بندی ادافیکی ـ کشاورزی و پهنه بندی اقلیمی ـ کشاورزی منطقه انجام و ۱۱ پهنه اکولوژیکی ـ کشاورزی تعریف گردید. روش پارامتریک به علت مشارکت تمام عوامل محدود کننده در تعیین کلاس تناسب اراضی نسبت به روش محدودیت ساده از دقت بالاتری برخوردار است. در این بین احتمالاً محدود کننده ترین عامل نقش بسیار زیادی دارد. (Sarmadian, 2003)

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی به مساحت ۴۰ هزار هکتار در استان قزوین بین عرضهای جغرافیایی ´´۳۳´۳۶° و ´´۱۴´۱۴° ۳۶ شمالی و طولهای ´´۴۵´۳۲° ۴۹ و ´´۵۱´۵۳° ۴۹ شرقی، در شمال شهر تاکستان واقع شده است. متوسط ارتفاع منطقه ۱۶۶۸، حداقل ارتفاع ۱۲۱۶ و حداکثر آن ۲۱۱۹ متر از سطح دریا می باشد. دارای متوسط بارندگی سالیانه۲۷۰ میلیمتر، متوسط حداقل دمای سالیانه ۹/۱۴ و حداکثر دمای سالیانه ۱۴/۷۸ درجه سانتی گراد می باشد. منطقه مورد مطالعه دارای دو رژیم حرارتی ترمیک و مزیک و دو رژیم رطوبتی اریدیک و زریک می باشد. رژیم حرارتی ترمیک عمدتاً قسمتهای شرقی و رژیم حرارتی مزیک قسمتهای غربی را در بر می گیرد.

برای ایجاد پایگاه اطلاعاتی منابع اراضی در ابتدا اقدام جمع آوری اطلاعات موجود از منطقه گردید. این اطلاعات شامل نقشه زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه های توپوگرافی رقومی دو بعدی و سه بعدی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه خاکشناسی قسمتی از منطقه با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، داده های هواشناسی روزانه و ماهیانه مربوط به ایستگاههای هواشناسی و باران سنجی، اطلاعات اجتماعی اقتصادی منطقه مورد مطالعه تهیه شده از مرکز آمار و اطلاعات کشور، جمع آوری سایر اطلاعات مربوط به منابع آب، کشاورزی و تصاویر ماهواره Landsat7 و IRS می باشد.

این بررسی طی مراحل زیر صورت گرفت. ابتدا با ترسیم اطلاعات مختلف ایستگاه های هواشناسی و تهیه بانک اطلاعات اقلیمی اقدام به پهنه بندی اقلیمی_کشاورزی (agro climatic zoning) منطقه گردید. در مرحله بعد پهنه بندی ادافیکی_ کشاورزی (agro edophic zoning) با استفاده از لایه های تهیه شده از تصاویر ماهواره ای Landsat7 و موجود در بانک اطلاعات خاک صورت گرفت. و در نهایت از در هم آمیختن لایه های پهنه بندی اقلیمی_کشاورزی، پهنه بندی ادافیکی_ کشاورزی واطلاعات توپوگرافی، پهنه بندی اکولوژیکی _کشاورزی در منطقه صورت گرفت. پس از مشخص شدن مناطق همگن از نظر خصوصیات خاک، اقلیم و توپوگرافی اقدام به ارزیابی تناسب اراضی برای محصولات گندم، جو، ذرت دانه ای و یونجه گردید. و میزان پتانسیل تولید برای هر یک از محصولات در هر یک از پهنه ها محاسبه شد. به منظور مقایسه بین پتانسیل تولید اراضی و کاربری فعلی اراضی، نقشه کاربری منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره IRS تهیه شد. شرح روشهای انجام شده به

صورت زیر می باشد.

در این بررسی مدل رقومی ارتفاع با استفاده از نقشه های توپوگرافی۱:۲۵۰۰۰ تهیه و با استفاده از آن نقشه های شیب، جهت و سایه روشن پستی و بلندیها (Hillshading)، منطقه تهیه شد. نقشه طبقات شیب با توجه به احتیاجات کاربری ها و نوع کشت در ۱۱ کلاس و نقشه جهت شیب در هشت جهت تهیه شد. به منظور تهیه بانک اطلاعات اقلیمی منطقه مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات ایستگاههای هواشناسی موجود در منطقه مورد مطالعه و مدل رقومی ارتفاع و با استفاده از روش دکترخلیلی نقشه های اقلیمی از طریق ایجاد روابط رگرسیونی بین ارتفاع و پارامتر های اقلیمی موجود از ایستگاه های هواشناسی و وارد کردن مدل رقومی در روابط به دست آمد. به منظور حداقل کردن خطای نقشه های اقلیمی تهیه شده مطابق با روش ارائه شده توسط دکتر خلیلی، برای هر یک از نقشه ها با استفاده از اختلاف بین داده های مشاهده شده و محاسبه شده در هر ایستگاه و درون یابی به روش کریجینگ در محیط نرم افزار ArcGIS نقشه خطا تهیه گردید و در هر یک از نقشه ها اقلیمی تاثیر داده شد. معادلات رگرسیونی دما و بارندگی سالیانه با استفاده از ۱۲ ایستگاه هواشناسی به صورت زیر بدست آمد.

$R = 0/1043\ z + 103/67$ $R^2 = 0/62$
$T\ mean = -0/0042\ z + 19/933$ $R^2 = 0/73$
$T\ min = -0/0061\ z + 12/9$ $R^2 = 0/88$
$T\ max = -0/0063\ z + 28$ $R^2 = 0/92$

R توسط بارندگی سالیانه (میلیمتر)، T mean میانگین دمای سالیانه (درجه سانتی گراد) :z ارتفاع (متر)، T min میانگین حداقل دمای سالیانه (درجه سانتی گراد)، T max میانگین حداکثر دمای سالیانه (درجه سانتی گراد)

رابطه رگرسیونی بین تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه (ET_0) و متوسط دما به صورت زیر به دست آمد. از نرم افزار cropwat برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل استفاده شد.

$ET_o = -86/381\ T\ mean + 2411/9$ $R^2 = 0/9964$

نقشه طول دوره رشد با استفاده از نقشه های بارندگی، دما و نصف تبخیر تعرق با توجه به اطلاعات سه ایستگاه تاکستان، قزوین و خرمدره برای دوره های ۱۰ روزه در هر ماه تهیه شد. اطلاعات موجود از این سه ایستگاه به صورت ماهیانه بود که با استفاده از دستور العمل موجود در کتاب سایز(Sys, 1991) داده های ۱۰ روزه برای هر ایستگاه محاسبه گردید. از آنجایی که نقشه ها رستری تهیه گردید برای محاسبه ارزش طول دوره رشد در هر پیکسل از نقشه طول دوره رشد. بدین نحو محاسبه عمل گردید، زمانی که مقدار بارندگی بیش از نصف تبخیر و تعرق بود و دما بالای ۵ درجه سانتی گراد، ارزش پیکسل برابر با ده در غیر این صورت ارزش آن صفر می باشد. و در نهایت با تهیه نقشه مقدار زمان لازم برای تبخیر ۱۰۰ میلیمتر آب با توجه به اطلاعات ایستگاه های هواشناسی و تاثیر آن در نقشه حاصل، نقشه نهایی طول دوره رشد بدست آمد. پهنه بندی دما با استفاده از نقشه متوسط دما صورت گردید. با توجه به دستور العمل پهنه بندی اکولوژی کشاورزی (FAO, 1993)، حداقل و حداکثر دما، پهنه های دمای با اختلاف دو درجه سانتی گراد تعریف و تهیه شد.

