

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی سازه های آبی

تعیین الگوی بهینه کشت در دشت ورامین براساس میزان آب مجازی

نگارنده: زهرا نجف زاده

اساتید راهنما

دکتر زهرا گنجی نوروزی

دکتر وجیهه درستکار

اساتید مشاور

دکتر محمدهادی موحدنژاد

دکتر روزبه موذن زاده

۲۰ خرداد ۱۳۹۸

مشکر و قدردانی

حمد و سپاس خدای متعال که انسان را به زیور دانش آراست تا با اندیشیدن و تأمل راه درست زیستن را بیاموزد.

اگر مردم را رسم چنان است که با تقدیم تلاش ایشان به بزرگان به آن ها تقرب جویند، شایسته است نخستین شمره تحصیل پس از این همه سال، پیشکش متواضعانه ای باشد به نخستین معلمان زندگی پدر و مادر عزیزم.

بر خود لازم میدانم سپاسگزار عزیزانی باشم که در طول تهیه پایان نامه خالصانه یاریم نمودند. از زحمات بی دریغ خانواده خنوم کمال تشکر را دارم.

از اساتید راهنمای بزرگوارم سرکار خانم کنجی نوروزی و سرکار خانم دستکار که همواره از راهنماییهای علمی و اخلاقی شان در طول انجام این تحقیق بهره مند بوده ام، کمال تشکر را دارم.

از اساتید مشاور بزرگوارم جناب آقای مؤذن زاده و جناب آقای موحد نژاد به خاطر همراهی ایشان تشکر می‌کنم.

از داوران محترم جناب آقایان دکتر اژدری و دکتر دلقندی به جهت قبول زحمت داورى این پایان نامه صمیمانه سپاسگزارم.

از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر حسینی بخاطر اینکه زحمت اداره جلسه را تقبل نمودند کمال تشکر را دارم.

از دوستان عزیزى که طی این تحقیق همراه من بودن از جمله آقای بشری، آقای کریمی زاده، آقای شمس آبادی و دایمی عزیزم بسیار سپاس گذارم.

تعمیر نامه

- اینجانب زهرا نجف‌زاده دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته سازه‌های آبی دانشکده مهندسی کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه تعیین الگوی بهینه کشت در دشت ورامین براساس میزان آب مجازی (مطالعه موردی دشت ورامین) تحت راهنمایی دکتر گنجی نوری و دکتر درستکار متعهد می‌شوم.
- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
 - در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
 - مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
 - کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
 - حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
 - در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است). متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

محدودیت منابع آب به دلیل موقعیت جغرافیایی و اقلیمی ایران، بهره‌برداری بهینه از منابع آب موجود در سطح کشور را امری اجتناب‌ناپذیر می‌سازد. با توجه به مصرف بیش از نود و سه درصد منابع آب در بخش کشاورزی، تعیین الگوی بهینه کشت یکی از روش‌های مؤثر برای حل بحران آب می‌باشد. جهت نیل به این هدف، تهیه نقشه کاربری اراضی یکی از اقدامات ضروری می‌باشد. با توجه به اینکه بررسی وضعیت اراضی کشاورزی نیازمند زمان و هزینه زیادی می‌باشد و اکثر داده‌ها دقیق و کاربردی نمی‌باشند، امروزه استفاده از داده‌های سنجش از دور به دلیل صرف هزینه، زمان کمتر، دقت بالا، یکپارچه و وسیع بودن در مقایسه با سایر روش‌های گردآوری اطلاعات مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این مطالعه سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغات دشت ورامین توسط فناوری سنجش از دور به کمک نرم افزار ENVI و تصاویر ماهواره‌ای Landsat 8 سنجنده OLI تعیین شده و توسط بازدید میدانی اعتبارسنجی گردید. نقشه کاربری اراضی تهیه شده توسط تصاویر ماهواره‌ای با روش ماشین پشتیبان‌بردار (SVM)، توسط بازدید میدانی صورت گرفته در ۱۰۳۰ نقطه اعتبارسنجی گردید، نتایج اعتبارسنجی صحت کلی ۹۱/۸۱ درصد و ضریب کاپا ۰/۸۹ را نشان داد. با توجه به مساحت زیر کشت هر محصول، میزان نیاز آبی محصولات توسط روش پنمن-فائو-مونتیت بدست آمد، سپس با در نظر گرفتن عملکرد و نیاز آبی هر محصول، میزان آب مجازی آن محاسبه گردید. در نهایت جهت تعیین الگوی بهینه کشت، سه سناریو با توجه به نیاز آبی به صورت کاهش مقدار ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد از سطح زیر کشت سه محصول اول و افزایش آن مقدار به سطح زیر کشت سایر محصولات با نیاز آبی کمتر تعریف گردید. در هر سه سناریو مورد مطالعه آب مصرفی کل کاهش یافته در حالی که تغییرات سود کشاورز روند مشخصی نداشته ولی در اکثر حالت‌ها کاهش یافته است. از سوی دیگر میزان کاهش آب مصرفی نیز چندان قابل توجه نبوده و به نظر می‌رسد توصیه این سناریو از نقطه نظر اقتصادی و زیست محیطی مقرون به صرفه نباشد. همچنین تغییر الگوی کشت با توجه به آب مجازی در سه سناریو در دو دسته سه‌تایی و پنج‌تایی مورد مطالعه قرار گرفت. در سناریو اول از سطح زیر کشت سه یا پنج محصول اول با بیش‌ترین میزان آب مجازی به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد کاسته و به سایر محصولات با آب مجازی کم‌تر افزوده شد. در سناریو دوم به ترتیب از سطح زیر کشت محصولاتی که آب مجازی بیشتری مصرف نموده به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد کاسته و به صورت دسته‌های سه‌تایی و پنج‌تایی به دسته بعدی که آب مجازی کمتری نسبت به دسته اولی داشته اضافه شده است. در سناریو سوم محصولات به ترتیب کاهش آب مجازی به دسته‌های سه‌تایی و پنج‌تایی تقسیم شده و از هر کدام ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد از سطح زیر کشت کم شده و به سه و یا پنج محصول انتهایی که کمترین میزان مصرف آب مجازی را دارند اضافه شده است. در مجموع بررسی همه سناریوهای مورد مطالعه نشان داد که بهترین سناریو پیشنهادی قابل اجرا با هدف کمینه کردن آب مصرفی و بیشینه کردن سود کشاورزان منطقه مربوط به کاهش ۳۰ درصدی از سطح زیر کشت جو، گندم، یونجه و افزودن آن به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی و یا بادمجان، خیار، گوجه‌فرنگی بوده است. در اولین حالت کاهش آب مجازی ۱۲/۱ درصد و افزایش سود کشاورز ۷۹/۳ درصد و دومین حالت میزان افزایش سود ۴۲/۶ درصد و کاهش آب مجازی ۹/۱۴ درصد بوده است.

کلید واژه: نقشه کاربری اراضی، سنجش از دور، الگوی بهینه کشت، آب مجازی، دشت ورامین

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- ارزیابی وضعیت کشاورزی از دیدگاه آب مجازی (دشت ورامین)

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
فصل اول : مقدمه	۱
۱-۱- مقدمه	۲
۱-۲- ضرورت انجام تحقیق	۵
۱-۳- فرضیه ها	۶
۱-۴- اهداف	۷
فصل دوم : سابقه تحقیق	۹
۱-۲- مقدمه	۱۰
۲-۲- سابقه تحقیق	۱۰
۱-۲-۲- الگوی بهینه کشت	۱۰
۲-۲-۲- آب مجازی	۱۷
۳-۲-۲- کاربری اراضی	۲۱
۳-۲- جمع‌بندی	۲۸
فصل سوم : مواد و روش‌ها	۲۹
۱-۳- مقدمه	۳۰
۲-۳- موقعیت و مشخصات منطقه مورد مطالعه	۳۰
۳-۳- معرفی نرم افزارهای بکار رفته	۳۲
۱-۳-۳- نرم افزار ENVI	۳۲
۲-۳-۳- نرم افزار Map Source	۳۴
۴-۳- داده های مورد نیاز	۳۴

۳۶	..... ۵-۳ تعیین محاسبه نیاز آبی محصولات
۳۸	..... ۶-۳ تعیین میزان آب مجازی
۳۹	..... ۷-۳ تهیه کاربری اراضی به کمک فناوری سنجش از دور
۴۲	..... ۱-۷-۳ انتخاب تصویر ماهواره ای
۴۵	..... ۲-۷-۳ بازدید میدانی
۴۸	..... ۳-۷-۳ پیش پردازش داده‌های ماهواره‌ای (Pre_Processing)
۴۸	..... ۱-۳-۷-۳ خطاهای هندسی (Geometric)
۴۸	..... ۲-۳-۷-۳ خطاهای رادیومترکی (Radiometric)
۴۹	..... ۱-۲-۳-۷-۳ تصحیحات اتمسفری
۵۲	..... ۴-۷-۳ پردازش تصاویر ماهواره ای (processing)
۵۳	..... ۱-۴-۷-۳ سیستم های رنگی (Color System)
۵۴	..... ۲-۴-۷-۳ الگوریتم تلفیق داده ها (Fusion)
۵۵	..... ۳-۴-۷-۳ بررسی شاخص های طیفی
۵۷	..... ۵-۸-۳ تعیین الگوی بهینه کشت
۵۹	..... فصل چهارم: نتایج و بحث
۶۰	..... ۱-۴ مقدمه
۶۰	..... ۲-۴ اعتبار سنجی مراحل کار و تهیه نقشه کاربری اراضی نهایی
۶۰	..... ۱-۲-۴ اعتبار سنجی تصحیح اتمسفری الگوریتم QUAC
۶۲	..... ۲-۲-۴ اعتبار سنجی تصحیح اتمسفری الگوریتم FLAASH
۶۳	..... ۳-۲-۴ بررسی کیفیت و کمیت تصویر پس از عمل تلفیق داده ها (Fusion)
۶۴	..... ۴-۲-۴ اعتبار سنجی تصویر بعد از محاسبه شاخص NDVI
۶۵	..... ۵-۲-۴ طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای

۶۷	۴-۲-۶- اعتبار سنجی طبقه بندی تصاویر ماهواره‌ای
۷۰	۴-۳- میزان سطح زیر کشت محصولات
۷۰	۴-۴- محاسبه نیاز آبی محصولات
۷۲	۴-۵- محاسبه آب مجازی
۷۳	۴-۶- تعریف سناریوها
۷۴	۴-۷- نتایج عملیات برای هر سناریو
۷۵	۴-۷-۱- بررسی سناریوها با توجه به نیاز آبی
۷۵	۴-۷-۱-۱- تغییرات کاربری اراضی در دسته های سه تایی
۷۸	۴-۷-۱-۲- تغییرات کاربری اراضی در دسته های پنج تایی
۸۰	۴-۷-۲- بررسی سناریوها با توجه به آب مجازی
۸۱	۴-۷-۲-۱- تغییرات کاربری اراضی در دسته های سه تایی برای سناریو اول
۸۳	۴-۷-۲-۲- تغییرات کاربری اراضی در دسته های پنج تایی برای سناریو اول
۸۶	۴-۷-۲-۳- تغییرات کاربری اراضی در دسته های سه تایی برای سناریو دوم
۸۹	۴-۷-۲-۴- تغییرات کاربری اراضی در دسته های پنج تایی برای سناریو دوم
۹۲	۴-۷-۲-۵- تغییرات کاربری اراضی در دسته های سه تایی برای سناریو سوم
۹۴	۴-۷-۲-۶- تغییرات کاربری اراضی در دسته‌های پنج‌تایی برای سناریو سوم
۹۷	۴-۸- بررسی بهترین سناریو بر اساس آب مجازی
۹۹	فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهاد.....
۱۰۰	۵-۱- مقدمه
۱۰۱	۵-۲- پیشنهادات پژوهشی
۱۰۲	۵-۳- پیشنهادات اجرایی
۱۰۳	پیوست

فهرست اشکال

عنوان	شماره صفحه
شکل (۱-۳) نقشه موقعیت شهر تهران و منطقه مطالعاتی شهرستان ورامین	۳۱
شکل (۲-۳) تصویر ماهواره ای از ماهواره Landsat 8 سنجنده OLI	۴۵
شکل (۳-۳) تصویر برش خورده از منطقه اصلی	۴۹
شکل (۴-۳) تصحیح اتمسفری QUAC	۵۰
شکل (۵-۳) تصحیح اتمسفری FLAASH	۵۲
شکل (۶-۳) نمایی از ترکیبات بانندی مختلف	۵۴
شکل (۷-۳) شاخص طیفی NDVI	۵۶
شکل (۱-۴) رفتار طیفی پدیده های مختلف	۶۱
شکل (۲-۴) رفتار طیفی خاک	۶۱
شکل (۳-۴) رفتار طیفی گیاه	۶۲
شکل (۴-۴) رفتار طیفی خاک	۶۲
شکل (۵-۴) کیفیت طیفی هر باند	۶۳
شکل (۶-۴) مقایسه تصویر قبل و بعد از عمل تلفیق داده ها	۶۴
شکل (۷-۴) رفتار طیفی گیاه گندم در نقاط مختلف	۶۵
شکل (۸-۴) رفتار طیفی باغات در مناطق مختلف	۶۶
شکل (۹-۴) تصویر ماهواره ای طبقه بندی شده	۶۷
شکل (۱۰-۴) نقشه کاربری اراضی دشت ورامین	۶۹
شکل (۱۱-۴) نمودار تشریحی برای رسم منحنی تغییرات ضریب گیاهی در طول دوره رشد محصول گندم	۷۱
شکل (۱۲-۴) روند تغییرات میزان آب مصرفی و سود کشاورز با ۱۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته های سه تایی	۷۶
شکل (۱۳-۴) روند تغییرات میزان آب مصرفی و سود کشاورز با ۲۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته های سه تایی	۷۶
شکل (۱۴-۴) روند تغییرات میزان آب مصرفی و سود کشاورز با ۳۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته های سه تایی	۷۷

فهرست جداول

عنوان	شماره صفحه
جدول (۱-۳) اطلاعات ایستگاه هواشناسی منطقه ورامین سال ۱۳۹۶.....	۳۵
جدول (۲-۳) مشخصات باندهای Landsat 8.....	۴۱
جدول (۳-۳) بهترین زمان تصویر برداری برای محصولات منطقه مورد مطالعه با توجه به فصل کشت و دوره رویش.....	۴۳
جدول (۴-۳) داده های مورد استفاده از ماهواره ی Landsat 8 سنجنده OLI.....	۴۴
جدول (۵-۳) انواع کاربری - پوشش استفاده شده در طبقه بندی.....	۴۶
جدول (۶-۳) لیست موقعیت مکانی داده های GPS.....	۴۷
جدول (۷-۳) تعیین نوع مدل اتمسفری Atmospheric Model Option.....	۵۱
جدول (۱-۴) میزان صحت کلی و ضریب کاپا.....	۶۸
جدول (۲-۴) میزان سطح زیر کشت محصولات در دشت ورامین.....	۷۰
جدول (۳-۴) میزان نیاز آبی محصولات بر حسب (m^3/ha).....	۷۲
جدول (۴-۴) میزان آب مجازی محصولات بر حسب (m^3/ton).....	۷۳
جدول (۵-۴) میزان نیازآبی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت.....	۷۵
جدول (۶-۴) میزان نیازآبی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت.....	۷۶
جدول (۷-۴) میزان نیازآبی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت.....	۷۷
جدول (۸-۴) میزان نیازآبی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت.....	۷۸
جدول (۹-۴) میزان نیازآبی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت.....	۷۹
جدول (۱۰-۴) میزان نیازآبی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت.....	۷۹
جدول (۱۱-۴) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت.....	۸۱
جدول (۱۲-۴) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت.....	۸۲
جدول (۱۳-۴) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت.....	۸۲
جدول (۱۴-۴) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت.....	۸۴

- جدول (۴-۱۵) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت ۸۴
- جدول (۴-۱۶) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت ۸۵
- جدول (۴-۱۷) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت ۸۶
- جدول (۴-۱۸) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت ۸۷
- جدول (۴-۱۹) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت ۸۸
- جدول (۴-۲۰) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت ۸۹
- جدول (۴-۲۱) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت ۹۰
- جدول (۴-۲۲) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت ۹۱
- جدول (۴-۲۳) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت ۹۲
- جدول (۴-۲۴) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت ۹۳
- جدول (۴-۲۵) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت ۹۳
- جدول (۴-۲۶) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت ۹۵
- جدول (۴-۲۷) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت ۹۵
- جدول (۴-۲۸) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت ۹۶

فصل اول: مقدمه

۱-۱- مقدمه

در سال‌های اخیر به دلایل مختلفی اعم از رشد جمعیت، رشد اقتصادی، تغییر اقلیم و بروز خشکسالی - های متوالی رقابت پی‌درپی برای دستیابی به منابع آب شیرین بین کشورها ایجاد شده است که خود باعث کاهش منابع آب شیرین در سطح منطقه‌ای و بین‌المللی شده و به مشکل کم آبی در کشورهای مختلف دامن زده است.

آب منبعی محدود و در عین حال ضروری برای جوامع بشری می‌باشد به همین دلیل از دیرباز در کشورهای با منابع آب محدود، صرفه‌جویی در مصرف آب یک ضرورت در نظر گرفته شده و مورد توجه قرار گرفته است.

این امر در ایران به عنوان کشوری که دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک می‌باشد اهمیت بسزایی دارد. ایران کشوری با وسعت ۱۶۴۸۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. (روحانی و همکاران، ۱۳۸۷) منابع آب در ایران، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. تکرار دوره‌های خشکسالی و طولانی‌تر شدن مدت آن، بخش کشاورزی را با مشکلات و بحران‌های جدی رو به رو کرده که اهمیت و لزوم برنامه ریزی‌های مبتنی بر پتانسیل‌های آبی را بیش از پیش روشن کرده است.

کشاورزی در طی دهه‌های گذشته با نوسانات زیادی در میزان سطح زیر کشت و عملکرد محصولات روبه رو بوده است. علاوه بر کمبود آب، عوامل تهدید کننده دیگری از جمله شوری خاک، مدیریت ضعیف، نداشتن دانش کافی، رقابت شدید استفاده از منابع آبی بین بخش‌های صنعت، شرب، محیط زیست با بخش کشاورزی، فرسودگی تأسیسات و غیره موجب تأثیرگذاری در کاهش تولید محصولات کشاورزی شده است. از طرفی بخش کشاورزی در ایران و جهان بزرگترین مصرف کننده آب می‌باشد، اما بر خلاف میانگین جهانی که نشانگر تخصیص ۷۰ درصد از کل منابع آب مصرفی به این بخش است؛ در ایران با وجود قرار گرفتن کشور در منطقه‌ای خشک این نسبت ۹۳ درصد می‌باشد. (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸)

از حدود ۳۵ میلیون هکتار از اراضی مستعد کشاورزی به دلیل محدودیت منابع آب فقط ۷/۸ میلیون هکتار به صورت فاریاب کشت می‌شوند و از سوی دیگر از ۸۸/۵ میلیارد آب استحصال شده از منابع آب سطحی و زیر زمینی، حدود ۸۳ میلیارد متر مکعب یعنی ۹۳/۵ درصد آن به بخش کشاورزی اختصاص دارد از آنجا که این بخش بزرگترین مصرف کننده‌ی آب در زیر ساخت‌های مختلف اقتصادی در کشور است، هدر رفت عمده‌ی آب نیز به این بخش تعلق دارد. (آشگر طوسی و تشکر بهشتی، ۱۳۸۴)

چنانچه مصرف آب و نیاز روز افزون به آن با توجه به نرخ رشد رو به فزونی جمعیت با همین روند رو به رشد ادامه یابد، بی‌تردید شاهد مشکلات جدی در منابع آب کشور خواهیم بود و همچنین بالاترین میزان خسارت و زیان را وارد خواهد کرد. (اسداللهی، ۱۳۸۲)

بنابراین لازم است که تدابیری را جهت عبور از این بحران احتمالی اندیشید. لذا تنها راه پاسخ به نیاز غذایی این جمعیت رو به رشد، بهره‌برداری بهینه از منابع آب استحصال شده برای کشاورزی و تولید غذای بیشتر در ازای مصرف آب کمتر می‌باشد. (وکیلی، ۱۳۷۹)

یکی از مؤثرترین راه‌کارها جهت مقابله با بحران آب در بخش کشاورزی توجه جدی به بهره‌وری آب و همچنین تعیین الگوی کشت مناسب برای محصولات زراعی می‌باشد. لذا مدیریت کارآمد کشاورزی برای تولید گیاهان زراعی در مناطق کم آب مستلزم به کارگیری روش‌های مؤثر می‌باشد. جهت تعیین الگوی کشت بهینه نیاز به تهیه نقشه کاربری اراضی و تعیین میزان آب مصرفی هر محصول می‌باشد.

با توجه به رابطه تنگاتنگی که بین مدیریت کشاورزی و تخمین میزان سطح زیر کشت محصولات کشاورزی وجود دارد بدون در نظر گرفتن نوع محصولات و میزان سطح زیر کشت امکان مدیریت بهینه محصولات کشاورزی جهت تعیین الگوی کشت وجود نخواهد داشت. امروزه فناوری سنجش از دور به طور فرآیندهای برای اندازه‌گیری پارامترهای مورد نیاز در بررسی دقیق زمین‌های کشاورزی و پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در دهه‌های اخیر با پیشرفت دانش سنجش از دور، شناسایی و ارزیابی پدیده‌ها، تخمین میزان سطح زیر کشت، تهیه آمار و اطلاعات محصولات کشاورزی با استفاده از تصاویر به روز امکان پذیرتر شده است.

از طرفی لازم به ذکر است که بررسی شرایط حاکم بر تولید محصولات کشاورزی و متغیرهای دخیل در مقدار مصرف آب، منجر به ابداع روش‌های محاسبه آب مصرف شده در تولید انواع محصولات کشاورزی، متناسب با شرایط گوناگون تولید در سراسر نقاط جهان گردید. (نصیری و ناصری راد، ۱۳۹۰)

میزان مصرف آب محصولات کشاورزی معمولاً با مفهوم نیازآبی گیاه ارتباط تنگاتنگ دارد. طبق تعریف، مقدار آب مورد نیاز برای جبران تلفات تبخیر و تعرق گیاه در مزرعه با عنوان نیازآبی گیاه نامیده می‌شود. مقدار نیازآبی گیاه وابسته به تبخیر و تعرق است. با توجه به اینکه تبخیر و تعرق در اثر اقلیم محلی و نیز شرایط رشد گیاه تغییر می‌کند، در نتیجه نیازآبی گیاهان نیز به صورت زمانی و مکانی متغیر است. نیازآبی گیاهان مربوط به تبخیر و تعرق در شرایط ایده‌آل رشد گیاه می‌باشد.

استاندارد سرانه مصرف آب در کشورهای مختلف جهان با توجه به موقعیت جغرافیایی، فرهنگی و اقتصادی به ندرت از ۲۰۰ لیتر در روز فراتر می‌رود. ولی نتایج بررسی‌های محققین نشان دهنده این واقعیت است که سرانه مصرف آب بسیار بیشتر از استانداردهای تعیین شده در کشورهاست. انسان‌ها علاوه بر مصرف مستقیم آب، از طریق تغذیه مواد غذایی، میوه‌جات و حتی خدمات و کالا آب مصرف می‌کنند که مقدار آن، به طور متوسط حدود ۳۴۰۰ لیتر در روز به ازای هر نفر در جهان می‌باشد. بخش

زیادی از این آب که تا کنون در محاسبات سرانه مصرف آب، کمتر مورد توجه قرار گرفته را به عنوان آب مجازی می‌شناسد.