نقشه پهنه بندی اقلیمی مطابق با روش طبقه بندی اقلیمی دو مارتن برای منطقه مورد مطالعه تهیه شد. در این مرحله با تهیه شاخصهای مربوط به طبقه بندی اقلیمی دومارتن mj شاخص حرارتی و Ai شاخص خشکی در نهایت نقشه پهنه بندی اقلیمی به روش دو مارتن تهیه شد. که منطقه مورد مطالعه در این سیستم طبقه بندی اقلیمی به سه پهنه گرم و خشک، گرم و نیمه خشک و معتدل و نیمه خشک تفکیک گردید. (از جمله عوامل ایجاد کننده خطلا آمار و اطلاعات نادرست بر داشت شده از ایستگاه های هواشناسی می باشد که در این بررسی سعی شد مطابق با روش توضیح داده شده در گزارشات جاماب داده های پرت حذف و یا اصلاح گردد).

به منظور تهیه بانک اطلاعات خاک در قسمتهای شرقی منطقه مورد مطالعه با استفاده از نقشه خاک تهیه شده توسط موسسه تحقیقات خاک و آب، واحدها جهت مطالعات خاکشناسی تعیین و با توجه به آنها محل پروفیل ها انتخاب و مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی انجام شد. به منظور تهیه نقشه خاک در قسمتهای غربی منطقه مورد مطالعه که فاقد هر گونه مطالعات خاکشناسی می باشد از پردازش رقومی تصویر سنجنده ETM^+ استفاده گردید. تصویر به روش تصویر به نقشه (نقشه توپوگرافی۱:۲۵۰۰۰) تصحیح هندسی گردید. پس از طبقه بندی تصویر با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاع و شیب با استفاده از الگوریتم های حداقل فاصله از میانگین (minimum distance to mean) ، روش متوازی السطوح (box classifier or parallel period) و روش حداکثر احتمال (maximum likelihood) نقشه اولیه واحد های کاری تهیه و پس از بازدیدهای صحرایی، واحد های خاک جهت بررسی های خاکشناسی انتخاب و مورد بررسی صحرایی و آزمایشگاهی قرار گرفت. در نهایت با توجه به نتایج آزمایشگاهی و میدانی بدست آمده در دو منطقه شرق و غرب و تطابق آنها با یکدیگر کلاسهای مشابه ادغام و نقشه نهایی خاک تهیه گردید.

در این بررسی پهنه بندی اکولوژیکی کشاورزی مطابق روش FAO (Nilsson, 2005; Bagli, 2003) صورت گرفت. در

این مرحله با استفاده از اطلاعات موجود در بانک اطلاعات اقلیمی شامل شامل لایه های حاصل از پهنه بندی اقلیمی_کشاورزی از جمله نقشه طول دوره رشد و پهنه های دمایی، اطلاعات موجود در بانک خاک حاصل از پهنه بندی ادافیکی _کشاورزی و نقشه طبقات شیب، اقدام به پهنه بندی اکولوژی کشاورزی منطقه گردید. در نتیجه این پهنه بندی، ۲۷ واحدهای اکولوژیکی _ کشاورزی تعریف و تعیین گردید. از آنجایی که پهنه بندی به روش تعریف و تعیین شده توسط FAO و با استفاده از لایه های با دقت بالا صورت گرفت پهنه های همگن و با دقت بالا برای منطقه مورد بررسی بدست آمد.

محصولات با توجه به وضعیت اقلیمی و نوع محصولات کشت شده توسط کشاورزان منطقه انتخاب گردید. این محصولات شامل گندم، جو، ذرت دانه ای و یونجه می باشند. به منظور ارزیابی تناسب اراضی لیستی از احتیاجات محصولات انتخابی از منابع موجود و سایر تحقیقات انجام شده تهیه و جدول احتیاجات اقلیمی، توپوگرافی و خاک هر یک از محصولات تهیه شد. برای هر یک از پهنه های اکولوژیکی کشاورزی تعریف شده، بافت خاک، مقدار سنگریزه، عمق خاک، خصوصیات زهکشی، درصد آهک، ظرفیت تبادل کاتیونی، اسیدیته، مقدار کربن آلی، مقدار عناصر، شوری، خصوصیات توپوگرافی و خصوصیات اقلیمی از جمله مقدار بارندگی سالیانه، مقدار بارندگی در طول دوره رشد، متوسط درجه حرارت، مقدار رطوبت نسبی در مراحل مختلف رشد و ... در نظر گرفته شد. به منظور تعیین کلاس تناسب اراضی تطابق بین خصوصیات اراضی موجود در بانک اطلاعات اراضی و احتیاجات گیاهی برای هر یک از محصولات در دو حالت کشت آبی و دیم صورت گرفت و کلاس های تناسب اراضی در پنج کلاس تناسب اراضی نامناسب دائمی، درحال حاضر نامناسب با توجه به محدودیتهای موجود، تناسب کم ، نسبتاً مناسب و مناسب تعریف گردید. از دو روش حداکثر محدودیت و روش پارامتریک به منظور تعیین کلاس تناسب اراضی در هر یک از پهنه های تعریف شده، استفاده گردید. پتانسیل تولید محصولات از روش FAO برای کشت آبی با استفاده از اطلاعات مربوط به تابش خورشید و درجه حرارت، بدون در نظر گرفتن محدودیت های آب، خاک، آفات و مدیریت محاسبه شد. برای برآورد میزان تولید برای هر یک از پهنه ها از کلاس تناسب و درجه ای که در روش پارامتریک برای هر یک از پهنه ها بدست آمد، استفاده شد. به منظور ارزیابی صحت کلاسهای تناسب بدست آمده، درجه های روش پارامتریک و میزان تولید برای هر یک از پهنه ها، مقایسه ای بین میزان تولید برآورد شده و میزان تولید واقعی پهنه ها صورت گرفت. میزان تولید واقعی با استفاده از اطلاعات کسب شده از کشاورزان، آمار بدست آمده از مرکز آمار و اطلاعات کشور و گزارشات موجود، بدست آمد.

در این بررسی با پردازش تصویر سنجنده LISS_III (مهر ماه ۱۳۸۵) نقشه کاربری منطقه مورد مطالعه تهیه شد. پس از انجام پردازشهای اولیه بر روی تصویر اقدام به طبقه بندی رقومی تصویر و تفکیک کلاسهای کاربری گردید. ابتدا به منظور شناخت نحوه توزیع کلاسهای طیفی طبقه بندی نظارت نشده بر روی تصویر صورت گرفت. با تهیه نسبتهای باندی مختلف به عنوان باندهای مستقل به صورت نظارت نشده طبقه بندی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نمونه های تعلیمی همگن و در عین حال دارای پراکنش کافی در سراسر تصویر انتخاب گردید، پس از انتخاب نمونه ها برای کنترل میزان تفکیک پذیری کلاسها، نمودار طیفی آنها ترسیم و مورد ارزیابی قرار گرفت و با بررسی میانگین، انحراف معیار، نمودار دو بعدی اقدام به اصلاح نمونه برداری گردید. در نهایت نمونه های تعلیمی به منظور طبقه بندی نظارت شده تهیه شد. الگوریتم های حداقل فاصله از میانگین، روش متوازی السطوح و روش حداکثر احتمال بر روی تصویر اعمال و ماتریس خطای آن با استفاده از نقاط برداشت شده از منطقه، ایجاد و در نهایت روشی که دارای بالاترین صحت بود، اعمال گردید. نقشه کاربری فعلی که در آن اراضی با کاربری کشت آبی، کشت دیم، مرتع، باغ، اراضی بایر، بیرون زدگی ها سنگی و مناطق مسکونی مشخص گردید است. به منظور مقایسه بین توان تولید اراضی و تناسب فعلی برای کاربری های اصلی کشت دیم، کشت آبی و مرتع با نوع استفاده فعلی از اراضی صورت گرفت.

نتایج و بحث

بانک اطلاعات تهیه شده در این بررسی حاوی اطلاعات و موقعیت مکانی لایه های اطلاعاتی تبخیر و تعرق پتانسیل، درجه حرارت، بارندگی، خاک، زمین شناسی، توپوگرافی، موقعیت جاده ها، موقعیت رودخانه ها، طول دوره رشد، پهنه های همگن از نظر خصوصیات اکولوژی کشاورزی می باشد.

نقشه نهایی خاک منطقه شامل ۱۷ واحد تهیه شد، خاکهای منطقه مورد مطالعه در سه رده انتی سول، اریدی سول و اینسپتی سول قرار دارند. نتایج نشان می دهد در منطقه مورد مطالعه خاک Xeric Haplocalcids که پهنه شماره یک را در برمی گیرد بیشترین حاصلخیزی و خاک Sodic Haplocalcids که پهنه شماره ۱۰ را شامل می شود کمترین حاصلخیزی را داراست. پهنه شماره ۱۰ از نظر سایر ویژگی های خاک از جمله زهکشی، خصوصیات فیزیکی، شوری و قلیائیت و خیسی خاک شرایط نامناسبی دارد.

نقشه طول دوره رشد با توجه به داده های هر ایستگاه برای دوره های ۱۰ روزه، مطابق به روش شرح داده شد، در محیط نرم افزار Erdas Imagine تهیه گردید. با توجه به این نقشه، منطقه مورد مطالعه به سه پهنه با طول دوره رشد ۶۵ تا ۷۰ روز، ۷۰ تا ۹۰ روز و ۹۰ تا ۱۰۵ روز تفکیک گردید. پهنه بندی دمایی با استفاده از نقشه متوسط دما تهیه شد که منطقه مورد مطالعه با توجه به احتیاجات دمای محصولات به سه پهنه با فواصل ۸ تا ۱۰ درجه سانتی گراد، ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی گراد و ۱۲ تا ۱۵ درجه سانتی گراد تفکیک گردید.

با استفاده از بانک اطلاعات اراضی موجود ۲۷ پهنه اکولوژیکی کشاورزی در منطقه مورد مطالعه تعریف گردید. شکل۱ نقشه پهنه بندی اکولوژی کشاورزی تهیه شده را نشان می دهد. جدول شماره ۱ برخی از پارامتر های بدست آمده برای پهنه های ۱ تا ۲۵ را نشان می دهد. در مورد پهنه های ۲۶ و ۲۷ این پهنه ها دارای بیرون زدگی سنگی زیاد می باشد. خاکهای این واحد خیلی کم عمق و عمدتاً با عمق کمتر از ۱۰ سانتی متر می باشد، عمدتاً شامل خاکهای Lithic Xerorthents با مقدار سنگریزه خیلی زیاد (بیش از ۵۰ درصد) می باشد. این دو پهنه از نظر شیب و مقدار بیرون زدگی سنگی و پهنه های حرارتی با هم تفاوت دارند. این دو پهنه به دلیل داشتن محدودیت های شدید مربوط به پوشش خاکی، عمق خاک، درصد سنگریزه زیاد و محدودیت های شدید پستی و بلندی،شیب و گاهی نیز فرسایش خاک درحال حاضر برای هر نوع استفاده ای در بخش کشاورزی نامناسب دائمی می باشد. و توصیه می گردد بصورت اراضی حفاظتی به منظورحفظ پایداری این اراضی و جلوگیری از تاثیر آن بر روی اراضی دیگر مورد استفاده قرار گیرد.