با مطرح شدن آب مجازی در سال‌های اخیر، روشن شده است که حجم زیادی از آب به صورت مجازی یا غیر مستقیم بین کشورهای گوناگون جهان جابجا می‌شود. این ایده برای نخستین بار در دهه ۹۰ میلادی به وسیله آلن از دانشگاه کینگ لندن مطرح شد. وی این واژه را این گونه تعریف کرد که "مجموع آب مصرف شده برای تولید مقدار معینی از یک کالا یا محصول (اعم از کالا، فرآورده‌های کشاورزی یا حتی خدمات) از لحظه شروع تا پایان است." (آلن^۱، ۱۹۹۷)

برای مثال، برای تولید یک کیلوگرم گندم به طور متوسط ۱۳۰۰ لیتر آب مورد نیاز است که آن را آب مجازی می‌نامند. به عبارت دیگر، مقدار آب مجازی معدل جمع کل آب مصرف شده در مراحل مختلف زنجیره تولید، از لحظه شروع تا پایان می‌باشد. صفت مجازی در تعریف فوق بدین لحاظ به کار می‌رود که بخش عمده آب مصرف شده طی فرآیند تولید، در محصول یا کالای نهایی وجود فیزیکی ندارد.

در سال ۲۰۰۳ آرجن هوکسترا^۲ تعریف کاملتری از آن را به شکل "آب مجازی جمع کل آب مورد نیاز برای تولید مقدار معینی از محصول (کالا) با توجه به شرایط اقلیمی، مکان و زمان تولید و بازده می‌باشد." ارائه کرد. بر اساس تعریف اخیر، شرایط اقلیمی، مکان و زمان تولید، مدیریت و برنامه‌ریزی، فرهنگ و عادات مردم در میزان آب مجازی مؤثر می‌باشد و قطعاً مقدار آن برای یک محصول در مناطق مختلف متفاوت خواهد بود. برای محاسبه مقدار آب مجازی محصولات (کشاورزی، صنعتی و غیره)، لازم است کلیه منابع آبی که به صورت مستقیم یا غیر مستقیم (اعم از باران، آب سطحی یا آب زیرزمینی) در تولید محصول مؤثر بوده‌اند را در محاسبات مورد توجه قرار داد. (آرجن هوکسترا، ۲۰۰۳)

آب مجازی یک معیار و ابزار اساسی در مصرف واقعی آب یک کشور برای محصولات کشاورزی است. تعیین الگوی کشت مبتنی بر آب مجازی راه حل مناسبی برای بحران آب به ویژه در کشورهای دارای آب و هوای خشک است که کشاورزی آن‌ها فقط بستگی به آبیاری دارد و همچنین کارایی مصرف آب پایینی دارند. بنابراین، در ازای مصرف منابع آب جهت تولید محصولاتی با آب مصرفی بیشتر، می‌توان محصولاتی با آب مصرفی پایین‌تر تولید کرده و از فشار بیش از حد بر منابع آب خودداری نمود. (تورتن^۳، ۲۰۰۰)

1. Allan, J.A.

2. Hoekstra, A.Y.

3. Turton

۱-۲- ضرورت انجام تحقیق

آب یکی از مهم ترین عوامل رشد و توسعه جوامع بشری محسوب می شود. مقایسه منابع آبی کشورهای مختلف نشان می دهند که کمبود آب به ویژه آب با کیفیت مناسب یکی از عوامل باز دارنده توسعه کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی در اکثر کشورهای در حال توسعه می باشد. (محمدیان و همکاران، ۱۳۸۹) در ایران به دلایل مختلفی مانند برداشت بی رویه از برخی منابع آب موجود، عدم تغذیه مناسب سفره های آب سطحی و زیرزمینی، بی توجهی به اصول مرتبط با حفاظت منابع آب و خاک، رشد بخش صنعت و توسعه شهرنشینی، عدم توجه به الگوی هر منطقه مبتنی بر منابع آب موجود و بروز پدیده خشکسالی، عرضه آب نتوانسته پاسخگوی تقاضای فرآیند آن باشد. (محمدیان و همکاران، ۱۳۸۷)

مصرف جهانی آب در چهل سال گذشته تقریباً ۲ برابر شده است به گونه ای که کمبود آب در بخش های زیادی از کره زمین، مشکلات زیادی را برای تأمین آب شرب سالم، تولید محصولات کشاورزی و در کل روند عمومی زندگی انسان ها به وجود آورده است. مطالعات صورت گرفته نشان می دهد تا سال ۲۰۲۵ میلادی، در حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد مردم جهان با تنش آبی و مشکلات ناشی از کم آبی مواجه می شوند. (گلیک^۴، ۲۰۰۳)

محدود کردن منابع آبی شهرستان ها، عدم کشاورزی صنعتی و تداوم کشت و زرع سنتی زیان های فراوانی برای مناطق مختلف ایران به همراه داشته است. عدم سرمایه گذاری کلان در بخش کشاورزی باعث افزایش قیمت تمام شده کالا و پایین بودن تولید خواهد شد. هنگامی که آب سطحی کفاف مصارف کشاورزی را نمی دهد، کشاورزان به استفاده از چاه ها روی می آورند و همچنین بهره برداری بی رویه از سفره های آب زیرزمینی باعث پایین افتادن سطح سفره های آب زیرزمینی می شود.

ایران با میانگین بارندگی سالانه ۲۵۲ میلی متر (۴۱۳ میلیارد متر مکعب) و ۱۳۰ میلیارد متر مکعب منابع آب تجدید شونده، از توزیع نامتوازن زمانی و مکانی منابع آب برخوردار است. (بابازاده، ۱۳۹۱) از طرفی رشد سریع جمعیت و نیاز به تولید مواد غذایی بیشتر سبب شده که بخش کشاورزی نسبت به سایر بخش های مصرف کننده آب تقاضای بیشتری برای مصرف داشته باشد. اما تولید آن هنوز کل تقاضای منابع غذایی را برآورده نمی کند. بنابراین مهم ترین چالش بخش کشاورزی در شرایط کنونی چگونگی تولید بیشتر غذا از آب کمتر می باشد. (برادران سیرجانی، ۱۳۹۳)

اجرا و طراحی الگوی بهینه کشت در قالب برنامه ای مشخص یکی از راهکارهای کاربردی برای مبارزه با تنش آبی می باشد و به کمک آن بسیاری از مشکلات تولید محصولات زراعی و باغی برطرف خواهد شد. برای تعیین الگوی بهینه کشت در هر منطقه باید اهداف خرد و کلان مورد توجه قرار گیرد. اگر برای تولید محصولات کشاورزی الگوی جدید و درستی انتخاب نشود در سال های آینده علاوه بر کاهش منابع آبی، امنیت غذایی کشور نیز به خطر می افتد و باعث ایجاد خسارات جبران ناپذیری خواهد شد.

⁴Gleick

در نتیجه تعیین الگوی بهینه کشت محصولات امری ضروری می‌باشد. دشت ورامین با میانگین بارندگی سالانه ۱۲۰ میلی متر از جمله مناطق خشک و نیمه بیابانی ایران محسوب می‌شود. گندم و جو از جمله محصولات مهم این منطقه است و در اغلب زمین‌های زراعی به صورت آبی کشت می‌شود. آب مورد نیاز آبیاری دشت ورامین از منابع سطحی و زیرزمینی تامین می‌گردد. بنابراین با توجه به مشکلات مذکور و همچنین برداشت بی رویه از منابع آب سطحی و زیرزمینی جهت کشت محصولات، تعیین الگوی کشت بهینه دشت ورامین برای مطالعه موردی انتخاب شده است.

۱-۳- فرضیه ها

ایران کشوری دارای اقلیم خشک و نیمه می‌باشد و تلاش در راستای حفظ منابع آب و همچنین صرفه جویی در مصرف آب امری ضروری است. همچنین به دست آوردن آمار مربوط به کشاورزی، بیشتر از طریق کارشناسی و روش‌های سنتی صورت می‌پذیرد. بر این اساس در تحقیق حاضر فرضیات زیر مطرح می‌باشد.

- داده‌های موجود بیانگر این موضوع می‌باشد که روش‌های کسب آمار کشاورزی از طریق روش‌های سنتی دقیق و جامع نبوده، بایستی روشی دقیق و کاربردی جایگزین شود.
- روش‌های جدید از جمله بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای و فناوری سنجش از دور با خطای کمتری به تولید آمار و اطلاعات کشاورزی می‌پردازد.
- انجام کلاس بندی تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت شده و انتخاب یکی از بهترین روش‌های طبقه‌بندی بر اساس بالاتری دقت طبقه‌بندی در نرم‌افزار ENVI.
- محاسبه میزان آب مجازی محصولات بر اساس نیاز آبی بدست آمده و عملکرد محصولات در منطقه مورد نظر.
- تهیه الگوی بهینه کشت با هدف کمینه کردن آب مصرفی و بیشینه کردن سود کشاورزان.
- تعیین الگوی بهینه کشت بر مبنای آب مجازی هر محصول نسبت به تعیین الگوی بهینه کشت بر مبنای نیاز آبی نتایج بهتری ارائه می‌دهد.
- میزان آب مجازی محصولات محاسبه شده و محصولاتی که میزان آب بیشتری برای تولید مصرف می‌کنند شناسایی و سعی بر این موضوع شود که با پایین آوردن سطح زیر کشت این نوع محصولات و وارد شدن آن‌ها به کشور، کمکی جهت کم کردن فشار بر ذخایر آبی حاصل شود.

۱-۴-اهداف

از آنجایی که بخش کشاورزی بزرگترین مصرف کننده آب در جهان و ایران می باشد تعیین الگوی بهینه کشت می تواند در مدیریت بحران آب نقش به سزایی داشته باشد.

با توجه به این توضیحات هدف مطالعه حاضر، ارایه روشی است برای تعیین الگوی بهینه کشت در سطح دشت ورامین که در آن مزیت نسبی محصولات با استفاده از آب آبیاری در دسترس و جهت دهی الگوی بهینه کشت در راستای استفاده حداکثرسازی خالص آب مجازی تأکید شده است. چرا که ایران کشوری است که به لحاظ شرایط آب و هوایی و منطقه استعدادهای بالقوه لازم برای توسعه کشاورزی را دارا می باشد با توجه به این امر می توان به کمک مفهوم الگوی بهینه کشت برای تولید و رشد اقتصادی کشور برنامه ریزی هایی انجام داد.

جهت تعیین الگوی بهینه کشت هر منطقه، تهیه نقشه کاربری اراضی و محاسبه میزان مصرف آب هر محصول امری اجتناب ناپذیر است. در نتیجه در این تحقیق اهداف زیر پی گیری می گردد.

۱. تهیه نقشه کاربری اراضی دشت ورامین با استفاده از فناوری سنجش از دور.
 ۲. برآورد سطح زیر کشت هر محصول با توجه به نقشه کاربری اراضی بدست آمده از منطقه مورد مطالعه.
 ۳. محاسبه میزان نیاز آبی و آب مجازی هر محصول با توجه به فرمول های موجود.
 ۴. تعریف سناریوهایی با هدف کم کردن میزان آب مصرفی و در عین حال افزایش سود کشاورزان منطقه.
 ۵. انتخاب بهترین سناریو از میان سناریوهای تعریف شده.
- بر این اساس این تحقیق در ۵ فصل ارائه شده است که هر یک از فصول به ترتیب به مباحث زیر می پردازد. فصل اول به کلیاتی در مورد موضوع و ضرورت انجام آن می پردازد، فصل دوم سابقه تحقیق و مرور بر مطالعات گذشته موضوع مورد نظر را در بر می گیرد، فصل سوم منطقه مطالعاتی، نرم افزارهای بکار رفته، مبانی و روش های مورد استفاده تحقیق را معرفی می کند، فصل چهارم نتایج و محاسبات و فصل پنجم خلاصه ای از نتایج مطالعه حاضر و پیشنهاداتی برای ادامه تحقیق را در بر می گیرد.

فصل دوم: سابقہ تحقیق

۲-۱ مقدمه

با توجه به نامناسب بودن پراکندگی زمانی و مکانی ریزش‌های جوی در ایران و پایین بودن راندمان آبیاری در کشاورزی، آب به عنوان محدود کننده‌ترین عامل تولید در کشاورزی مطرح می‌باشد. تخصیص این منبع از اهمیت بالایی برخوردار است. به منظور جلوگیری از هدر رفت منابع آب زیرزمینی و سطحی و همچنین افزایش رونق اقتصادی زارعین، نیازمند مدیریت کارآمد جهت به کارگیری روشی مؤثر می‌باشد. یکی از این روش‌ها تعیین الگوی بهینه کشت می‌باشد. از آن جایی که جهت تعیین الگوی بهینه کشت، دو مبحث نقشه کاربری اراضی و محاسبه میزان آب مصرفی نقش اصلی را دارند، این فصل در سه بخش آب مجازی، کاربری اراضی و الگوی بهینه کشت تقسیم‌بندی می‌گردد. مطالعات و بررسی‌های بسیاری در این زمینه‌ها صورت گرفته است در ادامه به مروری بر مطالب انجام شده در این بخش‌ها، پرداخته شده است.

۲-۲- سابقه تحقیقات

آب دارای ارزش استراتژیک و از گذشته تا کنون مدیریت مصرف آن در سراسر دنیا به خصوص در مناطق خشک و نیمه خشک مانند کشور ما مورد توجه بوده است. افزایش جمعیت در چند دهه اخیر سبب شده که مسئولان و محققان به فکر چاره‌ای در جهت تهیه راهکاری برای ذخایر آب‌های شیرین و همچنین بازده بالای محصولات باشند. بهترین روش که امروزه مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته مبحث آب مجازی و تعیین الگوی بهینه کشت می‌باشد. اهمیت تعیین الگوی بهینه کشت در ایران، با توجه به شرایط اقلیمی کشورمان مشهود می‌باشد.

۲-۲-۱- الگوی بهینه کشت

تخصیص بهینه منابع آب در کشاورزی امری ضروری است و کشاورزان در عملیات زراعی مزرعه باید بدان توجه کنند یکی از عوامل مهم در تخصیص بهینه منابع آب تعیین الگوی بهینه کشت مزرعه است. تعیین و اجرای الگوی کشت بهینه کشاورزی یکی از شیوه‌های کارآمد در صرفه‌جویی مصرف آب می‌باشد به همین دلیل مورد توجه محققین متعددی قرار گرفته است. در ادامه به نتایج کار تعدادی از این محققین اشاره می‌گردد.

شعبانی و همکاران (۱۳۸۷)، در تحقیقی به مدیریت بهینه در مصرف آب و الگوی کشت در شرایط استفاده تلفیقی از منابع سطحی و زیرزمینی در سطح مزرعه پرداختند و همچنین اثر درصدهای مختلف کاهش آب مصرفی در دوره‌های مختلف رشد را به عنوان راهکارهای آبیاری برای الگوی کشت غالب (گندم، جو، برنج، چغندر قند، ذرت دانه‌ای و ذرت علوفه‌ای) در منطقه درودزن استان فارس مورد بررسی

قرار دادند. نتایج مدل تهیه شده نشان داد که الگوی بهینه کشت در فصل اول گندم و در فصل دوم ذرت دانه‌ای و برنج می‌باشد. همچنین در این تحقیق سیاست‌های مختلفی جهت صرفه جویی در مصرف آب مورد بررسی قرار گرفت که با توجه به این که میزان آب مصرفی در فصل دوم به مراتب بیشتر از فصل اول می‌باشد به نظر می‌رسد از بین سیاست‌ها و راهکارهای مختلف ذکر شده محدود کردن کشت گیاهان پر مصرف در فصل دوم بهترین و کارآمدترین سیاست جهت کاهش مصرف آب می‌باشد.

در تحقیقی دیگر برادران سیرجانی و همکاران (۱۳۹۳)، برای تعیین الگوی بهینه کشت و تخصیص بهینه منابع آب در بخش مرکزی شهرستان مشهد (دهستان توس) از برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه دو مرحله‌ای استفاده کردند. آمار و اطلاعات مورد نیاز از طریق مصاحبه حضوری با کشاورزان منطقه‌ی مورد مطالعه و تکمیل ۱۱۶ پرسش‌نامه با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی ساده در سال ۹۱-۹۲ جمع آوری شد، نتایج نشان داد که مقادیر بهینه مدل برنامه‌ریزی فازی چند هدفه دو مرحله‌ای در هدف حداکثر سازی بازده ناخالص ۲۳۹۴۲/۰۱ هزار ریال، بهره‌برداری از کودهای آلی ۳۸۷۶/۱۹ کیلوگرم و هدف حداقل سازی مصرف آب ۵۳۶۴۵/۶۲ متر مکعب که این اهداف در مرحله دوم بهبود پیدا کرده و میزان هدف کود شیمیایی ۸۱۷/۸۰ کیلوگرم که نسبت به حالت قبل تغییری نکرده و الگوی کشت در صورتی بهینه می‌شود که بیشترین سطح زیر کشت را به سیب زمینی و بعد از آن چغندر، جو، پیاز و گندم اختصاص داد و کشت گوجه فرنگی و ذرت را حذف کرد. نتایج نشان می‌دهد مدل برنامه ریزی خطی فازی چند هدفه دو مرحله‌ای در مقایسه با مدل خطی فازی چند هدفه نتایج بهتری در تعیین الگوی بهینه کشت دارد.

پیروزی‌راد و همکاران (۱۳۹۳)، با هدف انجام تعیین الگوی بهینه کشت و بهترین زمان فروش محصولات کشاورزی، مدل حداقل پشیمانی را به طور همزمان بر روی داده‌های ماهانه قیمت محصولات کشاورزی در سال ۱۳۸۰ انجام دادند. تعیین الگوی بهینه کشت بر اساس معیار پشیمانی بهینه تعیین بهترین زمان فروش محصولات در منطقه رامجرد با استفاده از روش پشیمانی بهینه می‌باشد که مراحل کار شامل تصمیم‌گیری در شرایط اطمینان، تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان، که خود به دو دسته عدم اطمینان کامل و در حالت ریسک. عدم اطمینان کامل، معیار والد یا تکنیک به بدبینی (ماکسی مین) معروف است یا به عبارت دیگر فرد بدبین، معیار لاپلاس به تکنیک تساوی احتمال وقوع مشهور است فرض اساسی این مدل وقتی یک تصمیم گیرنده اطلاعات کافی در مورد وقوع متغیرهای غیر قابل کنترل ندارد. معیار هوریس نام دیگرش معیار خوش‌بینی یا ماکسی ماکس است که بر عکس روش والد می‌باشد. معیار ضریب خوش‌بینی توسط هوریس پیشنهاد شده است. معیار ساویج-ریگرت با نام دیگر تکنیک فرصت از دست رفته معروف است که اساس این روش بر میزان وارده و عدم انتخاب مناسب می‌باشد و در نهایت نتایج مطالعه نشان داد که الگوی کشتی شامل ۴/۶۱ هکتار برنج، ۹/۰۹ هکتار جو

و ۳/۰۲ هکتار گندم حداقل پشیمانی را در برخواهد داشت براساس مدل حداقل پشیمانی بهترین زمان فروش محصولات بلافاصله پس از برداشت تعیین گردید.

بهرامی نسب و همکاران (۱۳۹۳)، نسب مدل برنامه ریزی فازی را با استفاده از رهیافت بازه‌ای، برای تعیین الگوی بهینه کشت در شهرستان اسفراین با لحاظ شرایط عدم قطعیت به کار گرفتند. آمار و اطلاعات مورد نیاز از طریق جمع‌آوری ۱۲۸ پرسشنامه و مصاحبه‌ی حضوری با کشاورزان منطقه به صورت نمونه‌گیری تصادفی ساده، در سال ۱۳۹۲ تهیه شد. استفاده از سطوح مختلف آلفا برش در مدل مذکور، باعث شد که تمامی اطلاعات فازی مربوط به پارامترها به صورت جزء به جزء در عملیات بهینه‌سازی وارد شوند. برآورد نتایج دو زیر مدل بالا و پایین نشان دهنده‌ی در نظر گرفتن شرایط خوش‌بینانه و بدبینانه برای برآورد مدل است. در واقع حد بالا مدل با در نظر گرفتن شرایط خوش‌بینانه برآورد می‌شود و در چنین شرایطی حد بالای تابع هدف (سود) و متغیرهای تصمیم بدست می‌آید و شرایط بدبینانه عکس این موضوع می‌باشد. سود حاصل از سیستم در شرایط خوش‌بینانه افزایش و در شرایط محافظه کارانه کاهش خواهد یافت. محصولات ذرت علوفه‌ای، لوبیا قرمز و گندم در اکثر سناریوها محصولات اقتصادی و بهینه برای کشت می‌باشند و پیشنهاد می‌گردد جهت بهبود وضعیت سودآوری کشاورزان و استفاده بهینه از منابع تولید، سیاست‌های تشویقی و حمایتی جهت گسترش تولید این محصولات توسط سازمان جهاد کشاورزی خراسان شمالی و یا مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان اسفراین به اجرا گذاشته شود.

دشتی و قادری‌نژاد (۱۳۹۲)، در همین راستا پژوهشی با هدف مشخص کردن الگوی بهینه کشت محصولات زراعی با لحاظ مزیت نسبی در سه شهرستان دره شهر، ایوان و شیروان استان ایلام انجام داده‌اند. برای این منظور با استفاده از داده‌های سال ۱۳۹۰ شاخص‌های مزیت نسبی محاسبه و جهت تعیین ترکیب مناسب برای کشت از مدل برنامه ریزی خطی بهره گرفته شده جهت محاسبه مزیت نسبی از سه نوع شاخص بهره گرفته شده که عبارت اند از شاخص هزینه منابع داخلی که میزان افزایش در ارزش افزوده بر حسب قیمت‌های سایه‌ای آن‌ها را نشان می‌دهد. شاخص سودآوری خالص اجتماعی که معیار سودآوری خالص (یا زیان) یک فعالیت را اندازه‌گیری می‌کند. شاخص هزینه_فایده اجتماعی که فعالیت‌ها را از نظر وضعیت اجتماعی آن‌ها مورد ارزیابی قرار می‌دهد. اگر شاخص هزینه_فایده اجتماعی کوچکتر از یک باشد. نشان دهنده این است که کشور در تولید محصول مورد نظر دارای مزیت نسبی است و در غیر این صورت مزیت نسبی ندارد. نتایج نشان داد در تمامی شهرستان‌ها محصولات فاقد مزیت نسبی نیز تولید می‌شوند ضمن اینکه مقایسه ترکیب کشت محصولات زراعی در وضعیت فعلی با نتایج الگوی برنامه‌ریزی بیانگر آن است که بطور متوسط تولید تعداد حدود ۵۰ درصد از محصولات کنونی توصیه می‌شود. بدین ترتیب در راستای اقتصادی‌تر شدن فعالیت‌ها توجه به تولید محصولات مزیت‌دار هر شهرستان، با در نظر گرفتن مقادیر محدود عوامل توصیه می‌گردد.

باقری و معززی (۱۳۸۹)، روش برنامه‌ریزی امکان را به عنوان یکی از روش‌های مبتنی بر منطق فازی مورد استفاده قرار دادند. برنامه‌ریزی فازی و قطعی در قالب برنامه‌ریزی ریاضی چند هدفی مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های استفاده شده نیز از میان ۱۰۰ بهره‌بردار منتخب منطقه‌ی کهگیلویه و بویراحمد در سال ۱۳۷۸ گردآوری شد. افزایش بازده ناخالص و کاهش ریسک به عنوان هدف در نظر گرفته شد. براساس نتایج مشخص شد که ریسک بازدهی ناخالص در تدوین الگوی بهینه از وزنی بالا برخوردار است. همچنین یافته‌های مطالعه نشان داد که در تأمین توأم هدف‌های یاد شده روش برنامه‌ریزی امکان در مقایسه با روش‌های دیگر از توانی بالاتر برخوردار است و پیشنهاد می‌شود در شرایطی که بهره‌برداران با شرایط نابهینه مواجه‌اند، از این روش استفاده شود. محصولات پیشنهادی الگوهای بهینه شامل گندم، هندوانه، خربزه و برنج می‌باشد.