جدول شماره ۱- برخی از پارامترهای تعریف شده برای پهنه های ۱ تا ۲۵

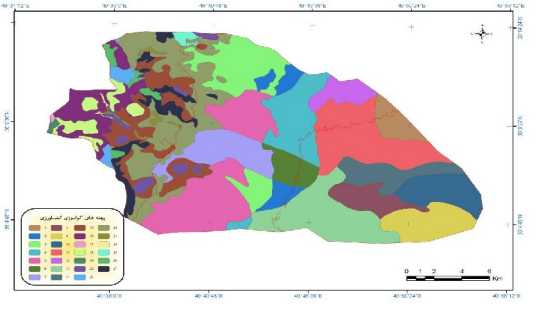
پهنه های اکولوژیکی کشاورزی	Gravel (درصد)	Clay (درصد)	Silt (درصد)	Sand (درصد)	$CaCo^{3}$ (درصد)	CEC (cmol / kg soil)	pH	OC (درصد)	EC (dS/m)	SAR	گچ (درصد)	متوسط بارندگی (mm)	متوسط درجه حرارت (C°)	کلاس شیب غالب (درصد)
۱	۵/۲۴	۳۹/۴۶	۳۶/۹۸	۲۳/۵۶	۱۱/۵۰	۱۷/۹۹	۷/۴۰	۰/۷۸	۲/۳۳	۳/۳۷	۰/۲۱	۲۳۸/۷۳۹	۱۴/۵۶	۰-۱
۲	۲۱/۹۵	۴۸/۰۵	۳۱/۴۰	۲۰/۵۵	۱۸/۰۹	۱۹/۴۴	۷/۵۰	۰/۶۹	۱/۴۶	۲/۰۰	۰/۳۵	۲۳۸/۴۰۷	۱۴/۴۱	۱-۲
۳	۲۱/۹۵	۴۸/۰۵	۳۱/۴۰	۲۰/۵۵	۱۸/۰۹	۱۹/۴۴	۷/۵۰	۰/۶۹	۱/۴۶	۲/۰۰	۰/۳۵	۲۴۴/۸۸۹	۱۴/۰۸	۲-۴
۴	۳۱/۷۰	۳۳/۴۴	۲۵/۷۲	۴۰/۸۴	۷/۶۸	۱۷/۵۹	۷/۷۷	۱/۰۱	۱/۱۶	۲/۲۴	۰/۳۵	۲۳۸/۸۱۸	۱۴/۴۷	۱-۲
۵	۳۱/۷۰	۳۳/۴۴	۲۵/۷۲	۴۰/۸۴	۷/۶۸	۱۷/۵۹	۷/۷۷	۱/۰۱	۱/۱۶	۲/۲۴	۰/۳۵	۲۳۵/۶۴۵	۱۴/۱۶	۲-۴
۶	۴۱/۰۵	۴۰/۳۵	۲۸/۲۵	۳۱/۴۰	۱۲/۲۲	۱۵/۱۴	۷/۶۸	۱/۰۷	۱/۴۰	۲/۱۸	۰/۱۹	۲۳۴/۵۳۶	۱۴/۵۷	۱-۲
۷	۴۱/۰۵	۴۰/۳۵	۲۸/۲۵	۳۱/۴۰	۱۲/۲۲	۱۵/۱۴	۷/۶۸	۱/۰۷	۱/۴۰	۲/۱۸	۰/۱۹	۲۴۰/۴۵۷	۱۴/۰۴	۲-۴
۸	۲/۴۰	۴۲/۲۵	۴۰/۱۵	۱۷/۶۰	۱۲/۱۲	۱۹/۵۹	۷/۸۰	۰/۷۱	۲/۱۶	۴/۴۰	۰/۴۳	۲۳۲/۲۳۷	۱۴/۶۹	۱-۲
۹	۰/۰۰	۴۶/۸۰	۳۶/۹۰	۱۶/۳۰	۱۳/۸۴	۲۱/۴۷	۷/۸۸	۰/۳۹	۵/۱۸	۱۵/۶۰	۳/۵۲	۲۳۰/۸۲۲	۱۴/۷۴	۱-۲
۱۰	۰/۳۶	۵۵/۴۳	۲۶/۴۱	۱۸/۱۶	۱۷/۷۶	۲۶/۴۵	۸/۶۹	۰/۵۴	۲۰/۷۲	۴۶/۹۳	۰/۵۰	۲۳۱/۹۰۱	۱۴/۷۲	۰-۱
۱۱	۴۵/۱۵	۲۰/۰۰	۲۳/۳۰	۵۶/۷۰	۹/۷۱	۱۳/۷۵	۷/۸۷	۰/۷۸	۱/۰۸	۲/۵۷	۰/۰۵	۲۳۷/۰۹۱	۱۴/۶۰	۰-۱
۱۲	۴۲/۴۵	۱۹/۷۰	۲۶/۴۰	۵۳/۹۰	۸/۷۳	۱۳/۸۳	۷/۵۷	۰/۵۱	۱/۶۸	۲/۳۳	۰/۱۰	۲۴۲/۳۱۳	۱۴/۴۶	۰-۱
۱۳	۱/۸۵	۳۹/۰۵	۴۶/۲۵	۱۴/۷۰	۱۷/۸۳	۱۹/۰۹	۷/۸۹	۰/۵۸	۲/۲۱	۳/۶۵	۰/۴۵	۲۳۰/۸۱۳	۱۴/۶۵	۰-۱
۱۴	۰/۰۰	۳۵/۱۰	۴۱/۳۵	۲۳/۵۵	۱۱/۱۸	۲۰/۰۳	۷/۷۸	۰/۳۶	۲/۲۳	۶/۴۹	۰/۳۰	۲۳۳/۷۸۵	۱۴/۶۸	۱-۲
۱۵	۵۱/۰۶	۲۵/۲۵	۳۲/۳۸	۴۲/۳۸	۱/۳۸	۱۴/۳۰	۷/۵۰	۰/۷۹	۰/۵۲	۰/۲۴	۰/۰۰	۲۵۸/۶۱۵	۱۲/۸۴	۸-۱۶
۱۶	۵۱/۰۶	۲۵/۲۵	۳۲/۳۸	۴۲/۳۸	۱/۳۸	۱۴/۳۰	۷/۵۰	۰/۷۹	۰/۵۲	۰/۲۴	۰/۰۰	۲۸۱/۰۳۳	۱۱/۴۰	۸-۱۶
۱۷	۵۱/۰۶	۲۵/۲۵	۳۲/۳۸	۴۲/۳۸	۱/۳۸	۱۴/۳۰	۷/۵۰	۰/۷۹	۰/۵۲	۰/۲۴	۰/۰۰	۳۰۷/۰۳۰	۹/۶۱	۱۶-۲۴
۱۸	۵۸/۹۲	۲۷/۸۶	۳۳/۸۶	۳۸/۲۹	۰/۱۷	۱۲/۱۳	۷/۴۹	۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۸۹	۰/۰۰	۲۸۴/۹۷۲	۱۱/۱۲	۳۰-۵۰
۱۹	۵۸/۹۲	۲۷/۸۶	۳۳/۸۶	۳۸/۲۹	۰/۱۷	۱۲/۱۳	۷/۴۹	۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۸۹	۰/۰۰	۳۰۸/۱۲۲	۹/۶۷	۳۰-۵۰
۲۰	۵۸/۹۲	۲۷/۸۶	۳۳/۸۶	۳۸/۲۹	۰/۱۷	۱۲/۱۳	۷/۴۹	۰/۷۹	۰/۶۹	۰/۸۹	۰/۰۰	۲۵۷/۹۳۵	۱۲/۷۳	۳۰-۵۰
۲۱	۹/۹۳	۲۵/۰۰	۴۳/۵۵	۳۱/۴۵	۶/۳۸	۱۳/۹۷	۷/۶۰	۱/۱۹	۰/۳۳	۰/۱۶	۰/۱۰	۲۷۵/۶۵۰	۱۱/۷۶	۸-۱۶
۲۲	۹/۹۳	۲۵/۰۰	۴۳/۵۵	۳۱/۴۵	۶/۳۸	۱۳/۹۷	۷/۶۰	۱/۱۹	۰/۳۳	۰/۱۶	۰/۱۰	۲۵۴/۱۹۴	۱۳/۲۱	۴-۶
۲۳	۷/۸۰	۴۶/۲۰	۳۲/۶۰	۲۱/۲۰	۲۰/۵۲	۲۰/۴۳	۷/۴۵	۰/۶۶	۰/۴۸	۰/۳۱	۰/۱۰	۲۶۱/۳۵۸	۱۲/۷۸	۴-۶
۲۴	۷/۸۰	۴۶/۲۰	۳۲/۶۰	۲۱/۲۰	۲۰/۵۲	۲۰/۴۳	۷/۴۵	۰/۶۶	۰/۴۸	۰/۳۱	۰/۱۰	۲۷۶/۶۹۵	۱۱/۸۲	۸-۱۶
۲۵	۴۶/۶۴	۳۴/۵۰	۲۸/۰۰	۳۷/۵۰	۰/۰۰	۱۶/۵۴	۷/۳۰	۰/۵۵	۰/۲۳	۰/۱۶	۰/۰۰	۲۶۱/۱۴۰	۱۳/۱۳	۴-۶

جدول شماره ۲ و شکلهای شماره ۲-۳-۴-۵ کلاس های تناسب اراضی برای محصول جو و گندم در دو حالت کشت دیم و آبی را نشان می دهد، حروف نشان دهنده فاکتور های محدود کننده و موثر در تعیین کلاس تناسب اراضی می باشند. c:محدودیت های آب وهوایی، t: محدودیت های پستی و بلندی، w: محدودیت های خیسی خاک، n: محدودیت های شوری و

قلیائیت، f: محدودیت های حاصلخیزی، s: محدودیت های خواص فیزیکی خاک. پتانسیل تولید کشت آبی گندم ۷۴۱۶ کیلوگرم در هکتار و برای کشت آبی جو ۶۸۲۳ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که با توجه به درجه های بدست آمده برای هر یک از پهنه ها میزان بیوماس برای هر یک آنها محاسبه شد.

جدول ۲- کلاسهای تناسب اراضی برای دو محصول جو و گندم در دو حالت کشت دیم و آبی

	جدول کلاسهای تناسب اراضی برای گندم (Wheat)			جدول کلاسهای تناسب اراضی برای جو (Barley)		
پهنه های اکولوژی کشاورزی	کلاس تناسب کشت دیم	کلاس تناسب کشت آبی	میزان تولید محصول (Kg/ha)	کلاس تناسب کشت دیم	کلاس تناسب کشت آبی	میزان تولید محصول (Kg/ha)
۱	N۲ c	S۱	۶۴۰۵/۲	N۲ c	S۱	۵۹۰۴/۶
۲	N۲ c,s	S۲ s	۴۷۶۳/۶	S۳ c,s	S۲ s	۴۶۴۳/۷
۳	S۳ c,s	S۲ t,s	۴۵۱۲/۹	S۲ c,s	S۲ t, s	۴۴۲۷/۲
۴	N۲ c,s	S۳ s	۳۵۲۶/۶	N۲ c,s	S۲ s	۴۲۴۲/۳
۵	S۳ c,s	S۲ t,s	۴۵۴۶	S۲ c,s	S۳ t,s	۳۳۹۲/۵
۶	N۲ c,s,f	S۳ s,f	۳۱۸۰	N۲ c,s,f	S۳ s,f	۳۱۸۵
۷	N۱ c,s,f	N۱ t,s,f	N۱	S۳ c,s,f	S۲ t,s,f	۴۲۶۰/۹
۸	N۲ c	S۱	۶۳۷۷/۸	N۲ c	S۱	۵۹۴۰
۹	N۲ c,n	S۲ n	۵۱۰۲/۲	N۲ c,f	S۲ f	۵۴۳۹/۶
۱۰	N۲ c,w,s,f	N۲ w,s,f,n	N۲	N۲ c,w,f,n	N۲ w,f,n	N۲
۱۱	N۲ c,w,s	S۳ s,f	۲۹۶۶/۴	N۲ c,s,f	S۳ s,f	۳۷۰۳/۵
۱۲	N۲ c,s,f	S۳ s,f	۳۱۴۷/۶	N۲ c,s,f	S۳ s,f	۳۸۴۶/۸
۱۳	N۲ c	S۱	۶۴۰۷/۴	N۲ c	S۱	۵۹۵۶/۵
۱۴	N۲ c,w,f	S۳ w,f	۴۲۲۸/۸	N۱ c,w,s	S۲ w,f	۴۵۹۵/۴
۱۵	N۲ c,s,f	S۳ c,t,s,f	N۲	S۳ c,t,s,f	N۲ t,s,f	N۲
۱۶	S۳ c,t,s,f	N۲ t,s,f	N۲	S۳ c,t,s,f	N۲ t,s,f	N۲
۱۷	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲ t,s,f	N۲ t,s,f	N۲
۱۸	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ t,s,f	N۲
۱۹	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲ t,s,f	N۲ t,s,f	N۲
۲۱	N۲ c,t,s,f	N۲ t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ t,s,f	N۲
۲۱	S۳ c,t,s,f	N۲ t,f	N۲	S۳ c,t,f	N۲ t,f	N۲
۲۲	N۱ c,t,f	N۱ t,f	N۱	N۱ c,f	S۳ t,f	۳۱۱۳/۵
۲۳	N۱ c,t	S۳ t	۳۲۵۳/۷	S۲ c	S۳ t	۳۱۵۲/۸
۲۴	S۳ c,t	N۲ t	N۲	S۲ c,t	N۲ t	N۲
۲۵	N۱ c,t,s	N۱ t,s	N۱	S۳ c,t,s	S۳ t,s	۲۸۰۴
۲۶	N۲ c,t,s,f	N۲ t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ t,s,f	N۲
۲۷	N۲ c,t,s,f	N۲ t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ t,s,f	N۲



شکل ۱- نقشه پهنه بندی اکولوژی کشاورزی در منطقه مطالعاتی.

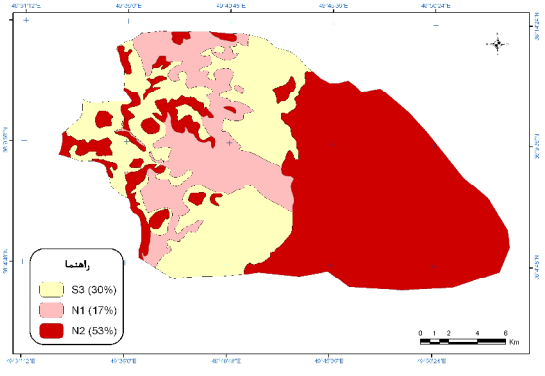
جدول شماره ۳ کلاس های تناسب اراضی برای محصول جو وگندم در دو حالت کشت دیم و آبی را نشان می دهد. پتانسیل تولید کشت آبی ذرت دانه ای۱۲۳۹۰ کیلوگرم در هکتار و برای کشت آبی یونجه ۹۹۰۱/۸۷ کیلوگرم در هکتار سال اول و ۱۸۷۰۳/۴۲۸ کیلوگرم در هکتار برای سال دوم بدست آمد. که با توجه به درجه های بدست آمده برای هر یک از پهنه ها میزان بیوماس برای هر یک آنها محاسبه شد. شکل های شماره ۶و ۷ کلاسهای تناسب اراضی برای کشت آبی ذرت دانه ای و یونجه به ترتیب نشان می دهند.

در تعیین کلاس تناسب اراضی برای کشت آبی محصولات

فرض شده که رطوبت مورد نیاز با روش آبیاری مناسب تامین می شود از این رو خصوصیات توپوگرافی و خاک از عوامل مهم و موثر بر تعیین کلاس تناسب اراضی برای پهنه های تعریف شده، می باشند

جدول ۳- کلاسهای تناسب اراضی برای دو محصول ذرت دانه ای و یونجه در دو حالت کشت دیم و آبی

جدول کلاسهای تناسب اراضی برای گندم (Wheat)				جدول کلاسهای تناسب اراضی برای جو (Barley)			
پهنه های اکولوژی کشاورزی	کلاس تناسب کشت دیم	کلاس تناسب کشت آبی	میزان تولید محصول (Kg/ha)	کلاس تناسب کشت دیم	کلاس تناسب کشت آبی	میزان تولید محصول سال اول (Kg/ha)	میزان تولید محصول سال دوم (Kg/ha)
۱	N۲ c	S۱	۱۰۸۵۴/۲	N۲ c,f	S۲ c,f	۳۵۶۵/۲	۱۲۳۴۴/۳
۲	N۲ c,s	S۲ s	۷۸۱۴/۵	N۲ c,s,f	S۳ c,s,f	۴۳۵۶/۸	۸۳۲۹/۵
۳	N۲ c,s	S۲ t,s	۷۲۲۳/۷	N۲ c,t,s,f	S۳ c,t,s,f	۴۱۵۸/۸	۷۸۵۵/۴
۴	N۲ c,s	S۲ s	۷۴۵۹/۴	N۲ c,s,f	S۲ c,s,f	۶۷۳۳/۲	۱۲۷۱۸/۳
۵	N۲ c,s	S۲ t,s	۷۶۳۹/۲	N۲ c,t,s,f,	S۲ c,t,s,f,	۶۶۳۴/۲	۱۲۵۳۱/۳
۶	N۲ c,s,f	S۳ s,f	۶۰۳۲/۱	N۲ c,s,f	S۳ c,s,f	۴۳۵۷/۸	۸۰۴۲/۵
۷	N۲ c,s,f	S۳ t,s,f	۵۳۴۰/۴	N۲ c,t,s,f	S۳ c,t,s,f	۴۳۵۶/۸	۸۳۲۹/۵
۸	N۲ c,f	S۱	۱۰۷۰۰/۱	N۲ c,f	S۲ c,f	۶۲۳۸/۱	۱۱۷۸۳/۲
۹	N۲ c,f,n	S۲ f,n	۷۹۶۲/۸	N۲ c,f,n	S۳ c,f,n	۴۷۵۲/۹	۸۹۷۷/۶
۱۰	N۲ c,w,s,f,n	N۲ w,s,f,n	N۲	N۲c,w,s,f,n	N۲c,w,s,f,n	N۲	N۲
۱۱	N۲ c,s,f	S۳ s,f	۵۷۸۴/۵	N۲ c,s,f	S۳ c,s,f	۵۲۴۸	۹۹۱۲/۸
۱۲	N۲ c,s,f	S۳ s,f	۶۰۸۵/۹	N۲ c,s,f	S۳ c,s,f	۴۴۵۵/۸	۸۴۱۶/۵
۱۳	N۲ c,s,f	S۲ s,f	۸۴۲۰/۸	N۲ c,s,f	S۳ c,s,f	۴۳۵۷/۸	۸۰۴۲/۵
۱۴	N۲ c,w,f	S۲ w,f	۸۴۴۲	N۲ c,w,f	S۳ c,w,f	۴۳۵۶/۸	۸۳۲۹/۵
۱۵	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲
۱۶	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲
۱۷	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲
۱۸	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲
۱۹	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲
۲۱	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲
۲۱	N۲ c,t,s,f	N۲ c.t.s.f	۶۸۶/۷	N۲ c.t.s.f	N۲ c.t.s.f	N۲	N۲
۲۲	N۲ c,t,s,f	S۳ t,s,f	۵۴۲۰۵	N۲ c,t,s,f	S۳ c,t,s,f	۳۹۶۰/۷	۷۴۸۱/۴
۲۳	N۲ c,t,s	S۲ c,t,s	۶۰۲۲	N۲ c,t,s,f	S۳ c,t,s,f	۴۰۵۹/۷	۷۶۶۸/۴
۲۴	N۲ c,t,s	N۲ c,t,s	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲
۲۵	N۲ c,t,s	S۳ t,s	۵۵۶۷/۳	N۲ c,t,s,f	S۳ c,t,s,f	۳۹۶۰/۷	۷۴۸۱/۴
۲۶	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲
۲۷	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲ c,t,s,f	N۲ c,t,s,f	N۲	N۲