لطیف زاده و همکاران (۱۳۸۹)، تحقیقی جهت حداکثر نمودن سود، تخمین آب مورد نیاز در دوره‌های زمانی مختلف، بهینه کردن الگوی کشت و افزایش بهره‌وری مصرف آب در سطح زیر کشت ۱۶۰۰۰ هکتار از اراضی شبکه آبیاری عقیلی-گتوند انجام داد که برای اجرای اهداف فوق از تلفیق یک مدل بیوفیزیک (برآورد نیازآبی) و یک مدل اقتصادی (برنامه‌ریزی خطی) استفاده گردید. اطلاعات مورد نیاز مدل جمع آوری و مدل نیاز آبی را محاسبه و میزان خالص آب مورد نیاز گیاهان زراعی را متناسب با خصوصیات گیاه و اقلیم منطقه و نوع خاک و با منظور نمودن راندمان آبیاری ۴۵ درصد برآورد نمود. آب مورد نیاز برای هر یک از گیاهان زراعی در هر ماه از فصل رشد به عنوان یک محدودیت همراه با دیگر محدودیت‌ها (سطح زیر کشت، آب، نیاز غذایی منطقه، سیاست گذاری دولت و ...) به عنوان ورودی مدل برنامه‌ریزی خطی منظور گردید. نتایج نشان داد که الگوی کشت موجود بهینه نبوده و با بهینه سازی آن از طریق تغییر درصد ترکیب کشت گیاهان زراعی در اراضی موجود و همچنین افزایش ذخیره آب می‌توان اراضی دیم را تبدیل به اراضی فاریاب نمود.

پوران و همکاران (۱۳۹۵)، در پژوهشی، ضمن در نظر گرفتن بحث آب مجازی و محتوی آب محصولات به اشکال آب سبز، آب آبی و آب خاکستری به محاسبه ارزش اقتصادی آب مجازی محصولات کشاورزی با رویکرد حداکثر سازی بهره‌وری آب پرداخته‌اند. نمونه مورد بررسی شامل پنج استان ایلام، بوشهر، آذربایجان غربی، اصفهان و سمنان همچنین ۱۲ محصول در پنج گروه از محصولات زراعی (غلات، حبوبات، محصولات صنعتی، سبزیجات و محصولات جالیزی) است. نتایج حاصله از این تحقیق نشان می‌دهد که، ارزش اقتصادی محتوی آب آبی (مجموع آب های سطحی و زیر زمینی) محصولات استان‌های آذربایجان غربی، بوشهر، اصفهان، ایلام و سمنان با هدف حداکثر شدن بهره‌وری آب کشاورزی به ترتیب ۱۴۶۱۵، ۴۰۶۰۸، ۷۲۴۰، ۴۶۷۳، ۳۹۲۷۴ ریال به ازای هر متر مکعب آب آبی صرف شده در امور کشاورزی است. ارزش اقتصادی محتوی آب خاکستری محصولات استان اصفهان ۷۲۲۰ ریال و استان

آذربایجان غربی ۸۳۳۰ ریال به ازای هر متر مکعب آب خاکستری صرف شده در امور کشاورزی است. به طور کلی هرچه استان‌ها وضعیت آبی نامساعدتری داشته باشند ارزش اقتصادی محتوی آب محصولات آن‌ها بیشتر است و بهره‌وری آب ۱۲ محصول زراعی مورد مطالعه در استان‌های مختلف افزایش یافته است.

زهرایی و اسلامی (۱۳۸۵)، یک مدل الگوریتم ژنتیک جهت بهینه سازی الگوی کشت اراضی کشاورزی با در نظر گرفتن اولویت‌های تخصیص آب و محدودیت‌های منابع آب ارائه دادند. نتایج مدل در مطالعه موردی انجام شده در دشت ورامین نشان دهنده ضرورت افزایش سطح زیر کشت خیار و گوجه‌فرنگی و کاهش قابل ملاحظه سطح زیر کشت گندم بوده است. به منظور در نظر گرفتن استراتژیک بودن گندم، گزینه‌هایی نیز با در نظر گرفتن حداقل سطح زیر کشت گندم به میزان ۴۰ درصد سطح زیر کشت کل شبکه نیز در نظر گرفته شد.

خلیلیان و همکاران (۱۳۹۱)، در منطقه ورامین با استفاده از روش توصیفی اسنادی، کتابخانه‌ای و برنامه‌ریزی ریاضی تحقیقاتی درباره به دست آوردن بهترین الگوی بهینه کشت انجام دادند. محصولات مورد مطالعه را از نظر زمان کشت به دو گروه مجزا دسته‌بندی کردند و نتایج کار مقایسه این گروه‌ها با یکدیگر جهت دستیابی به یک الگوی کشت مناسب برای محصولاتی با نیاز آبی کمتر و سود خالص می‌باشد.

در تحقیقی دیگر از حسینی و همکاران (۱۳۹۵)، دشت همدان-بهار در ناحیه اقلیمی نیمه خشک قرار گرفته است. از آن جا که روند توسعه کشت و جایگزینی محصولات با نیاز آبی بالا در دشت و همچنین افزایش واردات محصولات کشاورزی با توجه به مقوله آب مجازی بسیار ضروری است. لذا، در این پژوهش با استفاده از روش توصیفی-اسنادی-کتابخانه‌ای و مدل برنامه‌ریزی ریاضی به تعیین الگوی بهینه‌ای در کشت پنج محصول زراعی دارای ارزش اقتصادی و صنعتی دشت بهار همدان با تأکید بر آب مجازی مبادله شده و منافع خالص اجتماعی آن‌ها پرداخته شده است. نتایج این پژوهش نشان دادند که در الگوی کشت بهینه در سطح دشت تنها محصول گندم به مقدار ۷۱ هزار هکتار دارای اهمیت است. در ادامه به منظور افزایش کارایی مصرف آب، محصولات از نظر زمان کشت دسته‌بندی شدند. بدین ترتیب مشخص شد با پایان یافتن زمان کشت گندم محصول سیب زمینی که دارای بهره‌وری آب بالایی است بهترین جایگزین می‌باشد.

در تحقیقی دیگر از غفاری و همکاران (۱۳۸۹)، با هدف توسعه مدل تعیین الگوی کشت بهینه شبکه‌های آبیاری با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی انجام گرفت. مدل در قالب دو زیر مدل توسعه یافت که هدف زیر مدل اول، رتبه‌بندی مناسب نوع محصولات الگوی کشت در سطح شبکه آبیاری بوده و هدف زیر مدل دوم، رتبه‌بندی سطوح زیر کشت مناسب هر محصول می‌باشد. مدل AHP

می‌تواند به عنوان یک مدل کاربردی در ارزیابی عوامل کمی و کیفی مؤثر بر الگوی کشت و تعیین نوع و تراکم کشت بهینه محصولات شبکه‌های آبیاری مورد استفاده قرار گیرد.

در تحقیقی دیگر رحمان و ساها^۵ (۲۰۰۸)، با استفاده از ارزیابی چند معیاره فضایی، سامانه اطلاعات مکانی، سنجش از دور و نیز فرایند سلسله مراتبی (AHP) به تدوین الگوی کشت مناسب برای منطقه سیل خیز بوگرا در بنگلادش پرداختند. در این مطالعه گیاهان زراعی شاخص در منطقه از جمله گندم، برنج، خردل، سیب زمینی در الگوهای پیشنهادی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که منطقه مورد نظر تناسب متوسط تا بالایی برای تولید گیاهان زراعی انتخاب شده دارد. در منطقه بوگرا در فصل سیلاب تنها مناطق اندکی برای کشت برنج مناسب تشخیص داده شد. سرانجام چهار الگوی کشت مناسب برای منطقه در فصل سیل و پس از سیل مشخص شد.

اسدپور و همکاران (۱۳۸۴)، نظریه و کاربری مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه سازی الگوی کشت برای یک دشت در زیر حوزه هراز مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که با ایجاد انعطاف در آرمان‌ها در مدل فازی، منابع موجود به نحو بهتری تخصیص یافته و سطح زیر کشت توسعه پیدا می‌کند.

شعبانی (۱۳۸۵)، به منظور بهینه سازی مصرف آب و الگوی کشت در شبکه آبیاری درودزن، از برنامه‌ریزی خطی و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که الگوی کشت بهینه در فصل اول گندم و در فصل دوم ذرت دانه‌ای و برنج می‌باشد و سایر گیاهان به نسبت کمتری وارد برنامه بهینه می‌شوند.

کلیک و پاکسوی^۶ (۱۹۹۸)، در بررسی عوامل مؤثر بر الگوی کشت ۱/۷ میلیون هکتار از اراضی فاریاب آناتولی ترکیه گزارش نمودند که با توجه به موجودیت آب آبیاری، کشاورزان می‌توانند در هر سال ۲ تا ۳ بار زمین را به کشت گیاهان مختلف اختصاص دهند. بررسی آنان بیانگر آن است که فاکتور صرفه اقتصادی و بازاریابی آسان در تعیین الگوی کشت این منطقه از سایر عوامل مهم‌تر عمل نموده است. در این راستا، محصولات پنبه و گندم که کشاورز درآمد بیشتری از آن‌ها به دست می‌آورد، هر ساله سطح کشت بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند. در این بررسی گزارش شد که سوددهی محصول ۴۱ درصد، بازاریابی آسان ۱۴/۶ درصد، رعایت تناوب ۱۲/۳ درصد، نیروی انسانی ۸/۸ درصد، ساختمان خاک ۶/۸ درصد و تأثیر کشاورزان همسایه ۵/۸ درصد در تعیین الگوی کشت مؤثر بوده است.

^۵.Rahman,R & Saha.

^۶.Celik,Y.B.

چیدری و قاسمی (۱۳۷۸)، به بررسی تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی در یک مزرعه نماینده ۴۰ هکتاری در شهرستان اقلید استان فارس پرداختند. در این مطالعه که در آن روش برنامه-ریزی خطی آرمانی به کار گرفته شد، به ترتیب اولویت عبارت است از استفاده کمتر از نهاده‌های زمین و آب، کمینه نمودن هزینه‌های متغیر تولید، بیشینه کردن سود ناخالص مزرعه و تولید بهینه بودن. بر اساس نتایج حاصله از تابع فاصله اقلیدسی که در برنامه‌ریزی خطی بدست آمده است، در الگوی بهینه دو محصول گندم و چغندر جای گرفتند و محصولات دیگر نظیر لوبیا، نخود و عدس که در هنگام مطالعه کاشته می‌شوند از الگوی بهینه حذف شده‌اند. افزون بر این، مقدار سود در الگوی بهینه برنامه‌ریزی خطی از مقدار سود الگوی برنامه‌ریزی آرمانی بیشتر بوده است.

خاشعی و همکاران (۱۳۹۲)، با استفاده از مدل بیلان آب زیرزمینی و با روش فراکاشی PSO الگو و تراکم کشت بهینه محصولات زراعی دشت نیشابور را تعیین نمودند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که می‌توان با کاهش ۳۰ درصدی سطح زیر کشت اغلب محصولات بهاره و افزایش ۳۰ درصدی سطح زیر کشت گندم، جو و کلزا بیش‌ترین درآمد را از آب استحصال از آبخوان دشت نیشابور کسب نمود.

باقریان و همکاران (۱۳۸۶)، جهت تعیین الگوی بهینه کشت، از روش برنامه‌ریزی خطی که در رابطه با تخصیص بهینه منابع کمیاب بین فعالیت‌های مختلف رقیب بکار گرفته می‌شود، استفاده کردند. همچنین برای استخراج و تجزیه و تحلیل از نرم افزار LINDO استفاده نمودند که از طریق الگوی کشت در دو حالت کنونی کالیبره و بهینه، با توجه به محدودیت‌های منطقه تعیین گردید. نتایج نشان داد که کشاورزان از منابع موجود به نحو بهینه استفاده نمی‌کنند، به گونه‌ای که اختلاف سود در اجرای دو حالت کنونی و بهینه ۱۱/۵ درصد می‌باشد.

سینگ و همکاران^۷ (۲۰۰۱)، از مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند تا الگوی بهینه کشت را با هدف حداکثر کردن درآمد خالص در منطقه‌ای از پاکستان برآورد نمایند؛ که در این مدل، میزان زمین و حداقل کشت گندم و برنج برای نیازهای غذایی کشاورزان به عنوان محدودیت‌های مدل در نظر گرفته شده‌اند که بر اساس نتایج حاصله، سودآورترین کشت منطقه، کشت محصول گندم تعیین گردید.

در تحقیقی دیگر محمدی و همکاران (۱۳۸۹)، به ارایه الگوی کشت با اهداف مختلف حداکثرسازی منافع خصوصی و اجتماعی به تفکیک در سطح شهرستان مرودشت پرداختند. به منظور تعیین الگوی بهینه کشت در سطح دشت در الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی استفاده شده است. بخشی از داده‌های مورد نیاز با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای و از طریق محاسبه حضوری و تکمیل پرسشنامه جمع‌آوری شده است. نتایج حاصل از تعیین الگوی کشت بهینه نشان می‌دهد که مجموع سطح زیر

⁷.Singh,DK.

کشت جدید نسبت به کل سطح زیر کشت فعلی در سطح شهرستان تغییری نکرده است. اما در این الگو، محصولاتی مانند گندم آبی، گندم دیم، ذرت دانه‌ای، هندوانه، خیار، پیاز، عدس آبی و لوبیا از برنامه حذف شده و محصولات جو دیم، خربزه و پیاز وارد الگوی کشت گردیده‌اند. از طرفی سطح زیر کشت گوجه فرنگی به میزان ۹۳ هکتار افزایش یافته است.

طبق تحقیقات صورت گرفته توسط شعبانی و همکاران (۱۳۸۷)، الگوی بهینه کشت در شرایط استفاده تلفیقی از منابع سطحی و زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفت. آنان نتیجه گرفتند که محدود کردن کشت گیاهان پرمصرف در فصل دوم بهترین و کارآمدترین سیاست جهت تعدیل تقاضای آب می‌باشد.

کهنسال و فیروز زراع (۱۳۸۷)، به تعیین الگوی کشت استان خراسان شمالی با اهداف کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه پرداختند. یافته‌های بررسی آن‌ها در سطح بهره‌برداری بزرگ مقیاس نشان داد که الگوی حاصل از برنامه‌ریزی خطی ساده بسیار به الگوی کشت فعلی منطقه نزدیک بوده، در حالی که الگوی حاصل از برنامه‌ریزی فازی کسری برای دستیابی به پایداری و الگوی کشت فعلی منطقه اختلاف چشمگیری دارد. این نتیجه در مورد بهره‌برداری‌های کوچک مقیاس تا حدودی متفاوت بود و الگوی کشت فعلی برای همسویی با اهداف پایداری کمتر دستخوش تغییر شده است.

در پژوهشی دیگر میرکریمی و همکاران (۱۳۹۵)، روش برنامه‌ریزی آرمانی را برای تعیین الگوی بهینه کشت شهرستان آمل اجرا کردند. با هدف کاهش هفت درصدی مصرف کودهای شیمیایی و کاهش یک درصدی مصرف سموم در راستای حفاظت از محیط زیست و کاهش ۰/۹۳ درصد مصرف آب برای حفاظت از منابع آبی کمیاب و توسعه پایدار کشاورزی در نظر گرفته شده است. نتایج نشان داد که در الگوی کشت بهینه محصولات برنج دانه بلند پر محصول، جو دیم، شبدر، عدس آبی، کلزای دیم و یونجه آبی حذف و سطح زیر کشت محصولات جعفری و سیب‌زمینی آبی افزایش یافته است.

۲-۲-۲- آب مجازی

آب یکی از مهم‌ترین عوامل رشد و توسعه جوامع بشری محسوب می‌شود. از این رو پایداری منابع آب کشور بیش از هر چیز تحت تأثیر تولید محصولات با آب کمتر در مناطق صادر کننده نسبت به مناطق وارد کننده می‌باشد. برای این نوع ارزیابی‌ها آلن واژه آب مجازی را ارائه داد تا نشان دهد توسعه تجارت مواد غذایی بر مبنای مزیت نسبی و استفاده بهینه از فرصت‌های ایجاد شده، می‌تواند علاوه بر کاهش منابع آبی سبب ارتقاء رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی شود. با توجه به اهمیت این موضوع مطالعات مختلفی در این زمینه صورت گرفته است.

از جمله مطالعات نسبتاً جامع در مورد مبحث آب مجازی می‌توان به مطالعه هوکسترا و هانگ^۸ (۲۰۰۵)، اشاره کرد. نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان می‌دهند که ایران در دوره زمانی ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ میلادی با ۲۹/۱ میلیارد متر مکعب واردات خالص آب مجازی در رتبه نوزدهم واردکنندگان آب مجازی در سطح جهانی قرار گرفته است.

و همچنین در تحقیقی دیگر از هوکسترا و هانگ^۹ (۲۰۰۵)، بیان کردند که آمریکا، کاندا بزرگترین صادرکننده آب مجازی و سریلانکا، ژاپن و هلند بزرگترین واردکننده آب مجازی هستند. حتی کشور-های پر آب نیز به عنوان یک ضرورت در حفظ منابع آب خود اقدام به واردات کالاهایی می‌کنند که برای تولید آن‌ها در کشور خود نیاز به مصرف مقدار آب فراوان و بالایی دارند. کشور پهناور ایران با صادرات ۵ میلیارد متر مکعب آب مجازی در رتبه ۵۵ جهانی طی سال‌های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۲ میلادی قرار داشته است.

در تحقیقی دیگر از موسوی و همکاران (۱۳۸۸)، نتایج بدست آمده که طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ گندم به تنهایی ۳۰ درصد حجم تجارت آب مجازی بین کشورها را در جهان به خود اختصاص داده و به دنبال آن سویا و برنج به ترتیب به بالاتر از ۱۷ و ۱۵ درصد قرار گرفته است.

اوکی و کنائه^{۱۰} (۲۰۰۴)، اظهار نظرهای آماری مفصلی را در مورد مبادله آب مجازی ارائه کردند و نشان دادند که کشورهای دارای تنش آبی زمانی می‌توانند وضعیت خود را ارتقاء دهند که مبادله آب مجازی، شاخص کم آبی مناسب‌تری را معرفی کند. آن‌ها ابراز می‌کنند که با افزودن واردات آب مجازی به منابع آب یک کشور، ممکن است آن کشور کمبود منابع آب خود را کاهش داده و یا حتی آن را بر طرف سازد.

صباحی و سلطانی (۱۳۸۷) برای تعیین الگوی بهینه کشت در سطح حوضه آبریز حریرود و کشف رود خراسان رضوی مطالعه‌ای را بر اساس آب مجازی طراحی نمودند. آنان در مطالعه خود بر منافع اجتماعی به واسطه استفاده کارا از آب آبیاری در دسترس و جهت‌دهی الگوی بهینه کشت در راستای پیشینه‌سازی خالص واردات آب مجازی تأکید داشتند. آنان مدلی در سطح حوضه آبریز را در ۵ سطح از ریسک در مقدار آب در دسترس و سه سطح بازده آبیاری ۳۵، ۴۵ و ۶۵ درصدی در مقدار آب آبیاری مطرح کردند. این پژوهش نتایجی گوناگون در سطح ریسک و بازده نشان داده است به گونه‌ای که برخی از مدل‌ها در وضعیت مناسب از لحاظ واردات آب مجازی قرار داشتند. نتایج نشان دادند که الگوی بهینه

^۸.Hoekstra,A.Y & Hung,P.Q.

^۹. Hoekstra,A.Y & Hung,P.Q.

^{۱۰}.Oki,T. & Kanae,S.

کشت در سطح حوضه می‌تواند بر حسب بیشینه شدن منابع اجتماعی، کمینه شدن استفاده از آب آبیاری و بیشینه شدن واردات خالص آب مجازی شود.

ظاهری و همکاران به بررسی و تجزیه و تحلیل بر روند تکاملی آب مجازی در طولانی مدت پرداختند. به بیان دیگر به تغییرات افزایش تدریجی آب مجازی با توجه به افزایش ناگهانی محصولات کشاورزی و غذایی از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۰ پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که تولید کشاورزی یک فعالیت پر مصرف می‌باشد و فقدان آب مستقیماً آن را محدود می‌کند با این حال این امر می‌تواند از طریق واردات مواد غذایی از خارج جبران شود هر چند در ایران به واسطه حساسیت‌های سیاسی، تلاش بر این بوده است که از این کار اجتناب شود.

تحقیقات انجام شده به وسیله‌ی چاپاگین و همکاران^{۱۱} (۲۰۰۵)، نشان می‌دهد که در سال‌های ۱۹۹۵ تا ۱۹۹۹ میزان متوسط سالانه‌ی آب مجازی در حال جریان به وسیله‌ی تجارت برخی از محصولات با مصرف آب بالا ۱۰۳۱ کیلومتر مکعب بوده است که ۶۹۵ کیلومتر مکعب آن مربوط به تجارت محصولات کشاورزی و ۳۳۶ کیلومتر مکعب آن مربوط به تجارت دام و محصولات مشتق شده از آن بوده است که نتایج نشان می‌دهد ۱۳ درصد از آب مصرف شده برای تولید محصولات کشاورزی به صورت مجازی وارد بازار شده است.

بر اساس مطالعه افیونی و همکاران (۱۳۸۶)، اگر محصولی دارای میزان آب مجازی بیش از هزار متر مکعب بر تن باشد به عنوان محصول پر مصرف فرض می‌شود. که با توجه به آن، گندم در ایران در گروه محصولات پر مصرف با بهره‌وری آب کم به شمار می‌آید. در بیشتر استان‌ها، گندم دارای میزان آب مجازی بیش از این مقدار بوده که نشان دهنده این است که در این استان‌ها آب مجازی بیشتری صرف تولید گندم شده است. در بین استان‌ها، خوزستان بزرگترین صادر کننده آب مجازی و گیلان بزرگترین وارکننده آب مجازی می‌باشد.

در تحقیقی دیگر روحانی و همکاران (۱۳۸۶)، مبادله آب مجازی در ارتباط با منابع آب موجود، به عنوان راهی برای کاهش تنش آبی در ایران ارزیابی شده است. نتایج نشان داد که از میان ۲۱ محصول غذایی بررسی شده، غلات، حبوبات، خشکبار (پسته و گردو) و دانه‌های روغنی بر اساس میزان آب مجازی برآورد شده آن‌ها، محصولاتی پر مصرف هستند در حالی که میوه‌ها، سبزی‌ها و محصولات صنعتی، کم مصرف می‌باشند. اما مبادله آب مجازی در ایران طی دو دهه گذشته، با در نظر گرفتن میزان مصرف و بهره‌وری آب، تقریباً ناآگاهانه صورت گرفته است. همچنین، روند مبادله محصولات در این پژوهش نشان

^{۱۱}.Chapagain,A.K et al

داده شده است که با روند رو به افزایش کم آبی در ایران، اهمیت آب مجازی در امنیت غذایی، پیوسته افزایش می‌یابد.

طبق تحقیق صورت گرفته توسط زارع ایبانیه و همکاران (۱۳۹۴)، حجم آب مجازی مبادلاتی شش محصول مهم زراعی استان همدان، در چهار گروه غلات (جو و گندم)، سبزیجات (سیب‌زمینی و سیر)، صنعتی (چغندر قند) و علوفه‌ای (یونجه) در طی دوره ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۹ محاسبه شده است. نتایج نشان داد حجم آب مجازی گروه سبزیجات و صنعتی کمتر از یک متر مکعب آب به ازای هر کیلوگرم محصول تولیدی بوده است و هر دو دسته محصولات کم مصرف با بهره‌وری بالا هستند. در مقابل غلات به دلیل دارا بودن حجم آب مجازی بیش از ۲ متر مکعب بر کیلوگرم در دسته محصولات پرمصرف هستند.