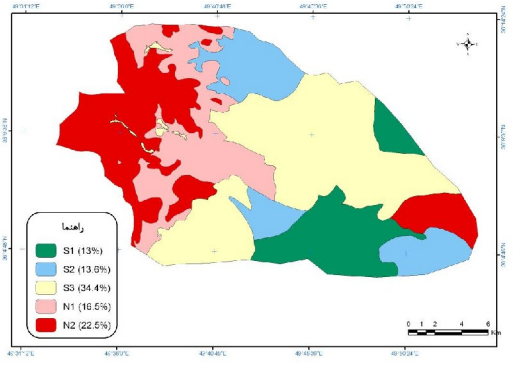


شکل ۲- نقشه کلاسهای تناسب اراضی برای کشت دیم گندم.

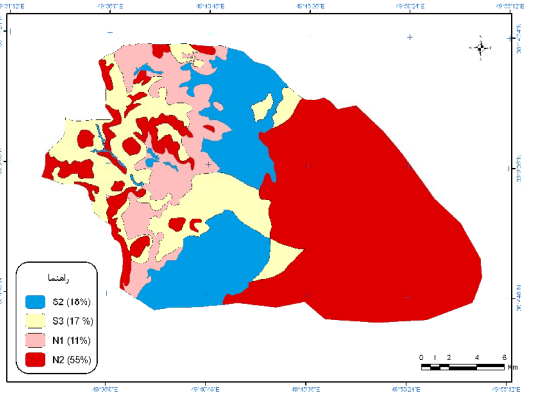
در ارزیابی صورت گرفته برای کشت دیم گندم در پهنه ای ۱ تا ۱۴، ۲۲، ۲۳ و ۲۵ اقلیم به عنوان محدود کننده ترین عامل موثر در تعیین کلاس تناسب اراضی به شمار می آید. در بین خصوصیات اقلیمی موثر مقدار بارندگی در طول دوره رشد و متوسط درجه حرارت در طول دوره رشد از مهمترین عوامل محدود کننده به شمار می آیند. پهنه های شماره ۶، ۷، ۱۱ و ۱۵ نیز محدودیتهای از نظر خصوصیات فیزیکی خاک از جمله مقدار سنگریزه بالا دارند. در کشت آبی گندم، دما عمدتاً به عنوان مهمترین عامل اقلیمی کنترل کننده به حساب می آید. پهنه شماره ۱۴ از نظر حاصلخیزی برای کشت آبی گندم شرایط مناسبی ندارد، مدیریت صحیح و افزایش ماده آلی می تواند بر افزایش محصول در این پهنه موثر باشد.

در ارزیابی صورت گرفته برای کشت دیم و آبی جو عوامل محدود کننده برای تعیین کلاس تناسب اراضی برای پهنه های تعریف شده، بسیار به عوامل محدود کننده برای کشت دیم و آبی گندم در هر یک از پهنه ها شباهت دارد. اما از آنجایی که

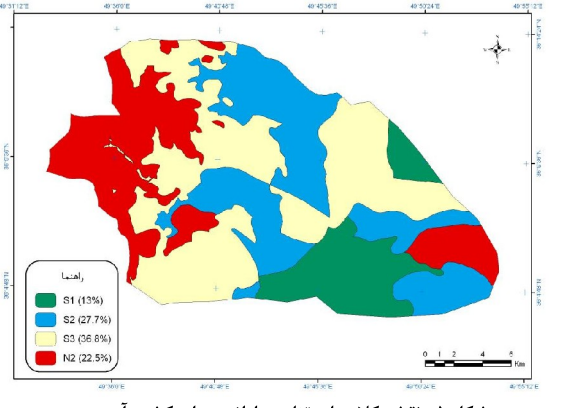
جو نسبت به گندم کم توقع تر و دامنه سازگاری و پراکنش آن نسبت به گندم گسترده تر می باشد، درجه و کلاس تناسب بالاتر و مناسب تری را در پهنه ها به خود اختصاص داده است.



شکل ۳- نقشه کلاسهای تناسب اراضی برای کشت آبی گندم.

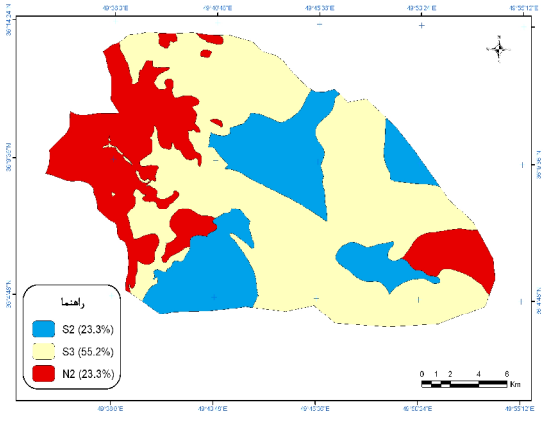


شکل ۴- نقشه کلاسهای تناسب اراضی برای کشت دیم جو.

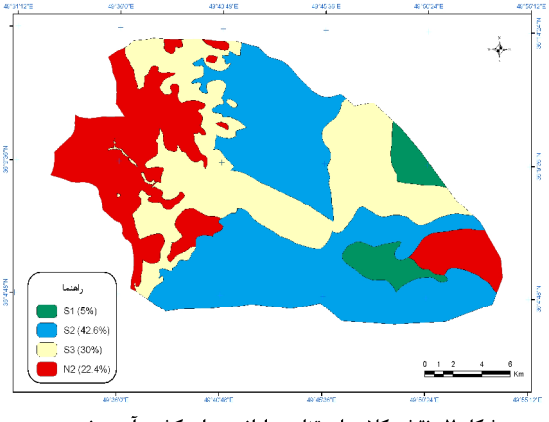


شکل ۵- نقشه کلاسهای تناسب اراضی برای کشت آبی جو.