اردکانیان و سهرابی (۱۳۸۵)، ضرورت و کاربرد تجارت آب مجازی را در ایران مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که دخالت دادن تجارت آب مجازی در سیاست‌های آبی علاوه بر اینکه میزان دسترسی کشور به منابع آب جهان را افزایش می‌یابد از افزایش فشار بر منابع محدود داخلی نیز می‌کاهد.

طبق آمارهای دوفریچه و همکاران^{۱۲} (۲۰۰۷)، تولید انواع غلات وارد شده به ایران در سال ۱۹۹۵ نیازمند ۲۶/۵ کیلومتر مکعب آب از منابع داخلی بوده و در ایران با این مبادله، حدود ۱۵/۸۶ کیلومتر مکعب در مصرف جهانی آب کاهش صورت گرفته است. مبادله‌ی آب مجازی در ارتباط با کمبود آب و امنیت غذایی در ایران و جهان است و تمرکز آن، ارزیابی راهکار استفاده از آب مجازی برای مقابله با بحران کم‌آبی و صرفه‌جویی و بهبود بهره‌وری است. سعی بر این اساس است با شناخت کامل از آب مجازی کمکی برای کم کردن فشار بر ذخایر آبی کشور ایجاد شود.

ای می^{۱۳} (۲۰۰۶)، بیان کرد بخش کشاورزی به عنوان پرمصرف‌ترین بخش در حدود ۷۴ درصد از منابع آب شیرین جهان را مصرف می‌کند. ولی این مقدار در ایران با توجه به سهم بالای محصولات کشاورزی، ۹۴ درصد از منابع آبی در بخش کشاورزی را تشکیل می‌دهد. این سهم، بخش کشاورزی را به عنوان مصرف کننده عمده آب مطرح می‌سازد.

نتایج حاصله از پژوهش دهقانپور و بخشوده (۱۳۸۸)، بیان می‌کند که در حدود ۱۵ درصد آب مورد مصرف در جهان به صورت آب مجازی در حال جابجایی است بنابراین تجارت محصولات کشاورزی جزء اصلی تجارت آب مجازی است. ۶۷ درصد تجارت آب مجازی در جهان مرتبط با تجارت جهانی محصولات کشاورزی و ۲۳ درصد تجارت آن مرتبط با محصولات دامی و محصولات وابسته بوده و فقط ۱۰ درصد مربوط به صنعت می‌باشد.

¹².De Fraiture et al

¹³.IWMI

در تحقیقی دیگر از علمی و میر بلوچ زهی (۱۳۹۴)، هدف بررسی میزان تأثیرگذاری آن بر تجارت آب مجازی و روابط میان کشورها بوده است. آنچه از تحقیقات و نتایج بدست آمده دریافت می‌شود مؤید این مطلب است که در آینده‌ای نه چندان دور یکی از معیارهای اصلی رده‌بندی کشورهای در حال توسعه‌ی جهانی، مدیریت و سیاست گذاری‌های کلان در زمینه‌ی آب مجازی در کشاورزی است و سوء مدیریت کشورها در این زمینه عواقبی جبران ناپذیر را به دنبال خواهد داشت.

۲-۲-۳- کاربری اراضی

مطالعاتی در زمینه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه نقشه کاربری اراضی انجام شده است، از جمله تحقیقات داخلی و خارجی به شرح زیر می‌باشد.

پژوهشی که توسط وردلو و همکاران^{۱۴} (۲۰۰۷)، انجام شد به بررسی روند زمانی داده‌های شاخص‌های گیاهی برای طبقه‌بندی مزارع کشاورزی شامل یونجه، ذرت، ذرت خوشه‌ای، سویا، زمین‌های آیش و گندم با استفاده از ۱۲ تصویر MODIS با دقت تفکیک ۲۵۰ متر پرداخته و با توجه به روندهای زمانی متفاوت شاخص‌های EVI و NDVI کلاس‌های مختلف را از یکدیگر تفکیک کردند.

ساواساوا^{۱۵} (۲۰۰۳)، با تلفیق سنجش از دور و GIS و پارامترهای مدیریت، سطح زیر کشت محصولات کشاورزی از جمله برنج را برآورد کرد. در این مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره IRS با تفکیک مکانی ۲۳ متر و تصویر پانکروماتیک (PAN) ماهواره مذکور با تفکیک مکانی ۶ متر و همچنین تصاویر سری زمانی ماهواره اسپات اقدام به آنالیز و تفسیر داده‌های ماهواره‌ای گردید. با استفاده از برداشت‌های زمینی و نقشه‌های مختلف از منطقه و دخیل کردن پارامترهای مدیریتی، با توجه به مراحل فنولوژیکی محصولات و استفاده از شاخص‌های گیاهی مانند NDVI سطح زیر کشت برنجزارها در منطقه‌ای در نظام آباد ایالت آندرا پراش هند برآورد شد.

مرادی و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی با بهره‌گیری از تصاویر سنجنده TM از ماهواره لندست سال‌های ۱۹۹۲ و ۲۰۱۱ با روش سنجش از دور، همچنین ارایه مدل بهینه برای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در مناطق شهری، اقدام به تهیه نقشه کاربری اراضی و تعیین مناطق دارای کاربری شهرستان ورامین کردند. در این روش چهار روش آشکارسازی تغییرات شامل ANN، NDVI، CAP، TASSELED و Post classification مورد مقایسه قرار گرفتند. در نهایت مدل بهینه ارزیابی تغییرات با استفاده از GIS ارایه شد که با توجه به آن مشخص گردید الگوریتم بهینه که در واقع تلفیقی از الگوریتم‌های ذکر شده در بالا بود، با ضریب کاپا بالای ۹۱ درصد بهترین مدل در ارزیابی تغییرات کاربری در منطقه مورد مطالعه بود. نتیجه پردازش تصاویر نشان داد که در طول دوره مورد نظر حدود

¹⁴.Wardlow et al

¹⁵.Sawasawa

۳۰ درصد به بافت شهری شهر ورامین افزوده شده است که در واقع بیشترین تغییرات مربوط به تخریب اراضی کشاورزی و طبیعی و تبدیل آن به کاربری مسکونی و تجاری و صنعتی می‌باشد.

طبق بررسی های صورت گرفته توسط فتحی‌زاده و همکاران (۱۳۹۲)، از تصاویر ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۷ استفاده شده و شش تکنیک آشکارسازی تغییرات در منطقه بیابانی مهران استان ایلام مورد بررسی قرار گرفته است. تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات شامل تفاضل تصویر، آنالیز مؤلفه‌های اصلی، تفاضل شاخص نرمال شده پوشش گیاهی، آنالیز مؤلفه‌های متعارف، تفاضل روشنایی و روش مقایسه پس از طبقه‌بندی می‌باشند. بر اساس نتایج بدست آمده مشخص شد که روش تفاضل باند مادون قرمز به ترتیب با دقت کل و ضریب کاپای ۹۵/۶۶ و ۰/۹۴ بیشترین دقت و روش تفاضل CCA2 به ترتیب با دقت کل و ضریب کاپای ۲۹ و ۰/۳۶ کمترین دقت را در آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی داشته‌اند.

قاسملو و همکاران (۱۳۸۸)، با استفاده از ویژگی‌های طیفی، شبکه عصبی مصنوعی و تصاویر هایپریون به تشخیص گیاه یونجه در اراضی کشاورزی جنوب تهران پرداختند. نتیجه پژوهش گویای این مطلب می‌باشد که می‌توان از تفاوت رفتار بازتابندگی گیاهان برای شناسایی گیاهان مختلف استفاده کرد.

بر اساس تحقیق ژانگ و همکاران^{۱۶} (۲۰۰۷)، که در کشور چین صورت گرفته است. الگوهای کاربری اراضی در این کشور تغییرات شدیدی را از سال‌های ۱۹۸۰ تا کنون داشته است. نتایج نشان می‌دهد که این تغییرات عمدتاً مربوط به افزایش سطح اراضی شهری و کاهش اراضی کشاورزی و جنگلی بوده است. اکبری و همکاران (۱۳۹۲)، در تهیه کاربری اراضی شهرستان سبزوار که با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال و الگوریتم شبکه عصبی پرسپترون به آن پرداخته شد، نتیجه گرفتند که الگوریتم شبکه عصبی پرسپترون نسبت به الگوریتم حداکثر احتمال از دقت بیشتری برخوردار است.

طبق بررسی‌های صورت گرفته توسط سفیانیان و خداکرمی (۱۳۹۰)، به منظور تهیه نقشه پوشش اراضی بخش شمالی استان همدان از سری زمانی داده‌های رقومی ماهواره IRS-P6 سنجنده Awifs استفاده شده است. جهت طبقه‌بندی تصاویر، از روش طبقه‌بندی فازی استفاده شده است. در نهایت، نقشه پوشش اراضی منطقه در ۱۲ کلاس، طبقه‌بندی گردید. برای ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی، نقشه تولیدی با نقشه واقعیت زمینی مورد بررسی قرار گرفته است. ضریب کاپا و صحت کلی طبقه‌بندی به روش طبقه‌بندی عصبی به ترتیب ۸۶ و ۰/۸۸ درصد برآورد گردیده. نتایج نشان داده است که روش طبقه‌بندی شبکه عصبی، قابلیت تهیه نقشه پوشش اراضی و الگوی کشت با صحت بالا را دارا می‌باشد.

یوسفی و همکاران (۱۳۹۰)، تحقیقی را با هدف تعیین بهترین روش طبقه‌بندی تصاویر سنجنده ETM+ از بین ۹ روش طبقه‌بندی نظارت شده جهت استخراج نقشه کاربری اراضی شهر نور انجام

¹⁶Zhang,J.et al

دادند. طبقه‌بندی آن‌ها شامل (مناطق مسکونی، کشاورزی و جنگل) بود. نتایج آن‌ها نشان داد که طبقه‌بندی شبکه عصبی با میانگین دقت کلی و کاپا به ترتیب ۸۶/۸۱ و ۷۴/۱۷ درصد و روش حداکثر احتمال با میانگین دقت کلی و کاپا به ترتیب ۸۱/۸۴ و ۶۷/۵۱ درصد به ترتیب در اولویت دوم و چهارم از بین ۹ اولویت قرار داشتند.

آشکار سازی تغییرات و تهیه نقشه کاربری اراضی توسط فان و همکاران^{۱۷} (۲۰۰۷)، برای پنج شهر در منطقه گوانگژو چین صورت پذیرفت آن‌ها از تصاویر TM و ETM ماهواره لندست مربوط به سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۳ برای تهیه نقشه کاربری اراضی و پوشش اراضی استفاده کردند. در این تحقیق کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی نظارت شده با روش حداکثر احتمال تهیه گردید.

در پژوهشی دیگر از سبزیایی (۱۳۹۴)، تغییرات کاربری اراضی منطقه قائم شهر در یک دوره ۱۵ ساله مورد ارزیابی قرار گرفته است؛ که از تصاویر سال ۱۹۹۹ سنجنده ETM+ و ۲۰۱۴ سنجنده OLI ماهواره Landsat استفاده شده و پس از اقدامات مورد نیاز در مرحله پیش‌پردازش، با طبقه‌بندی نظارت شده نقشه آشکار سازی تغییرات تهیه شده است. در نهایت پنج نوع کاربری در منطقه شناسایی شده است. ارزیابی‌ها نشان داد که صحت کلی و ضریب کاپای نقشه طبقه‌بندی شده ETM+ به ترتیب ۹۸/۴ و ۰/۹۷ درصد و OLI به ترتیب برابر ۹۹/۶۷ و ۰/۹۷ درصد می‌باشد. نتایج مشخص کرد که اراضی کشاورزی، جنگل و پهنه آبی به اراضی باغی و مسکونی تبدیل شده است، در مقابل از اراضی کشاورزی به میزان ۴۵/۳۲ درصد کاسته شده است؛ همچنین وسعت اراضی جنگلی و پهنه آبی کاهش و وسعت مناطق مسکونی افزایش یافته است.

شتایی و همکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ به تهیه نقشه کاربری اراضی در مناطق مسکونی و با استفاده از سه روش حداکثر احتمال، متوازی السطوح و حداقل فاصله از میانگین پرداختند و نتیجه گرفتند که روش حداکثر احتمال نسبت به دیگر روش‌ها از دقت بیشتری برخوردار است.

طبق مطالعات انجام شده توسط الیق و همکاران^{۱۸} (۲۰۰۴)، در ایالات متحده، جهت بررسی تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه، از تصاویر TM سال ۱۹۸۲ و TM سال ۱۹۹۷ استفاده شده است. نتایج این بررسی‌ها نشان می‌دهد که اراضی شهری حدود ۳۴ درصد افزایش یافته است که این افزایش عمدتاً ناشی از تغییر اراضی کشاورزی و جنگلی بوده است.

دمورث^{۱۹} (۱۹۹۸)، در مطالعه‌ای در هند با استفاده از تصاویر سنجنده TM به تهیه نقشه کاربری اراضی در مناطق استخراج زغال سنگ پرداخت. نتایج تحقیقات نشان داد که روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال با ضریب صحت ۰/۰۸ دارای بیشترین دقت است.

¹⁷. Fan et al

¹⁸. Aligh, R.J et al

¹⁹. De Moraes et al

در تحقیقی دیگر از رنگزن و همکاران (۱۳۹۰)، هدف تشخیص گیاه نیشکر و تعیین سطح زیر کشت این محصول بوده است. جهت اجرای این پژوهش از یک تصویر Hyperion از منطقه کشاورزی در شمال اهواز و روش الگوریتم آشکارسازی استفاده شده است. تصحیح اتمسفری به روش Empirical line با استفاده از طیف‌های میدانی حاصل از دستگاه طیف سنج صورت گرفته است سپس بر پایه داده‌های زمینی از منطقه مورد مطالعه مناطق شاهد (ROI) برای گیاه نیشکر و پدیده‌های دیگر تهیه گردیده است؛ روش Spectral Angle Mapper (SAM) برای تشخیص گیاه نیشکر از سایر گیاهان و پدیده‌ها و تعیین سطح زیر کشت به کار گرفته شده است. نتیجه حاصل از این روش بیشترین انطباق را با واقعیت زمینی داشته و سطح زیر کشت برای گیاه نیشکر ۱۶۳/۸۹ هکتار تعیین شده است.

بوکو و همکاران^{۲۰} (۲۰۰۷)، در پژوهش دیگری که در آرژانتین انجام شد از مدل شبکه عصبی و داده‌های MODIS برای طبقه‌بندی داده‌های پوشش اراضی منطقه کوردوبا استفاده نمودند. در منطقه مذکور پنج مدل شبکه عصبی به کار برده شد که در چهار مدل، ورودی شامل NDVI، RED، NIR و EVI بود و در مدل پنجم ورودی شامل RED و NIR می‌باشد. با استفاده از بازدید میدانی میزان صحت هر یک از مدل‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. بهترین مدل دارای ورودی RED و NIR صحتی معادل ۹۳ درصد داشتند و بقیه مدل‌ها با ورودی‌های RED، EVI، NDVI و NIR دارای دقتی برابر با ۷۶، ۸۳، ۸۶ و ۸۱ درصد بودند.

در تحقیقی دیگر از خاجدین (۱۳۸۵)، برای تعیین سطح زیر کشت شالیزارهای منطقه اصفهان، از داده‌های رقومی ماهواره IRS-1D استفاده کرد. با استفاده از باند مادون قرمز موج کوتاه و استفاده از شاخص‌های NDVI، NDWI برنجزارهای منطقه مطالعاتی را جدا کرد؛ ولی به همراه شالیزارها برخی کشت‌های دیگر و پوشش سبز مانند فضای سبز و چمن کاری‌های اطراف زاینده رود که در زمان تصویر برداری همانند برنج آبیاری می‌شوند نیز به عنوان برنجزار طبقه بندی می‌شود. نتایج نشان داد که بهترین زمان برای تعیین سطح زیر کشت برنج زمانی است که مزارع برنج پر آب باشند.

سلامی و کاظمی (۱۳۸۶)، به منظور تهیه نقشه پراکنش برنج در شهرستان مرودشت، تصاویر ماهواره IRS را مورد بررسی قرار دارند در این پژوهش برای تعیین مزارع برنج از دو گذر زمانی تصاویر سنجنده LISS3 از ماهواره IRS-P6 که هم‌زمان با سبزی‌نگی و زردشدگی گیاه برنج بود تصویر تهیه شد. آن‌ها اشاره کردند که شاخص گیاهی SAVI می‌تواند مزارع و مراتع منطقه را شناسایی کند ولی به علت نزدیک بودن درصد بازتاب طیفی برنج در زمان سبزی‌نگی با دیگر کاشت‌های هم‌زمان سبز در منطقه، خصوصاً ذرت، قادر به تفکیک تمامی مزارع برنج از دیگر کشت‌های سبز در منطقه نبودند. طبق نتایج حاصله در نقشه پراکنش نهایی، مساحت اراضی برنج استخراج شده با دقت ۷۷ درصد تعیین گردیده است.

²⁰.Bocco,M et al

آرخی و ادیب‌نژاد (۱۳۹۰)، در پژوهش خود از الگوریتم‌های SVM برای طبقه‌بندی کاربری اراضی حوزه سد ایلام با استفاده از داده‌های ETM+ لندست استفاده کردند. در این پژوهش طبقه‌بندی با استفاده از روش ماشین‌های بردار پشتیبان اجرا شده و کارکرد این روش با روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال مقایسه شده است. کلاس‌های کاربری اراضی (اراضی کشاورزی، مرتع، جنگل، اراضی، بایر، باغ و دریاچه) بودند. نتایج نشان می‌دهد که الگوریتم‌های SVM نسبت به روش طبقه‌بندی حداکثر از نظر دقت کل حدود ۱۰ درصد و ضریب کاپا حدود ۱۵ درصد برتری دارد.

الیزابت و همکاران^{۲۱} (۲۰۰۶)، در مطالعه‌ای در قسمتی از ایالت آریزونا در آمریکا به بررسی مقایسه‌ی چند روش تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر TM پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت تهیه نقشه کاربری اراضی دارای دقت بسیار بالاتری می‌باشد.

غلامعلی فرد و همکاران (۱۳۹۴)، تغییرات کاربری شهرستان مشهد و وابستگی این تغییرات به شرایط توپوگرافی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۴ ماهواره لندست را مورد بررسی قرار دارند. نتایج نشان داد که در طی دوره مورد مطالعه مساحت کاربری‌های شهر، جنگل و اراضی بایر افزایش یافته و سطح کاربری‌های دیم‌زار، کشت آبی و مراتع کاهش یافته است. بیشترین تغییر کاربری از کشاورزی آبی به اراضی دیم‌زار، به میزان $37702/75$ هکتار بوده است. شهر مشهد نیز در طی این دوره زمانی ۲۷ ساله ۱۶۷۵۴ هکتار گسترش یافته که بیشترین رشد آن در پهنه‌هایی با ارتفاع ۶۰۰ تا ۱۸۰۰ متر، شیب ۸ تا ۱۲ درصد و جهت‌های شمالی و شرقی رخ داده است.

در تحقیقی دیگر از راهداری و همکاران (۱۳۸۹)، به منظور تهیه نقشه به روز کاربری و پوشش اراضی پناهگاه حیات وحش موته از تصویر ماهواره IRS-P6، سنجنده LISS3 که به صورت برنامه‌ریزی شده همزمان با نمونه برداری‌های میدانی در خرداد ۱۳۸۷ برداشت شده بود، استفاده گردید. نقشه کاربری و پوشش اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی ترکیبی تهیه شده است. همچنین نقشه درصد تاج پوشش گیاهی با استفاده از شاخص گیاهی SAVI و نمونه برداری‌های میدانی بدست آمده است. در نهایت با استفاده از نرم افزار GIS تمامی لایه‌های اطلاعاتی با یکدیگر ترکیب و نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه تهیه گردیده است. نتایج حاصل از دقت نقشه تولیدی نشان می‌دهد که ضریب کاپا معادل $0/92$ و صحت کلی ۹۴ درصد بدست آمد که دقت مناسبی برای نقشه تولیدی می‌باشد.

کرمی قهی و همکاران (۱۳۹۵)، جهت تهیه نقشه کاربری اراضی از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال استفاده کردند. منطقه مورد مطالعه بخش رودبار قصران شهرستان شمیرانات بوده و از تصاویر ماهواره‌ای Landsat8 سنجنده OLI سال ۲۰۱۵ استفاده شده است. نتایج نشان داد که به ترتیب اراضی بایر، مرتع، انسان ساخت و زراعی بیشترین مساحت کاربری را تشکیل می‌دهند. برای ارزیابی صحت و دقت طبقه‌بندی‌ها، صحت کلی و ضریب کاپا به ترتیب $97/74$ درصد و

²¹. Elizabeth, A. W et al

۰/۹۲ بدست آمده است که نشان دهنده‌ی قابلیت بالای تصاویر لندست برای تهیه نقشه کاربری اراضی می‌باشد.

درویش صفت و همکاران (۱۳۷۷)، گزارش دادند که دقت قابل قبول نقشه کاربری با استفاده از تصاویر ماهواره بیش از ۸۵ درصد می‌باشد و بیان کردند که از میان معیارهای بیان دقت، ضریب کاپا به لحاظ محاسبه نمودن قسمت‌های اشتباه به همراه قسمت‌های صحیح دارای توانایی بالایی برای برآورد دقت به ویژه به منظور مقایسه دقت نقشه‌های تولید شده است.

در تحقیقی دیگر توسط ایمانی هرسینی و همکاران (۱۳۹۳)، پایش تغییرات کاربری-پوشش اراضی در محدوده‌ی استان همدان طی سه دهه اخیر صورت گرفته است. تغییرات ایجاد شده در محدوده‌ی مورد مطالعه بر روی تصاویر سنجنده TM سال ۱۹۸۸، سنجنده ETM سال ۲۰۰۰ ماهواره Landsat و سنجنده LISS3 ماهواره IRS سال ۲۰۰۸ پردازش شده است. سپس با بهره‌گیری از روش طبقه‌بندی نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال، نقشه‌های موضوعی کاربری-پوشش اراضی تهیه گردیده پس از مقایسه نقشه‌ها در دوره اول یعنی بین سال‌های ۱۳۶۸ تا ۱۳۷۹ و دوره دوم بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۷، نتایج نشان دهنده این می‌باشد که مساحت طبقات کاربری-پوشش اراضی مرتعی و اراضی کوهپایه‌ای-صخره‌ای طی سه دهه کاهش یافته است و در مقابل پهنه‌های آبی، اراضی بایر و مناطق مسکونی-صنعتی طی این دوره در حال افزایش بوده‌اند. از طرفی طبقه‌ی درختزارها در دوره‌ی اول مطالعه با کاهش و در دوره دوم با افزایش روبرو بوده‌اند. اما اراضی کشاورزی طی دوره‌ی اول مطالعه با افزایش مساحت و طی دوره دوم مطالعه با کاهش مواجه شده‌اند. نتایج کلی این پژوهش نشان می‌دهد که طی سال‌های اخیر زیستگاه‌های حیات وحش در این استان به شدت در معرض نابودی قرار گرفته‌اند.

فیضی زاده و همکاران (۱۳۸۶)، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ لندست ۷، نقشه کاربری اراضی شهرستان ملکان را استخراج نمودند. آن‌ها برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای از الگوریتم حداکثر احتمال استفاده کردند.

آرخی و نیازی (۱۳۸۸)، در تحقیقی با استفاده از تصاویر ۱۹۸۸ و ۲۰۰۱ ماهواره Landsat به بررسی پنج روش تفاضل تصویر، نسبت گیری تصویر، تفاضل NDVI، آنالیزبرداری تصویر و روش مقایسه به پایش تغییر در حوزه دره شهر استان ایلام پرداختند. بر اساس نتایج، روش تفاضل NDVI با دقت کل ۹۸/۵ و ضریب کاپای ۰/۹۷ از بین تکنیک‌های مورد پایش بیشترین دقت و روش نسبت گیری باند قرمز با دقت کل ۹۷/۵ و ضریب کاپا ۰/۵ کمترین دقت را در پایش تغییرات کاربری اراضی-پوشش گیاهی داشته است.

ساروئی و همکاران (۱۳۸۶)، در تهیه نقشه اراضی زیر کشت برنج در شمال کشور داده‌های TM را بکار برده‌اند. آن‌ها در این تحقیق از روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال استفاده کردند و نقشه اراضی زیر کشت برنج را با صحت کلی ۹۸/۳۹ درصد بدست آوردند.

در تحقیقی فودی و مسور^{۲۲} (۲۰۰۶)، برای طبقه‌بندی سه کلاس گندم، جو بهاره و چغندر قند بر روی تصاویر سنجنده Spot HR از الگوریتم‌های مختلف در روش SVM (ماشین بردار پشتیبان) استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که دقت کلی حاصل از الگوریتم‌های مختلف تقریباً یکسان بوده و همچنین دقت طبقه‌بندی برای گندم در ۸۰ درصد و برای جو حدود ۷۶ درصد می‌باشد.

عبداله زاده و همکاران (۱۳۸۶)، سطح زیر کشت محصول سیب زمینی در شهرستان بروجن، با استفاده از سری زمانی تصاویر IRSP4 و آنالیز میزان NDVI مزارع نمونه سیب‌زمینی را در طول دوره رشد، بدست آوردند. نتایج کلاس‌بندی آنان نشان داد که ۷۳ نقطه از ۹۶ نقطه GPS از مزارع سیب-زمینی درست کلاس‌بندی شده است.

خاجدین و پورمنافی (۱۳۸۶)، در تحقیقی که در منطقه شمال ویسکانسین انجام دادند به این نتیجه رسیدند که تشابه طیفی بین گونه‌های خزان کننده صحت تفکیک‌پذیری را کاهش می‌دهد. در تحقیقی دیگر از تصاویر سری زمانی برای تفکیک محصولات مختلف از یکدیگر استفاده شد. در نتیجه در تفکیک شالیزارها از کشت‌های دیگر، به دلیل بازتاب مشابه کشت‌های مختلف در یک تصویر، با مشکل روبرو شدند.

علیپور و همکاران (۱۳۹۲)، به منظور شناسایی و تفکیک اراضی زیر کشت محصولات مختلف و تهیه نقشه انواع محصولات منطقه‌ای در اطراف مشهد از دو تصویر ماهواره لندست، سنجنده ETM+ مربوط به سال ۱۳۹۱ استفاده کردند. ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی با GPS مورد بررسی قرار گرفت. ضریب کاپا و صحت کلی برای روش حداکثر احتمال به ترتیب ۰/۸۲ و ۸۵ و برای شبکه عصبی به ترتیب ۰/۸۴ و ۸۷ برآورد گردید. نتایج نشان داد که تصاویر ماهواره‌ای از قابلیت بالایی برای تفکیک سریع اراضی زراعی و تهیه نقشه انواع محصولات در منطقه و تعیین سطح زیر کشت با دقت نسبتاً مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردار است. این اطلاعات برای برنامه‌ریزی‌های کلان منطقه‌ای در قالب تدوین الگوی کشت یا توسعه مکانیزاسیون بسیار مفید می‌باشند.

در پژوهشی دیگر از آشورلو و همکاران (۱۳۸۶)، نیز برای تفکیک گندم از دو سری تصویر ماهواره spot که مرحله اول، سبز بودن مزارع گندم و مرحله دوم زمان زرد بودن مزارع گندم را نشان می‌داد، استفاده کردند. (۲۳)

همه این مطالعات نشان می‌دهد که سنجش از دور از قابلیت بالایی برای تهیه نقشه‌های کاربری اراضی برخوردار بوده و در سراسر جهان توسط محققین برای تهیه و ارزیابی کاربری اراضی به کار گرفته می‌شود.

²². Foody, M.G & Mathur, A

۲-۳- جمع‌بندی

در این فصل منابع مختلف علمی در زمینه تهیه کاربری اراضی با استفاده از فناوری سنجش از دور، مصرف آب مجازی و تعیین الگوی بهینه کشت مورد بررسی قرار گرفت. از بررسی منابع علمی داخل و خارج از کشور چنین بر می‌آید که رویکردهای سنتی مدیریت کشاورزی در شهرها، در حال تغییر است بطوریکه روش‌های جدید و به روز جایگزین آن‌ها شده است. در این راستا در دهه‌های اخیر با پیشرفت دانش سنجش از دور، شناسایی و ارزیابی پدیده‌ها، تخمین میزان سطح زیر کشت، تهیه آمار و اطلاعات محصولات کشاورزی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای امکان پذیر شده است. یکی از روش‌های کاربردی مؤثر که به تازگی مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته، تهیه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره Landsat 8 جهت تخمین سطح زیر کشت محصولات زراعی یک منطقه به صورت به روز و دقیق در جهت تعیین الگوی بهینه کشت منطقه در کمترین زمان و کمترین هزینه می‌باشد.

فصل سوم : مواد و روش ها

۳-۱- مقدمه

این مطالعه با هدف ارزیابی وضعیت الگوی کشت فعلی و تعیین بهترین الگوی کشت با هدف کمینه کردن مصرف آب و بیشینه کردن سود کشاورزان منطقه انجام گرفته است. که بخش‌های مختلف روندکار در ادامه توضیح داده شده است.

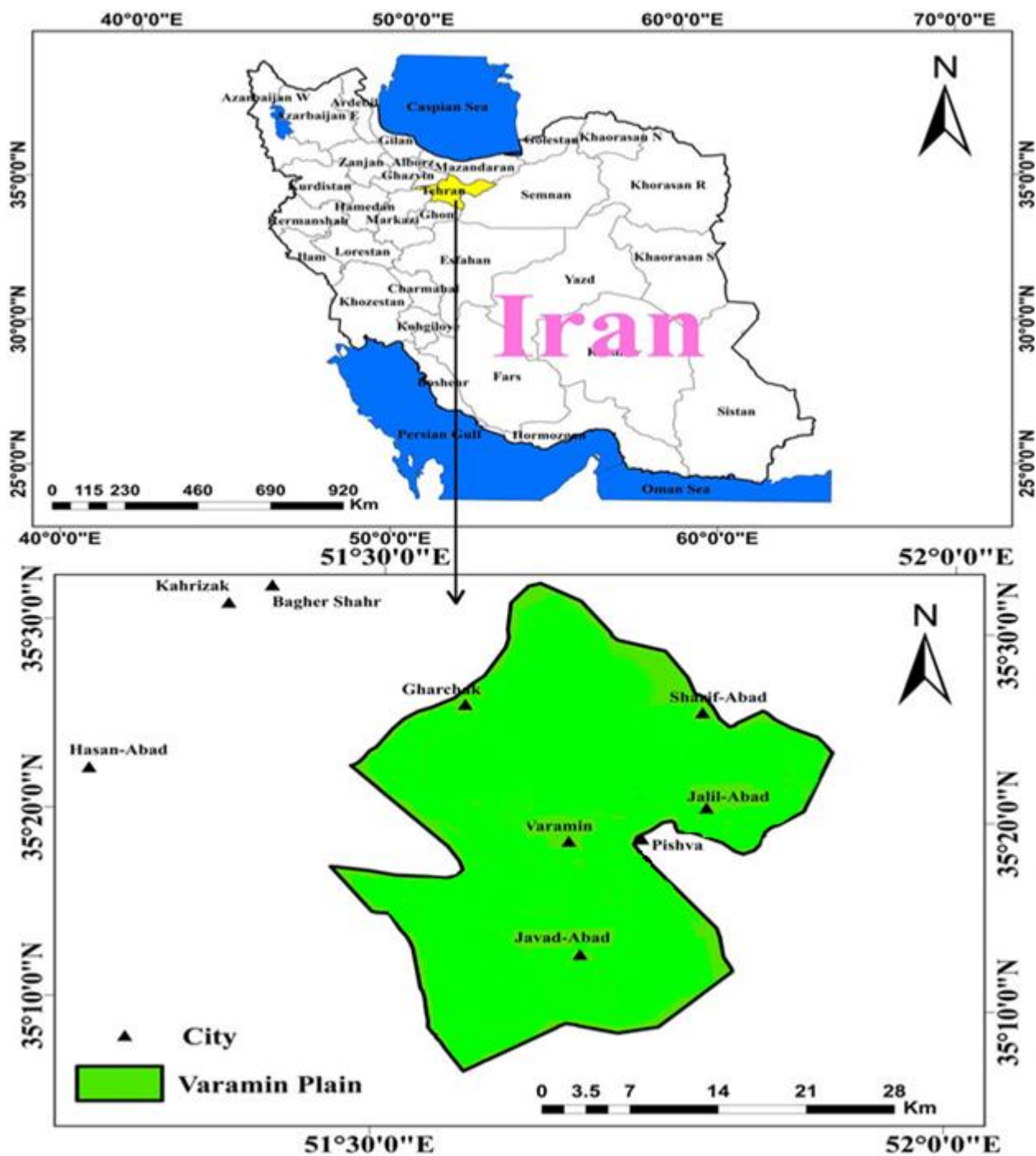
۳-۲- موقعیت و مشخصات منطقه مورد مطالعه

دشت ورامین با محدوده جغرافیایی ۵۰ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۲ درجه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی در ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر تهران واقع شده است؛ که یکی از مناطق حاصلخیز این استان می‌باشد. منطقه مذکور در دامنه جنوبی ارتفاعات البرز و بر مخروط افکنه آبرفت رودخانه جاجرود قرار دارد، که از شمال به کوه‌های قره آقاج و دماوند، از جنوب به حاشیه کویر مرکزی و قم، از شرق به شهرستان گرمسار و از غرب به ری محدود می‌شود.

مساحت منطقه مورد بررسی حدود ۱۶۹۸ کیلومتر مربع می‌باشد. دشت در ارتفاع ۹۱۸ متری از سطح دریا واقع شده است. این شهرستان با میانگین بارندگی سالانه ۱۲۰ میلی‌متر از جمله مناطق خشک و نیمه بیابانی ایران محسوب می‌شود و بیشینه دما در این دشت ۴۵ درجه سانتی‌گراد و کمینه دما نیز ۱۰- درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

محصولات اصلی زارعی شبکه آبیاری دشت ورامین عبارتند از گندم، جو، یونجه، ذرت و سبزیجات شامل خیار، گوجه‌فرنگی، کاهو، کلم سبز، سبزی، بادمجان، کدو، لوبیا سبز و صیفیجات شامل هندوانه، طالبی، گرمک می‌باشد و همچنین در منطقه گیاهان دیگری شامل کلزا، گلرنگ، آفتابگردان و حبوبات در سطح بسیار کم کشت می‌شود. کشت دیم ناچیز و عمدتاً کشت آبی انجام می‌شود.

وسعت تحت کشت این شبکه آبیاری حدود ۵۰ هزار هکتار بوده که دارای خاک مستعد کشاورزی حاصل از رسوبات رودخانه جاجرود می‌باشد. آب مورد نیاز آبیاری دشت ورامین از منابع سطحی و زیرزمینی تأمین می‌گردد. منابع اصلی آب سطحی منطقه از رودخانه جاجرود و کانال فاضلاب تهران (بخش عظیمی از فاضلاب تهران و شهری) می‌باشد، بخشی از آب مورد نیاز دشت نیز توسط سفره‌های زیرزمینی از طریق چاه‌های عمیق و نیمه عمیق موجود تأمین می‌شود. شکل (۳-۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل (۱-۳) نقشه موقعیت شهر تهران و منطقه مطالعاتی شهرستان ورامین

معمولاً تجزیه و تحلیل تغییر و طراحی الگوی کشت با دشواری‌های جمع‌آوری اطلاعات مورد نظر در سطح وسیع و کمبود فرایندهای مؤثر محدود می‌شود. در این موارد سامانه اطلاعات جغرافیایی یک روش مؤثر برای مدیریت و تحلیل داده‌هاست. ترکیب GIS با داده‌های آب، خاک و گیاه زراعی، همراه با سنجش از دور، می‌تواند در دستیابی به توسعه پایدار کشاورزی مؤثر باشد.

۳-۳- معرفی نرم‌افزارهای بکار رفته

نرم‌افزارهایی که در روند کار مورد استفاده قرار گرفته است عبارتند از: نرم‌افزار ENVI، نرم‌افزار ArcGIS، نرم‌افزار Google Earth، نرم‌افزار Map Source که در ادامه اطلاعاتی درباره برخی از آن‌ها شرح داده شده است.

۳-۳-۱- نرم‌افزار ENVI

کلمه Envi کوتاه شده عبارات The Environment For Visualizing Images می‌باشد و این نام برای سیستم نرم‌افزاری متحول و پیشرفته جهت پردازش تصاویر استفاده شده است. نرم‌افزار ENVI به خاطر داشتن کتابخانه طیفی قوی، بعنوان بهترین نرم‌افزار در زمینه پردازش‌های طیفی انتخاب شده است. همچنین به خاطر نزدیکی زیادی که از نظر کاربری با نرم‌افزار ArcGIS دارد، علاقمندان زیادی را به خود جذب کرده است.

ENVI نرم‌افزاری ایده‌آل برای مشاهده، تحلیل و ارائه تمامی تصاویر ماهواره‌ای رقومی می‌باشد. این نرم‌افزار تمامی ابزارهای مورد نیاز برای یک پردازش تصویر را در خود به صورت یک مجموعه کامل در اختیار دارد؛ از جمله آن‌ها راحتی استفاده، ابزارهای تحلیل طیفی، تحلیل سطحی، تحلیل رادار، رستر، وکتوری و GIS می‌باشد. از طرفی طیف گسترده‌ای از تصاویر ماهواره‌ای را نیز پشتیبانی می‌کند.

نرم‌افزار ENVI جهت انجام و اجرای برخی از نیازهای خاص به خصوص استفاده از داده‌های ماهواره‌ای طراحی شده است. در این نرم‌افزار مشاهده اطلاعات بصورت کامل و جامع، همچنین آنالیز و پردازش تصاویر در ابعاد و اندازه‌های مختلف ارائه شده است.

یکی از قابلیت‌های مهم ENVI که آن را درمیان نرم‌افزارهای مشابه جهت پردازش تصاویر بی‌همتا نموده است. این ویژگی است که این نرم‌افزار تکنیک‌های بانندی (Band-Based) و فایل (File-Based) را با توابع نرم‌افزاری توسعه یافته (interactive functions) ترکیب می‌کند. زمانی که فایل اطلاعات داخل نرم‌افزار باز می‌شود، باندهای آن فایل بصورت یک لیست ذخیره می‌شوند به گونه ای که کل توابع سیستم به آن دسترسی داشته باشند.

هنگامی که فایل‌های گوناگون و متعدد باز شوند باندهای مرتبط به اطلاعات مختلف می‌توانند به عنوان یک گروه پردازش شوند. ENVI باندها را بصورت پنجره‌های نمایش ۸ یا ۲۴ باندی نشان می‌دهد.

گروه پنجره‌های نمایش ENVI شامل یک پنجره نمایش تصویر اصلی (main Image window)، یک فایل پنجره بزرگنمایی (zoom window) و یک پنجره نمایش مرورگر (scroll window) می‌باشد که هر کدام از این پنجره‌ها از نظر اندازه قابل تغییر می‌باشند.

نرم‌افزار ENVI برای کاربران خود قابلیت‌های آنالیز بی‌نظیری را فراهم آورده است، که از طریق این پنجره‌ها قابل دسترسی می‌باشد. قابلیت‌های تطابق دینامیکی (link displays) چند گانه ENVI به آسانی امکان مقایسه بین تصاویر در نمایشگرهای چندگانه را میسر می‌سازد، همچنین قابلیت استفاده از استخراج و پیوند همزمان پروفیل‌های طیفی-مکانی جهت پردازش اطلاعات ابر طیفی (Hyperspectral) و چند باندهی (multispectral) را در ابعاد وسیع و مختلف به کاربران می‌دهد. نرم‌افزار ENVI همچنین با داشتن ابزارهای توسعه یافته و پیشرفته مشاهده و آنالیز اطلاعات برداری و GIS را امکان پذیر می‌سازد. قابلیت‌های استاندارد همچون (Contrast Streching)، پلات‌های ۲ بعدی از انعکاس امواج (dimensional Scatter plots)، تلفیق داده‌ها و باندها تعداد کمی از توابع مهم قابل دسترس برای کاربران ENVI می‌باشد.

محیط گرافیکی قدرتمند دیداری ENVI که توسط کتابخانه جامعی از الگوریتم‌های پردازشی تکمیل شده است. تمام توابع پردازش تصویر اصلی بصورت یک محیط گرافیکی-کاربری (Point and Click) می‌باشد. به دلیل وجود همین محیط گرافیکی فعال، استفاده بسیاری از توابع در این نرم افزار بسیار آسان تر از دیگر نرم‌افزارهای مشابه می‌باشد؛ توابع انتقال اطلاعات (Data transforms)، فیلتر کردن داده (Filtning)، طبقه‌بندی (Classification) و ثبت زمینی (registration) و تصحیح هندسی ابزارهای آنالیز طیفی، ابزارهای استفاده از اطلاعات رادار و غیره از جمله این توابع هستند.

در نرم‌افزار محدودیتی برای باندهای طیفی مورد پردازش وجود ندارد. بنابراین داده‌های چند طیفی (multispectrat) و ابرطیفی (Hyperspectral) می‌توانند به راحتی در ENVI مورد استفاده و پردازش قرار گیرند. همچنین این نرم‌افزار دارای توابع پیشرفته جهت پردازش و آنالیز انواع داده‌های رادار می‌باشد.

نرم افزار ENVI ابزارهای مشخصی را تحت نظم و ترتیب خاصی برای پردازش تصویر دارا می‌باشد. همچنین این نرم‌افزار با داشتن انعطاف‌پذیری کامل به کاربران این اجازه را می‌دهد تا با تدابیر و استراتژی‌های مختلف اطلاعات خود را آنالیز و اجرا نمایند.

۳-۲- نرم‌افزار Map Source

نرم‌افزار Map Source نرم افزار پیچیده و با قابلیت‌های فراوانی نیست. تنها وظیفه نقل و انتقال دیتا، مشاهده دقیق‌تر داده‌های ذخیره شده در گیرنده، تولید برخی مسیرها و موارد مشابه به این را انجام می‌دهد. شرکت گارمین به صورت پیش فرض نقشه‌هایی از کل دنیا را بر روی نرم‌افزار خود قرار داده که قابلیت انتقال به گیرنده را نیز دارد. البته این نقشه‌ها با جزئیات دقیق نیستند و تنها راه‌های اصلی و مرزهای کشورها در آن مشخص شده است. در صورت نیاز به نقشه‌های دقیق‌تر باید به شرکت‌های تولید کننده این نقشه‌ها مراجعه و نقشه‌های دقیق‌تر را خریداری کرد.

۳-۴- داده‌های مورد نیاز

جهت انجام این تحقیق، آمار و اطلاعات اولیه مورد نیاز است که عبارتند از: محصولات عمده کشاورزی، سطح زیر کشت هر محصول، میزان عملکرد محصولات و اطلاعات هواشناسی.

محصولات عمده کشاورزی در این منطقه که شامل: گندم، جو، گوجه‌فرنگی، خیار، بادمجان، طالبی، یونجه، ذرت، پنبه، پسته، زیتون، انار و انگور می‌باشد. همچنین میزان سطح زیر کشت محصولات که از طریق فناوری سنجش از دور و تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه بدست می‌آید. میزان عملکرد محصولات و داده‌های جدول کشت از جهاد کشاورزی تهیه شده است. اطلاعات هواشناسی نظیر اطلاعات بارش، میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت سالانه، میانگین رطوبت نسبی سالانه، ساعات آفتابی و حداکثر سرعت وزش باد از سازمان هواشناسی تهیه گردیده است.

بسیاری از عناصر هیدرولوژی از وضعیت هوا سرچشمه می‌گیرند. وضعیت هوا توسط متغیرهای هواشناسی که از آن‌ها به عنوان عناصر هواشناسی یاد می‌شود تعیین می‌گردد. مهم‌ترین عناصر هواشناسی که باعث مشخص شدن وضعیت هوا می‌شوند عبارتند از: دما، رطوبت، فشار هوا، باد و مقدار بارندگی. که در این تحقیق اطلاعات هواشناسی مربوط به سال ۱۳۹۶ در جدول (۱-۳) گردآوری شده است.

جدول (۱-۳) اطلاعات ایستگاه هواشناسی منطقه ورامین سال ۱۳۹۶

مسیر (درجه)	معدل سرعت m/s)	حداکثر وزش باد	ساعات آفتابی	تعداد روزهای یخبندان	حداکثر بارندگی در ۱ روز	میزان بارندگی (mm)	میانگین رطوبت نسبی (%)					درجه حرارت (سانتیگراد)					۱۳۹۶	
							معدل ۱۲:۲۰	معدل ۶:۲۰	میانگین	حداقل	حداکثر	معدل	مطلق	حداکثر	مطلق	حداقل		معدل	حداکثر
۳۰۰	۱۵		۲۲۳/۵	۰	۱۰/۱	۳۷/۰	۴۳	۷۴	۵۵	۳۶	۷۴	۱۴/۹	۱۴/۹	۱/۲	۲۷/۲	۸/۳	۲۱/۵	فروردین
۲۳۰	۱۲		۳۰۱/۴	۰	۵/۰	۶/۹	۲۶	۶۰	۴۱	۲۱	۶۰	۳۶/۰	۳۸/۴	۹/۰	۳۸/۴	۱۵/۸	۳۲/۲	اردیبهشت
۳۱۰	۱۵		۳۶۱/۱	۰	۰/۰	۰/۰	۱۸	۴۲	۲۹	۱۵	۴۳	۲۷/۹	۴۱/۰	۱۴/۲	۴۱/۰	۱۹/۸	۳۶/۰	خرداد
۱۱۰	۱۲		۳۵۸/۱	۰	۰/۰	۰/۰	۲۲	۴۶	۳۲	۱۸	۴۶	۳۱/۴	۴۴/۰	۱۹/۶	۴۴/۰	۲۳/۰	۳۹/۷	تیر
۲۲۰	۱۰		۳۷۰/۳	۰	۰/۰	۰/۰	۲۲	۴۹	۳۴	۱۹	۵۰	۳۰/۴	۴۴/۴	۱۶/۰	۴۴/۴	۲۱/۶	۳۹/۱	مرداد
۰۸۰	۱۰		۳۳۴/۴	۰	۰/۰	۰/۰	۲۳	۵۴	۳۷	۱۹	۵۴	۲۸/۲	۴۰/۴	۱۵/۲	۴۰/۴	۱۹/۴	۳۷/۰	شهریور
۰۵۰	۱۴		۲۹۰/۹	۰	۰/۰	۰/۰	۲۳	۵۸	۳۹	۲۰	۵۸	۲۱/۴	۳۸/۲	۷/۸	۳۸/۲	۱۲/۵	۳۰/۲	مهر
۳۲۰	۱۴		۲۱۵/۳	۰	۶/۷	۷/۲	۳۱	۶۹	۴۸	۲۷	۶۹	۱۵/۲	۳۸/۴	۳/۶	۳۸/۴	۷/۷	۲۲/۷	آبان
۲۸۰	۱۵		۱۹۵/۴	۱۷	۹/۰	۱۱/۳	۴۴	۷۱	۵۶	۳۹	۷۳	۵/۶	۱۹/۴	-۹/۲	۱۹/۴	-۶/۰	۱۱/۸	آذر
۳۰۰	۱۰		۱۷۸/۰	۱۴	۱۱/۰	۲۶/۵	۵۵	۸۰	۶۴	۴۹	۸۰	۶/۲	۱۵/۲	-۴/۲	۱۵/۲	۰/۸	۱۱/۵	دی
۳۰۰	۱۱		۱۶۷/۰	۱۵	۲۱/۹	۶۱/۳	۵۶	۷۸	۶۵	۴۹	۸۱	۵/۵	۱۵/۴	-۴/۸	۱۵/۴	۰/۵	۱۰/۴	بهمن
۲۹۰	۱۵		۲۲۴/۰	۶	۱۶/۹	۲۳/۱	۳۹	۷۳	۵۲	۳۱	۷۴	۱۰/۴	۲۲/۰	-۳/۸	۲۲/۰	۳/۵	۱۷/۲	اسفند
۳۱۰	۱۵		۳۲۱۹/۴	۵۲	۲۱/۹	۱۷۳/۳	۳۴	۶۳	۴۶	۲۹	۶۴	۱۸/۴	۴۴/۰	-۹/۲	۴۴/۰	۱۱/۰	۲۵/۸	سالانه

۳-۵- تعیین محاسبه نیاز آبی محصولات

برای محاسبه نیاز آبی در طرح‌های آب بجای محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل مفهوم دیگری به نام تبخیر-تعرق گیاه مرجع (reference crop) به کار می‌رود که با علامت اختصاری ET نشان داده می‌شود. اصطلاح گیاه مرجع که ابتدا توسط پنمن^{۲۳} و سپس پروت و همکاران^{۲۴}، در هنگام تهیه دستورالعمل معروف به FAO-24 برای تخمین نیاز آبی گیاهان بکار برده شده به صورت زیر تعریف شده است. "تبخیر و تعرق از یک سطح فرضی پوشیده شده‌ی کامل از چمن کوتاه به ارتفاع ۸ تا ۱۰ سانتی متر که وسعت آن بسیار زیاد باشد و بدون آنکه دارای آفات یا بیماری باشد در وضعیتی که در محدودیت آبی از نظر مصرف قرار نداشته باشد فعالانه به رشد داشته باشد. " گرچه ابتدا فقط گیاه مرجع چمن تعریف شده بود اما سپس فرمول‌های دیگری برای محاسبه ET دیگر گیاهان نیز ارائه گردید. در حال حاضر حداقل ۲۰ روش عمده برای محاسبه ET وجود دارد ولی با توجه به شرایط آب و هوایی مختلف در سطح دنیا برخی از آن‌ها از نظر مطابقت با مقادیر واقعی در اولویت قرار دارند. در بررسی مقایسه‌ای روش فائو-پنمن-مونتیت^{۲۵} چه در شرایط آب و هوایی خشک و چه در شرایط آب و هوایی مرطوب در ردیف اول قرار دارد. به همین دلیل سازمان فائو روش مذکور را به عنوان استاندارد برای محاسبه نیاز آبی گیاهان معرفی نموده و نرم‌افزار مربوط به محاسبات آن را تحت عنوان CROPWAT در اختیار قرار داده است. که بر اساس روش فائو-پنمن-مونتیت می‌باشد که البته این نرم‌افزار زیاد دقیق نمی‌باشد در نتیجه در این جا به صورت دستی و با استفاده از فرمول‌های اصلی و داده‌های هواشناسی به تعیین نیاز آبی محصولات مورد نظر پرداخته شده است. فرمول فائو-پنمن-مونتیت در مناطق خشک یک درصد کمتر از واقعیت و در مناطق مرطوب ۴ درصد بیشتر از واقعیت برآورد می‌کند. با توجه به اینکه ورامین در منطقه خشک و نیمه خشک قرار دارد این روش مورد تأیید می‌باشد.