کشت ذرت دانه ای در منطقه از اواسط اردیبهشت شروع و تا اوایل شهریور ادامه دارد (۵ اردیبهشت تا ۱۰ شهریور) که با توجه به دوره رشد در منطقه مورد بررسی و عدم تطابق دوره کشت با دوره رشد در منطقه امکان کشت دیم این محصول در منطقه نمی باشد. از نظر دمایی فقط در مناطق مرتفع منطقه مورد مطالعه محدودیتهای وجود دارد، در نتیجه در مناطقی که با آبیاری مناسب می توان محدودیت رطوبتی آن را از بین برد، امکان کشت آبی این محصول وجود دارد. پهنه های ۱ تا ۱۴ مقدار رطوبت نسبی در طول دوره رشد و متوسط حداقل درجه حرارت در طول دوره رشد از جمله پارامترهای اقلیمی موثر در کاهش تولید محصول به شمار می روند. و در پهنه های ۱۷ تا ۱۹، رطوبت نسبی در مرحله رسیدن دانه از جمله عوامل اقلیمی موثر در کنار مقدار رطوبت نسبی و متوسط حداقل درجه حرارت در طول دوره رشد بر میزان کاهش تولید محصول به شمار می رود.



شکل ۶- نقشه کلاسهای تناسب اراضی برای کشت آبی ذرت دانه ای.



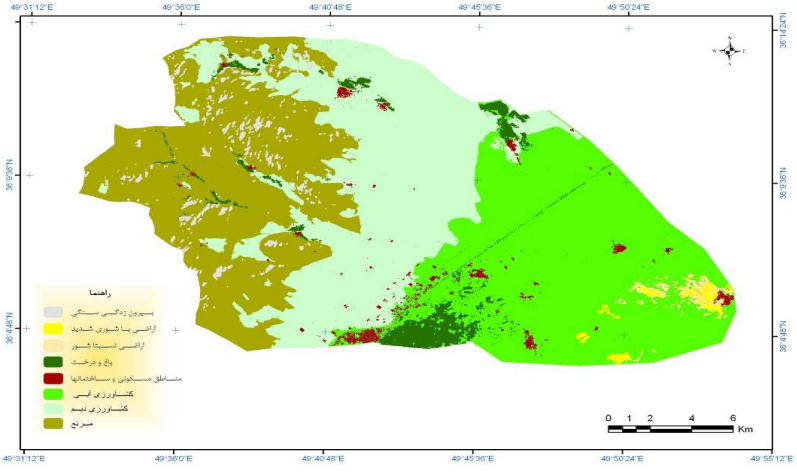
شکل ۷- نقشه کلاسهای تناسب اراضی برای کشت آبی یونجه.

به دلیل نیاز آبی یونجه و جدول احتیاجات اقلیمی این محصول و با توجه به میزان بارندگی سالیانه در منطقه مورد مطالعه امکان کشت دیم این محصول نمی باشد ولی در مناطقی که از نظر خصوصیات خاک و توپوگرافی شرایط مناسبی برای کشت این محصول وجود دارد، امکان کشت یونجه به صورت آبی وجود دارد. در کشت آبی یونجه متوسط درجه حرارت سالیانه از خصوصیات اقلیمی محدود کننده و موثر در تعیین کلاس تناسب اراضی برای هر یک از پهنه ها به شمار می رود.

شکل شماره ۸ نقشه کاربری تهیه شده از تصاویر ماهواره IRS نشان می دهد که به روش الگوریتم حداکثر احتمال طبقه بندی شده با صحت کلی ۷۹ درصد که بالاترین صحت را در

بین روشهای به کار رفته دارد. نقشه کاربری تهیه شده نشان داد، پهنه های ۱، ۸ ، ۹ ،۱۰، ۱۱، ۱۳، ۱۴ و قسمتهای از پهنه های ۲، ۴، ۶، ۷، ۱۲ دارای کشاورزی آبی است. پهنه های ۳، ۵ و قسمتهای از پهنه های ۲، ۴، ۶، ۲۲ دارای کاربری کشاورزی دیم می باشد. پهنه های ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۵ دارای کاربری مرتع می باشد. و پهنه های ۲۱ ، ۲۲، ۲۳، ۲۴ مخلوطی از کاربری های مرتع، دیم می باشند. پلی گونهای کوچکی که نشان دهنده مزارع کوچک کشاورزی دیم هستند نیز در برخی از پهنه های تعریف شده در کنار کاربری عمده آن پهنه ها مشاهده می شوند. پهنه های شماره ۲۶ و ۲۷ فاقد هر گونه کاربری کشاورزی و عمدتاً شامل مخلوطی از سنگ و خاک کم عمق با شیب های بالا می باشند.

با توجه به نقشه کاربری تهیه شده پهنه های ۱و ۸ که از نظر خصوصیات بیوفیزیکی از پتانسیل بالای برای کشاورزی آبی برخوردار هستند، تمامی مساحت این پهنه ها به منظور کشاورزی آبی استفاده می شود و با توجه به تناسب اراضی بدست آمده این دو پهنه پتانسیل تولیدی بالایی برای محصولات کشاورزی خواهند داشت. پهنه شماره ۱۰ شامل مناطق شور و بدون پوشش و یا پوشش بسیار ضعیف می باشد، مشاهده می شود با وجود پتانسیل پایین در بخشی از آن کشاورزی صورت می گیرد. قسمتهای از منطقه مورد مطالعه به منظور کشاورزی آبی و دیم استفاده می شود که پتانسیل خوب و قابل قبولی برای این منظور ندارند. همچنین قسمتهای از منطقه مورد مطالعه (از جمله پهنه شماره ۲۲) را می توان با اعمال مدیریت صحیح و روشهای کشاورزی مناسب زیر کشت برد.



شکل ۸- نقشه کاربری ۱۳۸۵ در منطقه مطالعاتی.

نتیجه گیری کلی

تنوع بانک اطلاعاتی موجود و هم مرجع بودن داده های موجود در آن امکان کاربرد وسیعی از این بانک به منظور طراحی و مدیریت صحیح اراضی را فراهم آورده است. آنالیزهای GIS انجام شده در این بررسی امکان انجام عملیات تکراری برای هر ناحیه در منطقه که توسط بانک اطلاعاتی پوشش داده می شود را فراهم می کند. نتایج نشان داد که مقدار ماده آلی در بخشهای از منطقه مورد بررسی اپتیمم نمی باشند. که این پدیده در خاکهای تحت اقلیم خشک و نیمه خشک در نتیجه کشت و کار متمرکز با کودهای شیمیایی معمولا مشاهده می شود. از این رو با استفاده از روشهای مناسب کشاورزی در جهت حاصلخیز نمودن خاکها، مدیریت صحیح و استفاده از کود های آلی در پهنه های ۱، ۸، ۹، ۱۳ و ۱۴ می توان انتظار تولید محصولات مناسب را داشت. پهنه های ۱۵ تا ۲۱ ، ۲۴، ۲۶ و ۲۷ دارای شیبهای بالا برای استفاده کشاورزی می باشند از این رو بسیاری از این اراضی شیب دار می توانند به منظور مرتع و اراضی حفاظت شده استفاده شوند. پهنه های ۱ تا ۱۴، ۲۲، ۲۳ و ۲۵ از نظر توپوگرافی در شیب های مناسب به منظور تولیدات کشاورزی قرار دارند. پهنه های ۱۵، ۲۰، ۲۶ و۲۷ هم از نظر خصوصیات حاصلخیزی و خاک و هم شیب های بالا شرایط ضعیفی برای تولید محصولات کشاورزی دارند. در مورد پهنه های ۲ تا ۷ و ۱۱ تا ۱۴ نیز با مدیریت مناسب می توان انتظار تولید قابل قبول و مناسبی را داشت.