همان‌طور که گفته شد در حال حاضر روش فائو-پنمن-مونتیت به عنوان معتبرترین روش برای تخمین تبخیر-تعرق گیاه مرجع مورد استفاده متخصصان می‌باشد. معادله فائو-پنمن-مونتیت به صورت زیر می‌باشد.

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + [890 / (T + 273)] U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_2)} \quad (1-3)$$

²³. Penman

²⁴. Pruitt et al

²⁵. Fao-Penman-Moteth

که در آن :

ET_0 تبخیر تعرق گیاه مرجع (mm/day)

R_n تابش خالص در سطح پوشش گیاهی ($MJm^{-2}d^{-1}$)

T متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین ($^{\circ}C$)

U_2 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ms^{-1})

$(e_a - e_d)$ کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (KPa)

Δ شیب منحنی فشار بخار ($KPa^{\circ}C^{-1}$)

γ ضریب رطوبتی ($KPa^{\circ}C^{-1}$)

G شار گرما به داخل خاک ($MJm^{-2}d^{-1}$)

پس از بدست آوردن تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0) برای آنکه بتوان نتیجه حاصله را به سطوح پوشش گیاهی مورد نظر مانند پوشش‌های گیاهی، مرتعی، باغات و یا جنگل تعمیم داد لازم است مقدار بدست آمده را در ضریب گیاهی K_c ضرب نمود. ضریب گیاهی علاوه بر ET_0 به عواملی چون نوع گیاه، مرحله رشد و شرایط آب و هوایی محل نیز بستگی دارد.

$$ET_{crop} = K_c (ET_0) \quad (2-3)$$

طبق فرمول بالا برای بدست آوردن نیازآبی گیاهان به ضریب گیاهی محصولات مد نظر نیاز است که در ادامه به روش بدست آوردن آن‌ها اشاره شده است. باید توجه داشت که ضریب گیاهی یک مقدار ثابت نبوده و مقدار آن در طول دوره رویش گیاه تغییر می‌کند.

برای تعیین ضریب گیاهی و استفاده آن جهت تبدیل ET_0 به تبخیر-تعرق گیاه مورد نظر بر اساس روش پیشنهادی فائو برای دوره رویش گیاه منحنی تغییرات ضریب گیاهی رسم شود تا در هر مرحله از رشد ضریبی متناسب با همان مرحله اعمال شود.

مراحل مختلف رشد در هر منطقه بسته به شرایط آب و هوایی آن منطقه متفاوت می‌باشد در نتیجه برای بدست آوردن اطلاعات دقیق با زارعین منطقه مذاکره و اطلاعات لازم کسب گردیده است. پس از آنکه دوره رشد گیاه به ۴ مرحله تقسیم گردید در مرحله بعد میزان ضریب گیاهی برای هر چهار مرحله جهت رسم منحنی ضریب گیاهی برآورد شده است.

ضریب گیاهی برای مرحله اول رشد (K_{c-ini})، دوره میانی رشد (K_{c-mid}) و نقطه آخر مرحله چهارم (K_{c-end}) از ضمیمه در قسمت پیوست تهیه شده است. این جدول شامل ارتفاع گیاه (h) نیز می‌باشد که با توجه به مقدار آن و سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (U_2) و رطوبت نسبی حداقل (RH_{min}) میزان K_{c-mid} و K_{c-end} از فرمول‌های زیر مورد محاسبه قرار گرفته است.

$$K_{c-mid} = K_{c-mid-table} + [0.04(U_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)] \left[\frac{h}{3} \right]^{0.3} \quad (3-3)$$

$$K_{c-end} = K_{c-end-table} + [0.04(U_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)] \left[\frac{h}{3} \right]^{0.3} \quad (4-3)$$

$K_{c-mid-table}$ عدد بدست آمده از ضمیمه (۲۶) برای ضریب گیاهی در مرحله میانی رشد

$K_{c-end-table}$ عدد بدست آمده از ضمیمه (۲۶) برای ضریب گیاهی در مرحله نهایی رشد

۳-۶- تعیین میزان آب مجازی

آب مجازی می‌تواند به عنوان ابزاری برای ارتقای کارایی مصرف آب، دستیابی به امنیت آبی در مناطق دارای فقر آبی و بر طرف نمودن محدودیت‌های محیطی با تعیین مناطق مناسب تولید، استفاده شود. مفهوم آب مجازی نخستین بار در سال ۱۹۹۳ به منظور اشاره به مقدار آب موجود و قابل دسترس در سیستم جهانی از طریق مبادله کالاها توسط شخصی به نام آلن ارائه شد. آب مجازی مجموع آب مصرف شده برای تولید مقدار معینی از محصول تعریف شده است که به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$VWC_{c,j} = \frac{\overline{CWR}_{c,j}}{\bar{Y}_{c,j}} \quad (5-3)$$

که در آن :

$VWC_{c,j}$ متوسط محتوای آب مجازی محصول c در سال j (m^3/ton)

$\bar{Y}_{c,j}$ متوسط عملکرد محصول c در سال j (ton/ha)

$\overline{CWR}_{c,j}$ متوسط نیاز آبی محصول c در سال j (m^3/ha)

۳-۷- تهیه کاربری اراضی به کمک فناوری سنجش از دور

جهت هرگونه مدیریت الگوی کشت، تهیه نقشه کاربری اراضی از اقدامات اساسی می‌باشد. به دلیل در دست نبودن کاربری اراضی منطقه به منظور داده اولیه در جهت تهیه الگوی بهینه کشت جهت تهیه آن اقداماتی صورت گرفت. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه توپوگرافی و با توجه به نوع مطالعه، با مقیاس خاصی صورت می‌پذیرد. همچنین با تخمین دقیق سطح زیر کشت می‌توان از پتانسیل‌های واقعی نواحی کشاورزی آگاه شد. آگاهی مسئولان از سطح زیر کشت سبب حل مسائل حقوقی زمین می‌شود و با استفاده از نقشه‌های تولید شده می‌توان مرزبندی زمین‌های کشاورزی را که از موانع اساسی و سنتی کشاورزی بومی در ایران به شمار می‌آیند، برطرف ساخت. مهم‌تر از همه، مسئولان و کشاورزان با آگاهی از سطح زیر کشت می‌توانند خدمات و تجهیزاتی منطبق با داشته‌های موجود ارائه دهند و یقیناً این امر در بهبود اوضاع کشاورزی در زمینه‌های مختلف مفید واقع می‌گردد.

از آنجایی که تهیه سطح زیر کشت محصولات، زمان و هزینه زیادی را در بر دارد و بدون تهیه نقشه کاربری اراضی تعیین الگوی بهینه کشت امکان‌پذیر نمی‌باشد. در این تحقیق به تهیه نقشه کاربری اراضی پرداخته شده است؛ یکی از روش‌های استخراج نقشه کاربری اراضی استفاده از فناوری سنجش از دور می‌باشد.

بررسی و مطالعه بر روی تکنیک سنجش از دور نشان می‌دهد که تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور، از قابلیت بالایی در تمامی بخش‌ها از جمله کشاورزی برخوردار است. در پژوهش حاضر، به منظور شناسایی و تخمین سطح زیرکشت محصولات مختلف زراعی و تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه‌ای دشت ورامین از تصاویر رقومی داده‌های ماهواره لندست ۸ سنجنده OLI مربوط به سال ۲۰۱۷ استفاده شده است.

سنجش از راه دور عبارت است از علم و هنر کسب اطلاعات فیزیکی و شیمیایی از پدیده‌های زمینی و جوی از طریق ویژگی‌های امواج الکترومغناطیسی بازتابی یا منتشر شده از آن‌ها و بدون تماس مستقیم با پدیده‌های مذکور می‌باشد.

سنجش از دور در بسیاری از زمینه‌های علمی و تحقیقاتی کاربردهای گسترده‌ای دارد. از جمله کاربردهای فن سنجش از دور می‌توان به استفاده از آن در زمین‌شناسی، آب‌شناسی، معدن، شیلات، کارتوگرافی، جغرافیا، مطالعات زیست‌شناسی، مطالعات زیست محیطی، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، هواشناسی، کشاورزی، جنگلداری، توسعه اراضی و به طور کلی مدیریت منابع زمینی و غیره اشاره کرد.

سنجش از دور نمونه‌ای از مشاهدات است که از طریق برهم کنش امواج الکترومغناطیس در باندهای طیفی مختلف با سطوح مختلف اجسام آن‌ها را شناسایی می‌کند. این طیف‌ها شامل ناحیه‌های مرئی و مادون قرمز هستند و توانایی ثبت اطلاعاتی را دارند که چشم انسان ممکن است از درک و ارزیابی آن در مقیاس‌های کلان عاجز باشد، مثل بررسی میزان محصول یک مزرعه، وجود آفات در مزارع، حمله حشرات و غیره. در حقیقت این اصل بنیادی که هر پدیده طبیعی در طول موج‌های مختلف طیف الکترومغناطیس رفتار برهم کنش متفاوتی (جذب، بازتاب، تابش و عبور) را خواهد داشت سبب گردیده تا سنجش از دور به عنوان یک ابزار کارآمد در تشخیص پدیده‌های گوناگون و بررسی وضعیت و روند تغییرات آن‌ها در طول زمان شناخته شود.

ماهواره‌های تحقیقاتی به عنوان یکی از ابزارهای پیشرفته جهت ثبت تغییرات سریع سطح زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند و جدیدترین تغییرات دگرگونی‌ها را در کوتاه‌ترین زمان ممکن از طریق سنجنده‌های خود ثبت می‌کنند. همچنین یکی از منابع تأمین کننده داده‌های مکانی تصاویر اخذ شده به وسیله ماهواره موسوم به فن سنجش از دور می‌باشد.

داده‌های ماهواره‌ای محصول ثبت انرژی الکترومغناطیس ارسال شده از پدیده‌ها و اشیاء سطح زمین در باندهای مختلف طیفی هستند که توسط سنجنده دریافت و پس از طی مراحل به صورت ارزش‌های عددی بررسی نوارهای مغناطیسی ضبط شده و سپس به منظور تشکیل تصویر و نمایش به صورت دو بعدی تبدیل می‌گردد. از طرفی فناوری سنجش از دور با بهره‌گیری از داده‌های رقومی ماهواره‌ای، ابزار قدرتمندی می‌باشد که قادر است بازتاب طبیعی محصولات کشاورزی را از بازتاب طیفی سایر پدیده‌ها تفکیک نماید که همین ویژگی این امکان را فراهم می‌آورد که بتوان با سرعت بیشتر توزیع و پراکنش اراضی کشاورزی در هر منطقه جغرافیایی خاص را بدست آورد. (جبل عاملی، ۱۳۸۳)

ویژگی رقومی بودن داده‌های سنجش از دور موجب می‌شود که سیستم‌های رایانه‌ای بتوانند از این داده‌ها به طور مستقیم استفاده کنند. (هلمینگ^{۲۶}، ۲۰۰۸) در این زمینه داده‌های سنجش از دور به دلیل داشتن ویژگی‌هایی مانند پوشش وسیع، به هنگام بودن، تکراری بودن، توان تفکیک طیفی، رادیومتریکی، توان تفکیک مکانی بالا، فرمت رقومی و امکان پردازش رایانه‌ای؛ از قابلیت بالایی برای تهیه نقشه کاربری اراضی برخوردار هستند. (جنسن^{۲۷}، ۲۰۰۷)

ماهواره Landsat 8 در تاریخ ۱۱ فوریه ۲۰۱۳ راه اندازی شده است. این هشتمین ماهواره در برنامه ماهواره‌های Landsat و هفتمین ماهواره‌ای است که با موفقیت به مدار رسیده است. این ماهواره که در اصل LDCM نامیده می‌شود، حاصل همکاری ناسا و سازمان زمین‌شناسی ایالت متحده است.

²⁶.Helming,K.

²⁷.Jensen,J.R.

ماهواره Landsat 8 اخذ مستمر داده و در دسترس بودن آن‌ها را با استفاده از دو حسگر، یکی سنسور عملیاتی تصویرساز سرزمین (OLI) Operational Land Image و دیگری سنسور حرارتی مادون قرمز (TIRS) Thermal InfraRed Sensor تضمین خواهد کرد. این دو سنسور به ترتیب، اطلاعات تصویر برای نه باند موج کوتاه و دو باند طول موج حرارتی را جمع‌آوری می‌کنند.

از جمله مشخصات فنی ماهواره Landsat 8، ارائه تصاویر با شفافیت متوسط از ۱۵ متر تا ۱۰۰ متر از سطح زمین و مناطق قطبی می‌باشد. ماهواره Landsat 8 در محدوده نور مرئی، مادون قرمز نزدیک (near-infrared) موج کوتاه، مادون قرمز (wave infrared short) و طیف مادون قرمز حرارتی (thermal infrared) به کار گرفته شده است. Landsat 8 حدود ۴۰۰ تصویر در روز می‌گیرد، که نسبت به ۲۵۰ تصویر در روز در ماهواره Landsat 7 افزایش قابل توجهی یافته است. محدوده طیفی باندهای Landsat 8 از ۰/۴۳ تا ۱۲/۵ میکرومتر می‌باشد که شرح آن در جدول (۲-۳) آمده است.

جدول (۲-۳) مشخصات باندهای Landsat 8

Band	Description	Wavelength (micrometers)	Resolution (meters)
1*	Violet-Deep Blue	0.43 – 0.45	30
2*	Blue	0.45 – 0.51	30
3*	Green	0.53 – 0.59	30
4*	Red	0.64 – 0.67	30
5	Near Infrared	0.85 – 0.88	30
6	Shortwave Infrared	1.57 – 1.65	30
7	Shortwave Infrared	2.11 – 2.29	30
8*	Panchromatic	0.50 – 0.68	15
9	Cirrus clouds	1.36 – 1.38	30
10**	Thermal infrared	10.62 – 11.19	30
11**	Thermal infrared	11.50 – 12.51	30

* Within the visible spectrum
 **100-meter resolution data interpolated to 30 meters

در این تحقیق تعیین کاربری اراضی محدوده مطالعاتی، طی پنج گام کلی صورت گرفت. در گام اول تصویر ماهواره‌ای Landsat 8 سنجنده OLI از سایت USGS تهیه شد و در گام بعدی، جهت تعیین محدوده شهری و بکارگیری آن در تصاویر ماهواره‌ای از نرم افزار Google Earth استفاده گردید سپس با استفاده از نرم‌افزار ENVI تصحیحات مورد نیاز روی تصاویر خام ماهواره‌ای صورت می‌گیرد. در گام چهارم، جهت کلاس‌بندی تصاویر و تهیه کاربری اراضی به یکسری اطلاعات از منطقه نیاز است که تنها توسط بازدید میدانی یا همان عملیات صحرایی بدست می‌آید. برای بررسی پدیده مورد نظر از سیستم موقعیت یاب مکانی GPS مختصات جغرافیایی آن را برداشت کرده که این عمل می‌بایستی با دقت زیاد انجام شود. در نهایت، در گام آخر با استفاده از نرم افزار ArcMap و نقشه Dem منطقه مرز حوزه شهری برش خورده و نقشه کاربری اراضی منطقه مورد نظر تعیین گردید در نتیجه سطح زیر کشت محصولات بدست می‌آید که در ادامه به صورت کامل توضیحاتی در این زمینه صورت گرفته است.

۳-۷-۱- انتخاب تصویر ماهواره‌ای

انتخاب مناسب و به روز تصاویر ماهواره‌ای در انجام مطالعات سنجش از دور بسیار هائز اهمیت می‌باشد. کاربری و پوشش اراضی سرزمین حالت پویا دارند و در طول زمان دست‌خوش تغییرات می‌باشند. بنابراین استفاده از تصاویر گذشته در تهیه نقشه به روز کاربری باعث بروز خطا خواهد کرد در حالی که بکارگیری تصاویر ماهواره‌ای به روز منطقه مورد مطالعه، ضمن نمایش وضعیت حقیقی منطقه به دلیل برداشت نقاط زمینی مطمئن دقت نقشه‌های تولیدی را افزایش می‌دهد. (دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۸۴)

به دلیل تشابه طیفی بین محصولات عمده منطقه نمی‌توان از یک تصویر برای تفکیک و استخراج الگوی کشت منطقه مورد مطالعه استفاده کرد.

بنابراین برای تعیین دامنه زمانی مناسب جهت سفارش تصاویر ابتدا به جمع‌آوری تقویم زراعی محصولات دشت ورامین اقدام شد. که این اطلاعات شامل: زمان شخم، اوج سبزی‌نگی و برداشت محصولات مختلف بودند؛ این اطلاعات توسط جهاد کشاورزی در جدول (۳-۳) گردآوری شده‌اند. در نهایت تجزیه و تحلیل‌های لازم برای تعیین زمان تصویر بر اساس محصولات منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است.

جدول (۳-۳) بهترین زمان تصویربرداری برای محصولات منطقه مورد مطالعه با توجه به فصل کشت و دوره رویش

محصولات	شخم	کاشت	رشد و سردرآوردن از خاک	اوج سبزی‌نگی	زرد شدن	برداشت
Products	Plow	Planting	Growth	Green Peak	To Yellow	Harvesting
گندم	فروردین	فروردین	اردیبهشت	اردیبهشت	خرداد	خرداد
گوجه‌فرنگی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	مرداد	—	شهریور
بادمجان	فروردین	فروردین	اردیبهشت	تیر	—	شهریور
ذرت	اردیبهشت	اردیبهشت	خرداد	تیر	—	شهریور
خیار	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	—	شهریور
جو	فروردین	فروردین	اردیبهشت	خرداد	مرداد	مرداد
یونجه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	کل تابستان	—	آبان
زیتون	—	—	—	تیر	—	شهریور
پنبه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	مرداد	—	مهر
انگور	—	—	—	اردیبهشت	—	مرداد
انار	—	—	—	مرداد	—	آبان
طالبی	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	—	مرداد
پسته	—	—	—	خرداد	—	مهر

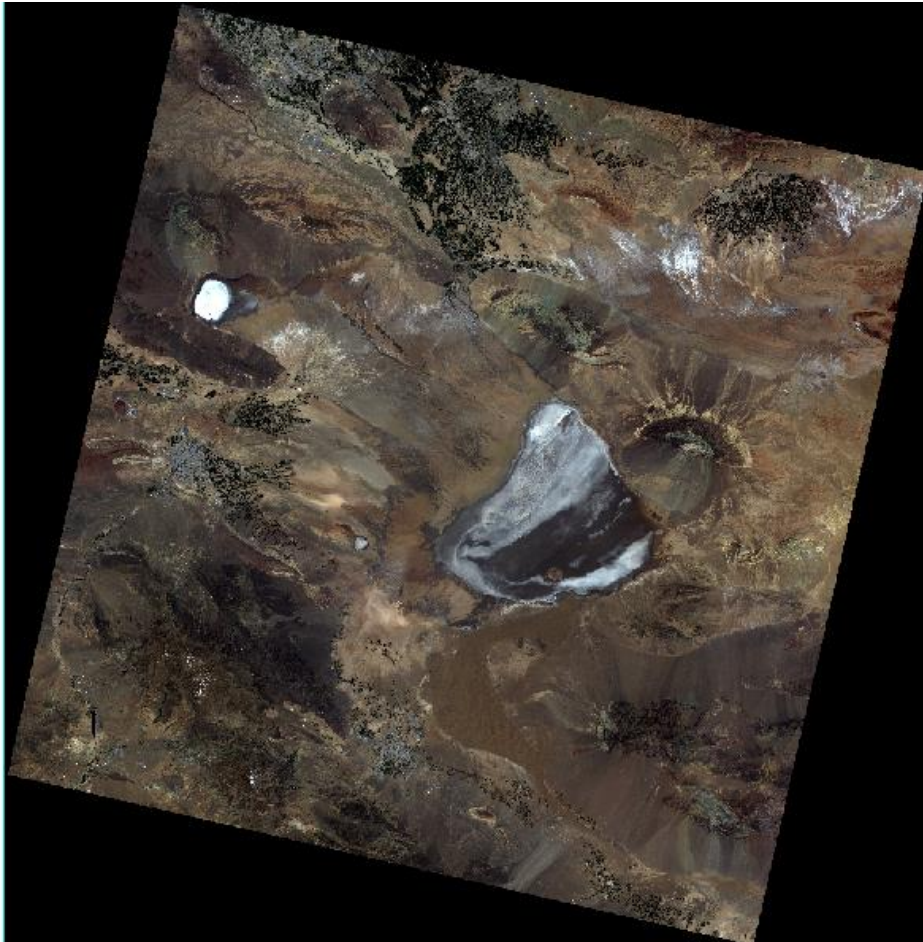
تهیه تصاویر ماهواره‌ای مناسب از منطقه، مرحله‌ای حساس بوده و نیازمند دقت بالا می‌باشد، در ابتدای امر در خصوص تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده باید تصاویری انتخاب گردد که از وجود عارضه ابر پاک باشند یا به عبارتی پوشش ابر هر تصویر بیش از ۵ درصد نباشد. با توجه به شرایط اقلیمی منطقه و ابری نبودن آن در انتخاب تصویر محدودیت خاصی وجود نداشته است.

در نتیجه با توجه به تقویم زراعی منطقه و وضعیت مناسب پوشش گیاهی در فصل بهار و تابستان و همچنین ضرورت هم‌زمان بودن نمونه‌برداری میدانی با برداشت تصویر از منطقه طوری برنامه‌ریزی شد که از اردیبهشت ۱۳۹۶ تا آبان ۱۳۹۶ برای هر ماه یک تصویر مربوط به ماهواره Landsat 8 از سنجنده OLI در تاریخ‌های ذکر شده اخذ گردیده شد. تاریخ تصاویر در جدول (۳-۴) قابل مشاهده است. از بین آن‌ها بهترین تصاویر برای انجام عملیات طبقه‌بندی انتخاب گردیده شد.

جدول (۳-۴) داده‌های مورد استفاده از ماهواره‌ی Landsat 8 سنجنده OLI

تاریخ	Date تاریخ	Landsat 8 Date
2017/4/21 April	۱۳۹۶/۲/۱ اردیبهشت	image1 تصویر ۱
2017/5/22 May	۱۳۹۶/۳/۱ خرداد	image2 تصویر ۲
2017/6/23 June	۱۳۹۶/۴/۲ تیر	image3 تصویر ۳
2017/7/25 July	۱۳۹۶/۵/۳ مرداد	image4 تصویر ۴
2017/8/26 August	۱۳۹۶/۶/۴ شهریور	image5 تصویر ۵
2017/9/23 September	۱۳۹۶/۷/۱ مهر	image6 تصویر ۶
2017/10/27 October	۱۳۹۶/۸/۵ آبان	image7 تصویر ۷

تصاویر ماهواره‌ای فوق از سایت (USGS.org)، سفارش داده شده است. به عنوان نمونه شکل (۳-۲) تصویر یکی از ماه‌های اخذ شده را نشان می‌دهد.



شکل (۳-۲) تصویر ماهواره‌ای از ماهواره Landsat 8 سنجنده OLI

در نتیجه تصاویر ماه‌های مختلف بر اساس تقویم کشت مقایسه گردید و در نهایت تصاویر سه ماه اردیبهشت، تیر و شهریور برای ادامه کار و تهیه نقشه کاربری اراضی انتخاب گردید.

طبقه‌بندی تصاویر رقومی ماهواره‌ای یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای استخراج اطلاعات کاربری محسوب می‌شود. طبقه‌بندی نظارت شده بر پایه پیش‌شناخت دقیق طبقه‌بندی‌های مورد نظر استوار است. این پیش‌شناخت‌ها به منزله‌ی نمونه‌های تعلیمی در طبقه‌بندی داده‌ها به کار می‌روند. (لی^{۲۸}، ۱۹۹۸)

۳-۷-۲- بازدید میدانی

به منظور طبقه‌بندی تصاویر و صحت‌سنجی نقشه‌های ایجاد شده ابتدا بایستی نمونه‌هایی از منطقه مورد مطالعه جمع‌آوری گردد. این قسمت را جمع‌آوری اطلاعات صحرائی تشکیل می‌دهد که بیشتر شامل ارزیابی‌های کیفی و کمی می‌باشد. با نمونه برداری اقدام به بررسی وضعیت پوشش گیاهی و یا

²⁸.Li,X. & Yeh,A.G.O.

تولید گیاهی یک منطقه با نمونه برداری اقدام به بررسی وضعیت پوشش می‌نماییم و یا اگر بررسی سطح زیر کشت محصولات زراعی در یک منطقه باشد با GPS اقدام به برداشت مختصات نمونه‌های صحرایی از منطقه می‌نماییم. در این مطالعه نمونه‌ها از سطح دشت با استفاده از بازدید میدانی و دستگاه GPS در تیر ماه ۱۳۹۶ برداشت گردید، که این عمل می‌بایستی با دقت زیاد انجام شود. لذا برای جمع‌آوری داده‌های صحرایی منطقه ابتدا طبقات کاربری‌های موجود در منطقه توسط بررسی مطالعات قبلی شناسایی گردید؛ با توجه به بازدیدهای انجام گرفته از منطقه توسط مصاحبه با کشاورزان، بررسی اطلاعات جهادکشاورزی، تفاوت بازتاب تصاویر ماهواره‌ای و نیز پژوهش‌های مشابه صورت گرفته در این زمینه، هجده کلاس که در جدول (۳-۵) قابل مشاهده می‌باشد، برای منطقه مورد مطالعه تعریف شده است.

جدول (۳-۵) انواع کاربری-پوشش استفاده شده در طبقه‌بندی

Use Name	نام کاربری	ردیف	Use Name	نام کاربری	ردیف	Use Name	نام کاربری	ردیف
Bereland	نواحی خاکی	۱۳	Alfalfa	یونجه	۷	Wheat	گندم	۱
Water	آب	۱۴	Olive	زیتون	۸	Tomato	گوجه فرنگی	۲
Urban	نواحی شهری	۱۵	Cotton	پنبه	۹	Eggplant	بادمجان	۳
Pomegranate	انار	۱۶	Grape	انگور	۱۰	Sweetcorn	ذرت	۴
Cantoloupe	طالبی	۱۷	Pistachio	پسته	۱۱	Cucumber	خیار	۵
Rangeland	مرتع	۱۸	Tree	درخت	۱۲	Barley	جو	۶

بازدید میدانی و نمونه برداری از محصولات توسط GPS صورت گرفته است از هر کاربری به طور متوسط بین ۴۰ تا ۸۰ نقطه برداشت گردید، که در مجموع ۱۰۳۰ نقطه برداشت شده است. سپس برای استفاده از این موقعیت‌های مکانی اطلاعات را در نرم‌افزاری به نام Map Source وارد کرده تا نرم‌افزار تمامی داده‌ها که به صورت UTM می‌باشند به فرمت طول و عرض جغرافیایی (X,Y) تبدیل نماید. سپس داده‌های فوق وارد نرم افزار GIS شده و به فرمت Shapefile تبدیل می‌گردد تا در نرم‌افزار ENVI قابل فراخوانی شود. جدول (۳-۶) موقعیت جغرافیایی برخی محصولات را نشان می‌دهد.

جدول (۳-۶) لیست موقعیت مکانی برخی داده‌های GPS

Y	X	محصول	Y	X	محصول	Y	X	محصول
35.3155	51.68745	خیار	35.3293667	51.7281167	جو	35.3521333	51.63035	انار
35.3155333	51.6877667	خیار	35.3294	51.72825	جو	35.3514	51.6283667	انار
35.20755	51.79115	پسته	35.3296	51.72845	جو	35.35095	51.6310833	انار
35.2044167	51.7914833	پسته	35.3301833	51.6652667	گندم	35.2632833	51.7458	انار
35.20065	51.7902	پسته	35.3142	51.6897167	گندم	35.2632833	51.7458167	انار
35.2088167	51.7910333	طالبی	35.3070167	51.6581	گندم	35.2790333	51.7328167	انار
35.20815	51.7916833	طالبی	35.35335	51.6542333	گندم	35.27935	51.7325833	انار
35.2016167	51.7901167	طالبی	35.2083667	51.79055	گندم	35.2792333	51.73275	انار
35.314	51.6901	یونجه	35.2068	51.7911667	گندم	35.3536333	51.6296833	انگور
35.3129333	51.6925667	یونجه	35.2052833	51.7908333	گندم	35.3528	51.63005	انگور
35.3071833	51.6571167	یونجه	35.2032	51.78995	گندم	35.35235	51.6303667	انگور
35.29985	51.6571333	یونجه	35.2010833	51.7894333	گندم	35.3516	51.6286167	انگور
35.2052833	51.7902	یونجه	35.3303167	51.6650333	گندم	35.3294167	51.6649333	بادمجان
35.3139	51.69005	یونجه	35.3302833	51.66485	گندم	35.3158167	51.6868667	بادمجان
35.3139667	51.6901833	یونجه	35.3302	51.6647667	گندم	35.3156833	51.6867833	بادمجان
35.3139667	51.69025	یونجه	35.3301333	51.66455	گندم	35.3265333	51.7252667	بادمجان
35.31415	51.6903167	یونجه	35.3298833	51.6646333	گندم	35.32665	51.725	بادمجان
35.3127667	51.6930167	یونجه	35.3143667	51.6897167	گندم	35.3267833	51.7247833	بادمجان
35.3125833	51.6933167	یونجه	35.31425	51.68955	گندم	35.32685	51.7246167	بادمجان
35.3125	51.6931	یونجه	35.3141333	51.6895833	گندم	35.3294667	51.6649833	بادمجان
35.3127167	51.6926667	یونجه	35.3290667	51.6651667	گوجه فرنگی	35.3296	51.6650167	بادمجان
35.3297167	51.6656167	ذرت	35.3291833	51.6651333	گوجه فرنگی	35.3296167	51.6652333	بادمجان
35.34115	51.6647167	ذرت	35.3291667	51.6652667	گوجه فرنگی	35.3298	51.6653667	بادمجان
35.1635333	51.7814167	ذرت	35.3290667	51.6653667	گوجه فرنگی	35.3298	51.6654833	بادمجان
35.3297167	51.6656833	ذرت	35.3348	51.6683	گوجه فرنگی	35.3163	51.6871167	بادمجان
35.3297333	51.66575	ذرت	35.34065	51.6651167	گوجه فرنگی	35.3162833	51.6869833	بادمجان
35.3296833	51.6658167	ذرت	35.3156	51.6869167	خیار	35.3159667	51.6869167	بادمجان
35.3298	51.66585	ذرت	35.31555	51.6878167	خیار	35.3266333	51.7246	جو
35.3298667	51.6658	ذرت	35.3321833	51.6702	خیار	35.3297	51.7282	جو
35.3017	51.6582167	ذرت	35.3323667	51.6707667	خیار	35.3294	51.72795	جو
35.29165	51.6579167	ذرت	35.3356167	51.66785	خیار	35.3052667	51.6602	جو
35.2927167	51.65775	ذرت	35.3155667	51.6869167	خیار	35.35185	51.6560167	جو
35.3467833	51.6302	پنبه	35.31575	51.68705	خیار	35.33075	51.6605	جو
35.34625	51.6293	پنبه	35.31575	51.6871667	خیار	35.32645	51.7248	جو
35.3468667	51.6304	پنبه	35.3158333	51.6872333	خیار	35.3263167	51.7249333	جو
35.3523833	51.6250667	زیتون	35.3157333	51.6874	خیار	35.3263667	51.7250833	جو
35.3525333	51.6252833	زیتون	35.3156	51.6875333	خیار	35.3262333	51.7253167	جو

۳-۷-۳- پیش پردازش داده‌های ماهواره‌ای (Pre_Processing)

هنگام دریافت تصاویر، هیچ گونه پردازشی روی آن‌ها صورت نگرفته است و به صورت دیتا خام می‌باشد، در نتیجه به منظور آماده‌سازی تصاویر ابتدا بایستی پردازش‌هایی روی آن صورت گیرد که توضیحات آن به شرح زیر می‌باشد.

در این فاز یک سری خطاهایی که در تصویر وجود دارد بر طرف شده است. هرگونه عاملی که بر روی امواج الکترومغناطیسی رسیده به سنجنده اثر گذار باشد و باعث ایجاد تغییرات در این امواج شود خطا محسوب می‌شود که به صورت کلی می‌توان این خطاها را به دو دسته رادیومتریکی (Radiometric) و هندسی (Geometric) تقسیم بندی کرد.

از جمله این خطاها، اتمسفر و یا توپوگرافی سطح زمین می‌باشد که در ادامه نسبت به برطرف سازی این خطاهای رادیومتریکی اقداماتی صورت گرفته است.

۳-۷-۳-۱- خطاهای هندسی (Geometric)

می‌توان گفت هر گونه عاملی که بر روی ساختار هندسی تصاویر ماهواره‌ای اثر بد بگذارد را خطای هندسی می‌نامند. تمامی تصاویر مورد نظر از نظر هندسی دچار خطا نبوده در نتیجه خطای هندسی بر روی تصاویر اعمال نشده است.

۳-۷-۳-۲- خطاهای رادیومتریکی (Radiometric)

بر روی هر تصویر گرفته شده از پایگاه‌های اطلاع رسانی ماهواره‌ای می‌بایست تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری صورت گیرد. ابتدا محدوده مورد مطالعه از کل تصویر ماهواره‌ای برش خورده سپس تصحیحات مورد نظر توسط نرم‌افزار ENVI روی آن صورت می‌گیرد.

جهت انجام تصحیحات، انتخاب نوع تصحیح که در این جا Radiance می‌باشد، مورد نیاز است. شکل (۳-۳) تصویر برش خورده منطقه ورامین را نشان می‌دهد.



شکل (۳-۳) تصویر برش خورده از منطقه اصلی

۳-۷-۳-۲-۱- تصحیحات اتمسفری

در عملیات تصحیحات اتمسفری الگوریتم‌هایی وجود دارد که می‌تواند اثر جذب و پخش امواج الکترومغناطیسی را در حد امکان تعدیل کند. الگوریتم‌های ذکر شده دو دسته می‌باشد.

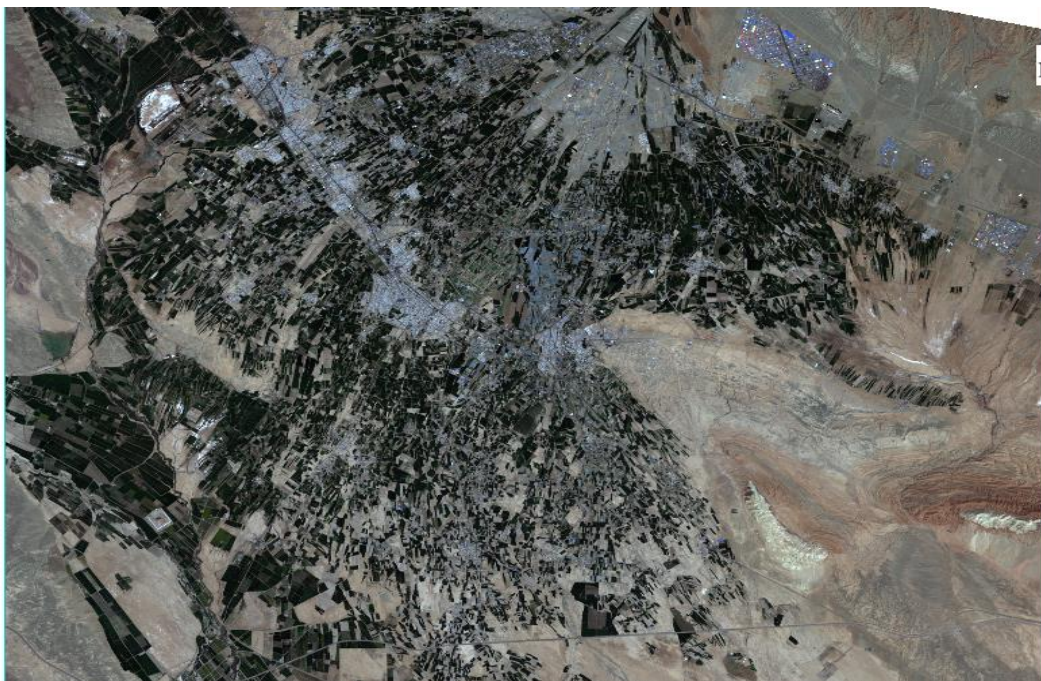
- الگوریتم‌های مبتنی بر مدل‌های انتقال تابشی Radiative Transfer Models، که یکی از دقیق‌ترین روش‌ها برای این گونه تصحیحات می‌باشد، دقت آن به نوع مدل بستگی دارد. اصلی‌ترین هدف آن مدل‌سازی کردن Path Radiance می‌باشد. منظور از Path Radiance تمامی مسیری است که امواج الکترومغناطیسی طی می‌کند تا به سنسور برسد. در نتیجه به اندازه قابل قبولی اثر پخش و جذب امواج الکترومغناطیسی را در مسیر طی شده تصحیح می‌کند. که در این تحقیق کاربردی ندارد.

- الگوریتم‌های نسبی، این الگوریتم‌ها معادلاتی هستند که از یک سری جمع و منهای خیلی ساده جهت انجام تصحیحات استفاده می‌شوند. این معادلات از یک نسبت خاصی برخوردار بوده و دارای پیچیدگی خاصی نمی‌باشد.

از آنجایی که تصحیحات اتمسفری دقیق برای طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای در این تحقیق الزامی نیست. در نتیجه از مدل الگوریتم‌های نسبی برای انجام تصحیحات اتمسفری جهت تهیه نقشه کاربری

اراضی منطقه مورد نظر استفاده گردید. خود مدل نسبی شامل الگوریتم‌های متعددی می‌باشد، که در اینجا دو تا از ساده‌ترین و در عین حال دقیق‌ترین روش‌ها به نام الگوریتم Quick Atmospheric Coraction و الگوریتم Fsats Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hyper cubes انتخاب گردیده است.

در روش الگوریتم QUAC فقط نوع سنسور مربوطه که در اینجا Landsat TM/ETM/OLI می‌باشد به مدل معرفی می‌گردد. بقیه مراحل کار در نرم افزار به صورت خودکار انجام می‌شود و شکل (۳-۴) نمایشی از عکس ماهواره‌ای که تصحیحات اتمسفری بر روی آن صورت گرفته است را نمایش می‌دهد.



شکل (۳-۴) تصحیح اتمسفری QUAC

برخی اوقات بر اثر یکسری پردازش‌ها با توجه به محدوده مقادیر خروجی و نوع پردازش صورت گرفته ممکن است تصویر به صورت بصری و کیفی تیره‌تر و تارتر شود. همانطور که در شکل بالا مشخص می‌باشد تصویر تیره و تار شده و این موضوع در انجام تصحیحات یک خطا به شمار می‌آید که به صورت چشمی قابل مشاهده است به عبارتی می‌توان گفت روش الگوریتم QUAC تصاویر را به درستی تصحیح نکرده است و نیاز به یک روش بهتر و دقیق‌تر می‌باشد.

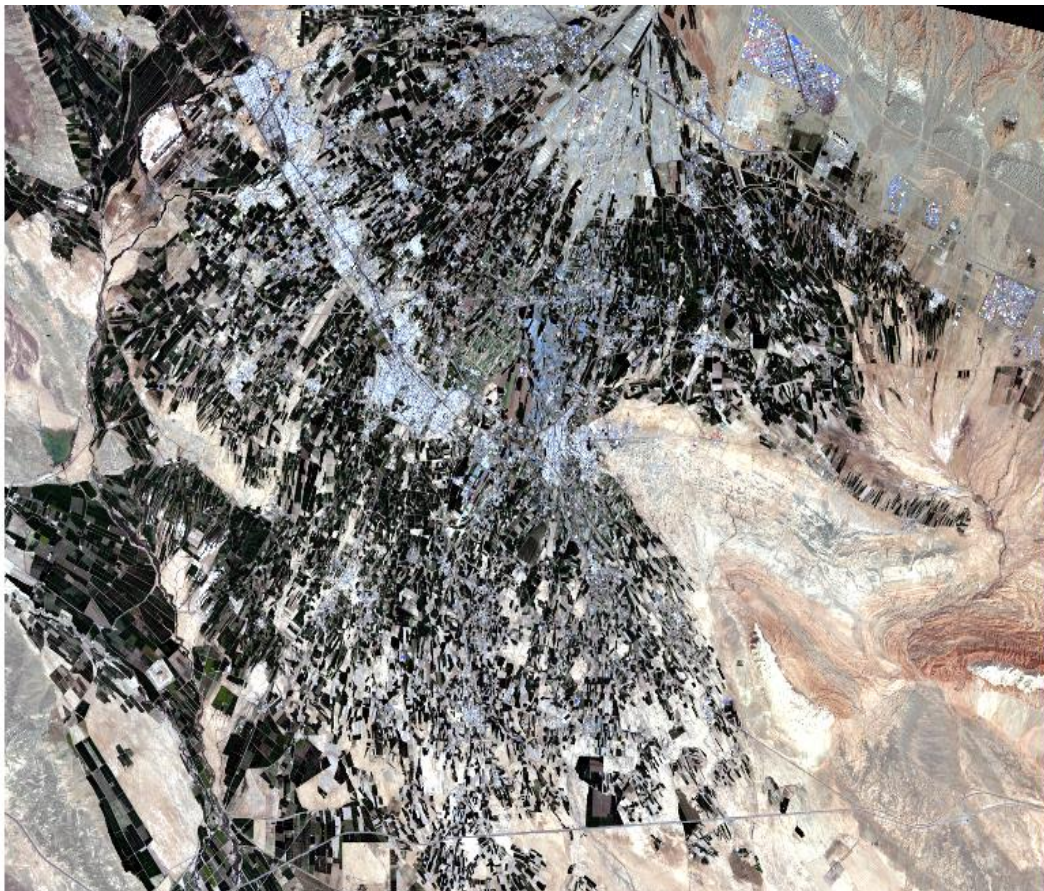
در نتیجه روش دیگر به نام الگوریتم Fsats Line-of-sight Atmospheric Analysis of Hyper cubes که بر اساس مدل‌های انتقال تابشی می‌باشد جهت تصحیح تصاویر انتخاب شد. این روش نیز همان تصحیح اتمسفری الگوریتم نسبی می‌باشد ولی دقت آن بالاتر از روش قبلی است.

در داخل ساختار این الگوریتم یکسری اطلاعاتی که به شرح زیر می‌باشد مورد نیاز است. این اطلاعات عبارتند از یک سری اطلاعات پایه درباره موقعیت مکانی تصویر، طول و عرض جغرافیای منطقه، تاریخ و روز و ساعت اخذ تصویر، متوسط ارتفاع منطقه مورد نظر از سطح دریا بر حسب کیلومتر، ارتفاع ماهواره مورد نظر، نوع ماهواره و همچنین نوع سنسور منطقه، که در اینجا Multispectral/Landsat 8 OLI می‌باشد. همچنین مدل اتمسفری نیز برای تصویر انتخاب گردید، که به کمک جدول (۷-۳) و با توجه به رابطه‌ی بین عرض جغرافیایی و ماه اخذ تصویر، نوع مدل اتمسفری انتخاب شده است؛ که این مدل به صورت کلی برای ایران (T) Tropical و (MLSS) Mid Latitude Summer می‌باشد.

جدول (۷-۳) تعیین نوع مدل اتمسفری Atmospheric Model Option

Latitude (°N)	Jan	March	May	July	Sept	Nov
80	SAW	SAW	SAW	MLW	MLW	SAW
70	SAW	SAW	MLW	MLW	MLW	SAW
60	MLW	MLW	MLW	SAS	SAS	MLW
50	MLW	MLW	SAS	SAS	SAS	SAS
40	SAS	SAS	SAS	MLS	MLS	SAS
30	MLS	MLS	MLS	T	T	MLS
20	T	T	T	T	T	T
10	T	T	T	T	T	T
0	T	T	T	T	T	T
-10	T	T	T	T	T	T
-20	T	T	T	MLS	MLS	T
-30	MLS	MLS	MLS	MLS	MLS	MLS
-40	SAS	SAS	SAS	SAS	SAS	SAS
-50	SAS	SAS	SAS	MLW	MLW	SAS
-60	MLW	MLW	MLW	MLW	MLW	MLW
-70	MLW	MLW	MLW	MLW	MLW	MLW

پس از انجام تمامی مراحل فوق تصویر تصحیح شده اتمسفری نهایی در شکل (۳-۵) قابل مشاهده است.