با مقایسه صورت گرفته بین کاربری های فعلی و پتانسیل پهنه های تفکیک شده، مشاهده گردید پراکندگی کاربری های موجود با پتانسیل اراضی در برخی از مناطق تطابق ندارد، با توجه به آن اهمیت برنامه ریزی کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه و سایر مناطق بیشتر آشکار و با اهمیت تر جلوه می نماید. ترکیب بیو اقلیمی رژیم رطوبتی و پتانسیل تولید مکانی در محیط GIS روش پویا تری را برای مشخص کردن پهنه های

همگن اکولوژی کشاورزی به منظور شناسایی هر چه بیشتر توانای بیوفیزیکی و اقلیمی اراضی برای تولیدات کشاورزی، فراهم خواهد کرد. مقایسه ای که بین میزان تولید برآورد شده و میزان تولید واقعی پهنه ها صورت گرفت نشان داد روش به کار رفته در چارچوب فائو و دستور العمل سایز به طور قابل قبولی مقدار تولید را پیش بینی نماید و تفاوت موجود میتواند ناشی از تاثیر عامل مدیریتی باشد. البته محققین دیگر در ایران از جمله سرمدیان و همکاران (Sarmadian,2003) در مطالعات خود به نتایج مشابه دست یافته و این روش را تایید کردند.

این تحقیق با توجه به مساحت کمتر آن نسبت به مطالعات مشابه صورت گرفته توسط نیلسون و همکاران (Nilsson, 2005)، سبالوس و همکاران(Ceballos,2003) ، امکان بررسی دقیقتر منطقه و به هنگام کردن لایه های اطلاعاتی مختلف از جمله اطلاعات خاک و تهیه نقشه هایی از منطقه که در اختیار نبود با استفاده از GIS و سنجش از دور فراهم شد. از طرفی اثر اقلیم نیز بر واحدها یکنواخت تر شده و واحدهای خاک با واحدهای فیزیوگرافی و حتی در بعضی مواقع با پوشش گیاهی منطقه مطابقت داشته باشد. از این رو ناهمگونیهای بین واحد های اراضی کمتر و کلاس تناسب با دقت بیشتر برای نوع خاصی از محصول تعیین گردید.

واحدهای نقشه خاک تهیه شده با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای در قسمتهای غربی منطقه، نسبت به نقشه خاک تهیه شده در موسسه تحقیقات خاک و آب، به روش سنتی در قسمتهای شرقی منطقه، بسیار همگن تر و دارای تطابق بیشتری با نقشه کاربری، مدل رقومی ارتفاع، بانک اطلاعات اقلیمی و سایر لایه های اطلاعاتی تهیه شده و موجود از منطقه می باشد. (البته مرزها در نهایت با مطالعات که صورت گرفت، تطبیق داده شد.) از این رو استفاده از طبقه بندی تصاویر ماهواره ای و مدل رقومی ارتفاع در تشخیص واحد های خاک می تواند بسیار کارآمد باشد که تایید کننده نتایج مارتینز و همکاران (Martinez, 2002) است.

محققین از جمله ماجی و همکاران (Maji, 1993) پیشرفت در استفاده پایدار از منابع اراضی با توجه به حجم زیاد اطلاعات مدیون پیشرفت در فنونی همچون سنجش از دور و سامانه های اطلاعات جغرافیایی می دانند. در این بررسی نیز سنجش از دور، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تجزیه وتحلیل بانک های اطلاعاتی تهیه شده یک مجموعه ابزارهای قدرتمندی را برای پردازش وتحلیل اطلاعات اراضی و برنامه ریزی به منظور مدیریت هر چه بهتر اراضی فراهم کرد. که به منظور برنامه ریزی، مدیریت منابع اراضی و اختصاص دادن اراضی به کاربری های مناسب با توجه میزان تناسب برای هر یک از استفاده خاص بسیار ارزشمند و گرانبها هستند و به طور وسیع و گسترده ای امکان ارزیابی بر همکنش بین سطوح مختلف مدیریت اراضی در منطقه و اخذ تصمیمات درست را فراهم می کنند.

REFERENCES

Ayoubi, Sh. and Jalalian, A. (2006). Land Evaluation (Agriculture and Natural Resources) Isfahan University of Technology, 369 pp. (In Farsi)

Bagli, S., Terres JM., Gallego, J., Annoni, A. and Dallemand, J.F. (2003) Agro-Pedo-Climatological Zoning of Italy, EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL JOINT RESEARCH CENTRE – ISPRA

Bera,j. and Suparn, P. (2001) A remote sensing and GIS based application 17th World Congress of Soil Science, Thailand, Paper No. 579.

Bhan S.K., Saha., S.K., Pande, L.M. and Prasad, J. (1992) Use of Remote Sensing and GIS Technology in Sustainable Agricultural Management and Development.

Burrough, P.A., (1993) "Principles of Geographical Information Systems For Land resources AssEssment", Oxford, Clarendon, 333 pp.

Carlos M.F., Carlos, S., Lannac, A.C. and Freitas, J.A. (2005). WandereConference on International Agricultural Research for Development, October 11-13.

Ceballos, S. and Lopez-Blanco., J. (2003) Delineation of suitable areas for crops using a multi-criteria evaluation approach and land use/cover mapping: a case study in Central Mexico, Agricultur System, 77:117-136.

Food and Agriculture Organization. (2002). Global agro-ecological assessment for agriculture in the 21 st century. Land and Water Digital Media Series 21. FAO, Rome.

Food and Agriculture Organization. (1996). Guidlines: Agro-ecological zoning. FAO Soils Bulletin 73. Rome, FAO.

Food and Agriculture Organization. (1993). Guidlines: Agro-ecological assessment for national planning: the example of kenya. FAO Soils Bulletin 67. Rome, FAO.

Food and Agriculture Organization. (1981) .Report on the Agro-ecological Zones Project (1978–1981), Vol. 1: Methodology and Results for Africa. World Soil Resources Report 48/1. Rome.

Food and Agriculture Organization. (1976). A Framework for Land Evaluation. Soils Bulletin 32. Rome.

Maji, A.K., Krishna, N.D. and Challa, R. (1993). Geography information system in analysis and interpretation of soil resources data for land use planning, Journal of the Indian soil sci. 46(2):260 -263

Martinez J.J. and Monger, H.C. (2002) soil classification in arid lands With thematic mapper

data.

Nilsson, E. and Svensson, A. (2005). Agro-Ecological Assessment of Phonxay District, Louang Phrabang Province, Lao PDR, Physical Geography and Ecosystems Analysis Lund University.

Saha, S.K. and Pande, L.M. (1996). Agro-ecological zoning using satellite remote sensing and GIS based on integrated approach - a case study of Doon Valley, India. Proc. INDO-US Symposium - Workshop on Remote Sensing and its Applications, IIT, Mumbai.

Sarmadian, F., Moravej K., Mahmoodian, S. and Ebrahimi Khomami, S.M.R. (2003) An investigation of land evaluation for irrigated crops, using Remote Sensing and GIS in part of varamin plain, Iranian Journal of Agricultural Sciences, 34(2) pp. 899-912. (In Farsi)

Sys, C. (1991) Land evaluation. PartI to III., International Training Center for post Graduate soil Scientists, Stare University of Ghent, Ghent, Belgium.

Ziadat, F.M, Yaylor J.C. and Brewer, T.R. (2003). Mergine landsat TM imagery with topographic data to aid soil mapping in the Badia region of Jordan, Journal of Arid Environment. 54:527-541

UNDP, FAO. (1997) Land use planning II, The Islamic republic of Iran. Project findings and recommendations.