شکل (۳-۵) تصحیح اتمسفری FLAASH

۳-۷-۴- پردازش تصاویر ماهواره‌ای (processing)

پس از انجام تصحیحات و اصلاح خطاها از لحاظ رادیومتریکی و هندسی، جهت آماده سازی تصاویر ماهواره‌ای برای کلاس‌بندی، داده‌ها وارد مرحله پردازش گردید. در این مرحله فرآیند استخراج اطلاعات صورت گرفته است.

این پردازش‌ها عبارتند از تبدیل تصاویر ماهواره‌ای به تصاویر *Tru color composite* که در این قسمت پدیده‌های موجود در تصویر به همان رنگی نمایش داده می‌شوند که در طبیعت وجود دارند. یکی دیگر از مواردی که در این مرحله مورد بررسی قرار گرفته است تلفیق داده‌های ماهواره‌ای (*Fusion*) می‌باشد، به عبارتی می‌توان گفت عملیات تلفیق داده‌ها عملیاتی است که در آن جزئیات مکانی افزایش می‌یابد. شاخص‌های طیفی نیز یک فرآیند استخراج اطلاعات می‌باشند که در آن دو یا چند باند طیفی با یکدیگر ترکیب می‌شوند و اطلاعات جدیدی را تولید می‌کنند که پیش از آن در یک

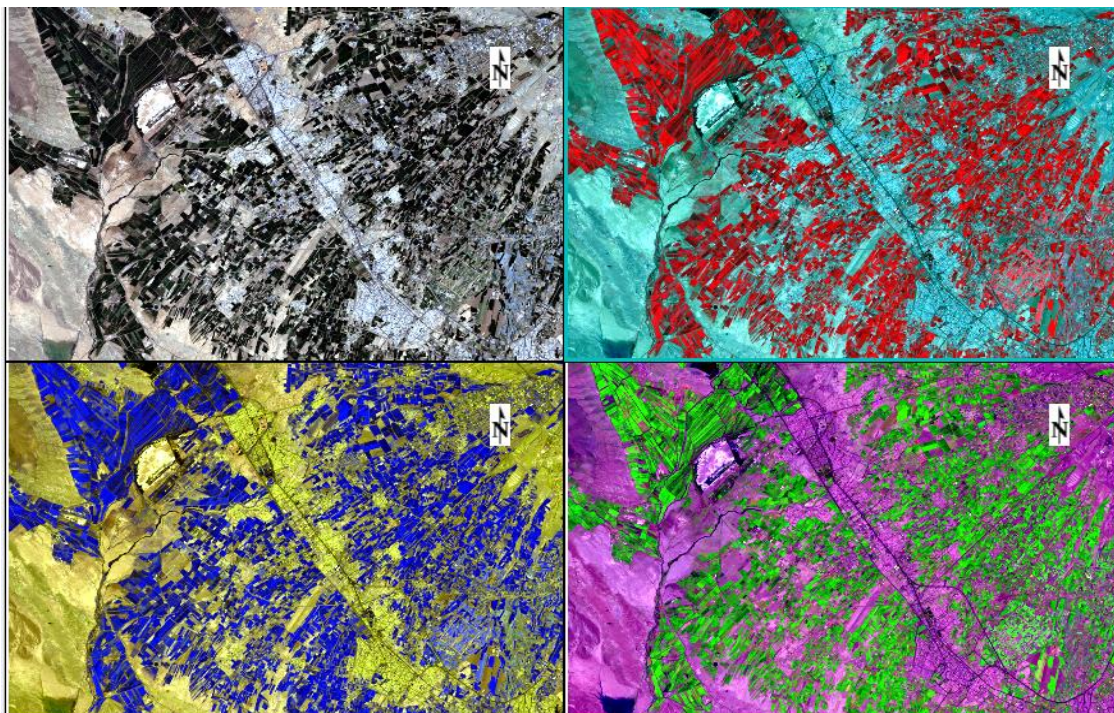
باند به تنهایی قابل رویت نبوده است. به عنوان مثال یکی از این شاخص‌ها، شاخص NDVI است؛ شاخصی که در آن پوشش گیاهی بارز و شناسایی می‌شود. در ادامه به توضیح مختصری از هر یک از این پردازش‌ها پرداخته شده است.

۳-۷-۴-۱- سیستم های رنگی (Color System)

سیستم رنگی RBG مطرح‌ترین و پرکاربردترین سیستم رنگی است که از سه رنگ اصلی قرمز و سبز و آبی تشکیل شده است که با هم مشارکت پیدا می‌کنند و رنگ‌های دیگر را تولید می‌کنند. هر یک از این باندها به یک کانال رنگ اختصاص داده می‌شود تا ترکیبات باندی (data combination) (مختلفی را به وجود آورند).

هدف از ایجاد ترکیب باندی، ترکیب اطلاعات باندهای مختلف با یکدیگر و دست‌یابی به بهترین آن‌ها است. بهترین ترکیب باندی، ترکیبی است که بیشترین اطلاعات را در اختیار می‌گذارد. با استفاده از تحلیل رفتار طیفی می‌توان بهترین ترکیب باندی را انتخاب کرد، هرگاه باند قرمز طیف الکترومغناطیس (Red) به رنگ قرمز مانیتور و باند سبز طیف الکترومغناطیس به رنگ سبز مانیتور و باند آبی طیف الکترومغناطیس به رنگ آبی مانیتور اختصاص داده شود خروجی به گونه‌ای حاصل می‌شود که پدیده‌ها به صورت همان ترکیب رنگی که در محیط طبیعی قابل مشاهده است نمایش داده می‌شود. در اصل می‌توان گفت پدیده‌ها را با ترکیب رنگی واقعی نمایش می‌دهد که این گونه تصاویر True color composite نامیده می‌شوند. تصویر این ترکیب باندی در قسمت بالا سمت چپ شکل (۳-۶) قابل مشاهده می‌باشد. از دیگر ترکیبات باندی، تصاویر آبی و قرمز موجود در شکل (۳-۶) می‌باشند که به آن‌ها تصاویر False color composite گفته می‌شود. تصویر موجود در قسمت پایین سمت راست تصویر یک ترکیب باندی دیگر است که به آن Sodo color composite گفته می‌شود؛ به این حالت ترکیب رنگی شبه واقعی گفته می‌شود در آن پدیده‌ها به رنگی شبیه رنگ‌های موجود در طبیعت نمایش داده می‌شوند ولی رنگ اصلی نمی‌باشند.

طبق نتیجه بدست آمده از تحلیل رفتار طیفی صورت گرفته بر روی ترکیبات باندی موجود، تمامی تصاویر ماهواره‌ای به صورت True color composite که بهترین ترکیب باندی می‌باشد درآورده شد تا عمل طبقه‌بندی تصاویر به راحتی انجام شود.



شکل (۳-۶) نمایی از ترکیبات باندهای مختلف

۳-۷-۴-۲- الگوریتم تلفیق داده‌ها (Fusion)

طراحی یک سنجنده ۱۵ متری که توان تفکیک مکانی بالایی دارد هزینه‌برتر از یک سنجنده با توان تفکیک مکانی ۳۰ متری می‌باشد چرا که حجم داده‌ها با توان تفکیک ۱۵ متری بسیار بالا بوده و انتقال آن‌ها به ایستگاه زمینی و پردازش بر روی آن‌ها سخت‌تر می‌باشد همه موارد باعث بالاتر رفتن هزینه‌ها می‌شود و از طرفی تمام روش‌های کار در نرم‌افزار ENVI نیاز به تصویر با تفکیک مکانی بالا ندارد و با توان تفکیک ۳۰ متری نیز قابل انجام می‌باشد به همین علت در حالت کلی توان تفکیک مکانی تصاویر ۳۰ متری می‌باشد ولی از آنجایی که طبقه‌بندی کلاس‌ها نیاز به توان تفکیک بالایی دارد؛ الگوریتم Fusion بر روی تصاویر اعمال گردید. عمل تلفیق داده‌های ماهواره‌ای به منظور حداقل رساندن پیکسل‌های درهم (mix) و قابل تشخیص کردن مرز بین پدیده‌های مختلف در تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد. به عبارتی دیگر بتوان پدیده‌های مختلف را به راحتی از هم تفکیک کرد.

به منظور سهولت در انجام کار، جهت طراحی باندهای تصاویر ماهواره‌ای به Resoloshen بالا، فقط یک باند با توان تفکیک بالاتر ایجاد گردید. در نتیجه یک تک باند ۱۵ متری انتخاب شده است. با استفاده از این تک باند ۱۵ متری توان تفکیک مکانی سایر باندها، توسط الگوریتم مربوطه و یکسری پردازش‌ها ارتقا یافت در نهایت تصویر به گونه‌ای حاصل می‌شود که جزئیات بیشتری را نمایش می‌دهد وقتی جزئیات در تصویر بیشتر شود تعداد پیکسل‌های مخلوط کاهش پیدا کرده و دقت فرآیند طبقه‌بندی به‌تر خواهد شد.

جهت اجرای عمل تلفیق داده‌های ماهوار دو تصویر مورد نیاز است. باند Pancromatic ۱۵ متری و دیگری باند Multispectral ۳۰ متری که بایستی بین این دو تصویر هم‌پوشانی وجود داشته باشد و همچنین از لحاظ طیفی در یک بازه قرار داشته باشند تا عمل تلفیق بر روی آن‌ها انجام شود. جزئیات مکانی از تصویر Pancromatic و جزئیات طیفی از تصویر Multispectral استفاده می‌شود، در نهایت تصویر Multispectral که از توان تفکیک ۱۵ متری برخوردار است تولید می‌شود.

۳-۷-۴-۳- بررسی شاخص‌های طیفی

شاخص‌های طیفی در اصل حاصل یکسری عبارت ریاضی هستند که بین دو یا چند باند طیفی رخ می‌دهند. با استفاده از یک شاخص طیفی می‌توان دو یا چند باندی که رابطه نسبتاً متفاوت و یا همبستگی خیلی پایینی با یکدیگر دارند ترکیب کرد و از ترکیب آن‌ها اطلاعاتی استخراج کرد که در باندهای قبلی و یا به تنهایی وجود نداشته است یا اینکه به اون شکلی که در خروجی شاخص مشاهده می‌شود قابل استخراج نبوده است. هدف از انجام شاخص‌های طیفی در گام اول بارزتر نمایش دادن یک پدیده و در گام دوم استخراج اطلاعات مؤثر در رابطه با اون پدیده می‌باشد به عنوان مثال سلامتی و یا تراکم پوشش گیاهی توسط این شاخص‌ها به طور مستقیم یا غیر مستقیم در اختیار قرار گیرد.

در این قسمت نیز همان منطقی که در ترکیبات باندی به کار رفته استفاده شده است. در ترکیب باندی، باندهایی وارد عمل می‌شوند که خیلی متفاوت هستند. در شاخص‌های طیفی نیز باندهایی وارد می‌شوند که شباهتی به یکدیگر ندارند به عنوان مثال یک باندی که گیاه را کاملاً روشن نمایش می‌دهد با باند دیگری که گیاه را کاملاً تیره نمایش می‌دهد و یکسری تفاوت‌هایی با هم دارند زمانی که وارد یک الگوریتم می‌شوند می‌توانند یک پدیده را بارز نمایند.

فرمول‌هایی که در این رابطه استفاده شده فوق‌العاده مورد توجه قرار گرفته است یا به عبارتی نوع انتخاب عملگرها با دقت بالایی صورت گرفته است. مهم‌ترین نکته در این قسمت، زمانی که دو یا چند باند متفاوت با یکدیگر ترکیب می‌شوند بهترین عملگرها در این رابطه که می‌توان از آن استفاده کرد عملگرهایی مانند تفریق و تقسیم هستند؛ زیرا این عملگرها تفاوت‌های بین باندی را خیلی بارز و آشکارا نمایش می‌دهند. به خصوص عملگر تقسیم که خیلی خوب تفاوت‌ها را نمایش می‌دهد و می‌تواند اثر یکسری پارامترها مانند توپوگرافی را در داخل تصویر به صورت قابل توجهی تعدیل کند.

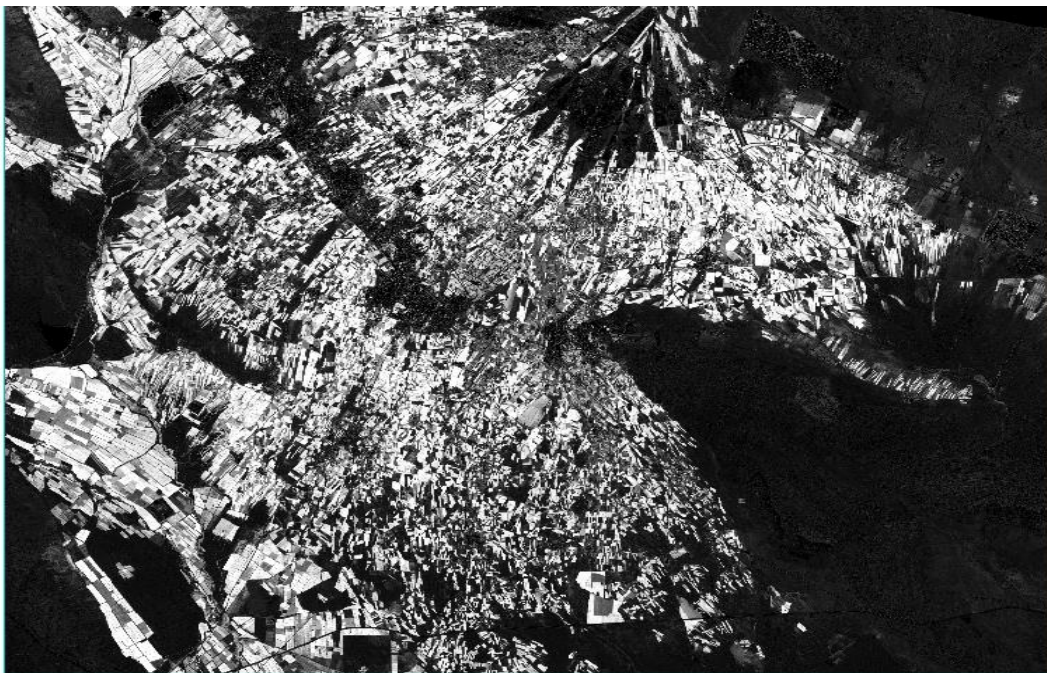
شاخص NDVI مخفف عبارت Normalized Different Vegetation Index، یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای پایش تغییرات پوشش گیاهی می‌باشد؛ که در گام اول پوشش گیاهی را از سایر پدیده‌ها متمایز می‌نماید و در گام دوم اطلاعاتی در ارتباط با سلامتی گیاه، میزان کلروفیل گیاه و این موضوع که تنش و یا به نوعی تغییری در گیاه اتفاق افتاده است به همراه اطلاعاتی در رابطه با

سبزینگی گیاه در اختیار قرار می‌دهد. و تنها شاخص گیاهی که به صورت جهانی وجود دارد یعنی برای گیاهان تمامی مناطق دنیا به کار برده می‌شود و نتیجه یکسانی دریافت می‌شود.

اغلب نسبت معینی از باندهای مادون قرمز نزدیک و قرمز برای نقشه‌های پوشش گیاهی و بررسی شرایط آن‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا این دو باند به ترتیب به شدت با گیاهان جذب و منعکس می‌شوند. وجود یک نسبت بالا نشان دهنده پوشش گیاهی سالم می‌باشد در حالی که یک نسبت پایین مبین پوشش گیاهی ناسالم و دچار استرس یا بدون پوشش گیاهی می‌باشد. شاخص NDVI از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود. (اسشوونگرت^{۲۹}، ۱۹۹۷)

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$

که در این رابطه NIR باند مادون قرمز نزدیک و RED باند قرمز می‌باشد.



شکل (۷-۳) شاخص طیفی NDVI

همان طور که در شکل (۷-۳) قابل مشاهده می‌باشد شاخص طیفی NDVI انجام شده بر روی تصویر باعث ایجاد بارزسازی پوشش گیاهی از سایر پدیده‌ها شده است در تصویر قسمت‌هایی که شامل دشت و مزارع بوده روشن‌تر از بقیه مناطق به چشم می‌خورد.

²⁹.Schowengerdt,R.A.

۳-۸-۵- تعیین الگوی بهینه کشت

طراحی الگوهای کشت از مهم‌ترین و علمی‌ترین فعالیت‌ها در جهت پایدارسازی بوم نظام‌های کشاورزی و بهینه‌سازی مصرف نهاده‌هاست. الگوی بهینه کشت عبارت است از تعیین یک نظام تولید محصولات کشاورزی با در نظر گرفتن مزیت‌های نسبی مناطق، مبتنی بر سیاست‌های کلان کشور، دانش بومی کشاورزان و نیز بهره‌گیری بهینه از پتانسیل‌های منطقه‌ای با رعایت اصول اکوفیزیولوژیک تولید محصولات کشاورزی در راستای حفظ محیط زیست. با توجه به گستردگی پهنا مرزی کشور و تنوع اقلیمی مختلف، رسیدن به الگوی کشت مناسب که از آن بتوان حداکثر بهره‌برداری را از عوامل و نهاده‌های تولیدی بدست آورد، ضرورتی انکارناپذیر است. (دانشگاه جیهاد-ای، ۲۰۱۰، ۳)

در این پژوهش الگوی بهینه کشت برای دشت ورامین توسط فناوری سنجش از دور به کمک نرم‌افزار ENVI محاسبه گردید. میزان سطح زیر کشت محصولات، توسط نقشه کاربری اراضی منطقه بدست آمد. سپس نیاز آبی و آب مجازی هر محصول محاسبه شده است. در نهایت سناریوهایی با هدف کمینه کردن آب مصرفی و بیشینه کردن سود کشاورزان تعریف شد. در سناریوی تعریفی آب مصرفی سالانه بر حسب نیاز آبی و آب مجازی و همچنین سود کشاورزان منطقه از فرمول‌های زیر محاسبه گردد.

$$\text{مساحت}_i \times \text{نیاز آبی}_i = \text{کل آب مصرفی}$$

$$\text{مساحت}_i \times \text{آب مجازی}_i = \text{کل آب مصرفی}$$

$$\text{سود کشاورزان} = \text{مساحت}_i \times \text{عملکرد}_i \times (\text{قیمت تقریبی} - \text{هزینه تولیدشده})_i$$

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱- مقدمه

پس از انجام تحقیق بر اساس مراحل مختلفی که در فصل سوم به آن پرداخته شده است، در این فصل نتایج به دست آمده به همراه تحلیل مربوط به آن ارائه می‌گردد.

نتایج را می‌توان در چند بخش زیر خلاصه نمود:

- تهیه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه به کمک فناوری سنجش از دور و نرم‌افزار ENVI.
- نحوه تعیین نیاز آبی محصولات موجود در منطقه و ارائه نتایج محاسبات برای سال ۱۳۹۶.
- تعیین آب مجازی محصولات مختلف در منطقه و ارائه نتایج محاسبات حاصله برای سال ۱۳۹۶.
- تعریف ۶ سناریو با هدف کمینه کردن آب مصرفی و بیشینه کردن سود کشاورزان منطقه.
- بررسی تمامی سناریوها براساس نیاز آبی و آب مجازی.
- مقایسه سناریوهای تعریف شده و انتخاب یکی از آن‌ها برای تعیین بهترین الگوی کشت در دشت ورامین.

۴-۲- اعتبارسنجی مراحل کار و تهیه نقشه کاربری اراضی نهایی

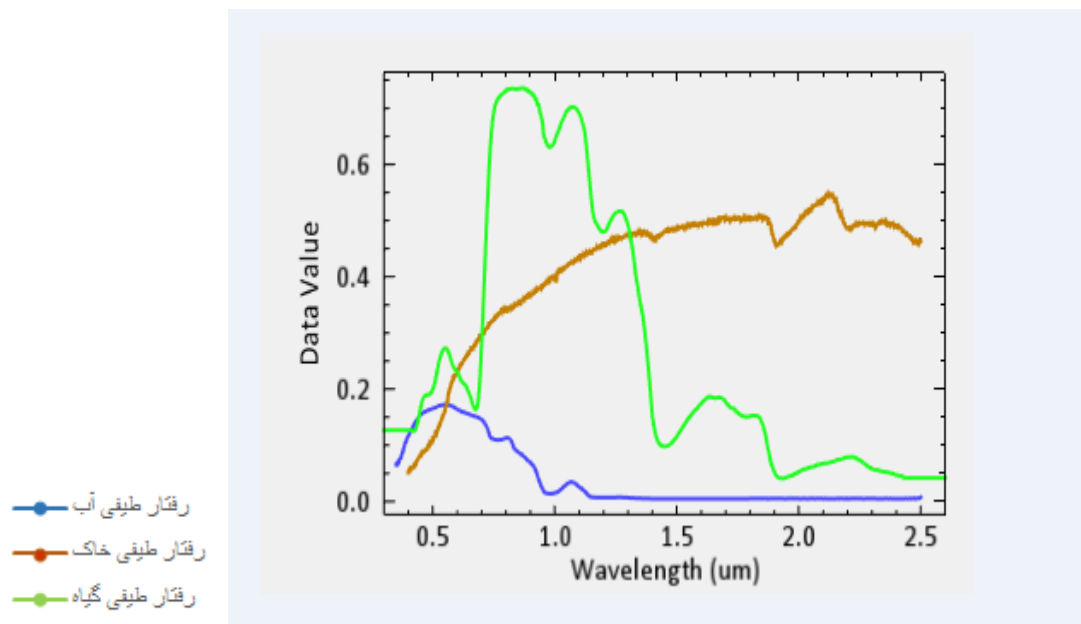
در این قسمت تمامی مراحل انجام گرفته جهت تهیه نقشه کاربری اراضی دشت ورامین اعتبارسنجی شده و از صحت انجام کار اطمینان حاصل شده است.

۴-۲-۱- اعتبارسنجی تصحیح اتمسفری الگوریتم QUAC

تصاویری که از لحاظ اتمسفری تصحیح شده، تصویر بازتاب سطحی نامیده می‌شود. (تصویر حاصله از بازتاب‌های منتشر شده از سطح زمین به گونه‌ای که اثر بازتاب‌های اضافی اتمسفر از روی آن حذف شده است.)

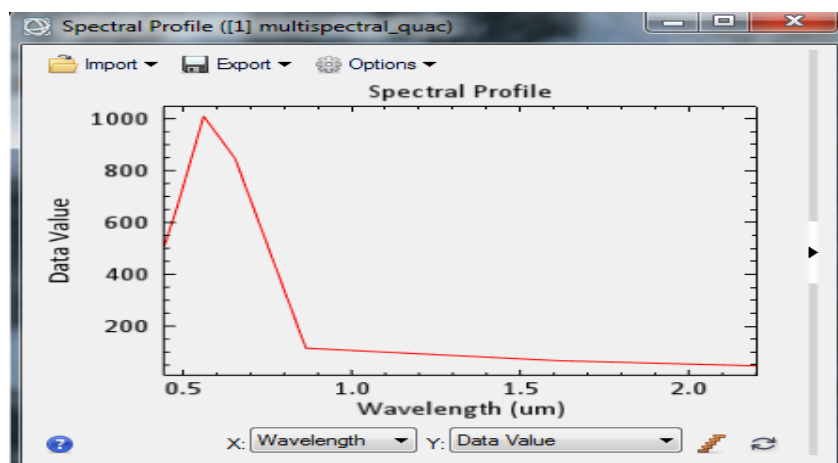
یکی از راه‌های اعتبارسنجی نتیجه تصحیح اتمسفری، مقایسه کردن نتیجه رفتار طیفی یا همان نسبت جذب و بازتاب در باندهای مختلف با نتایج بدست آمده از کتابخانه‌های طیفی که یک مرجع دقیق می‌باشند و در شرایط کنترل شده بدون هیچ اثری اندازه‌گیری شده‌اند.

در کتابخانه مراکز طیفی مختلف تمام ویژگی‌ها و شکل ظاهری رفتار طیفی پدیده‌های اصلی نظیر آب، خاک و گیاه قابل مشاهده است. در شکل (۴-۱) رفتارهای طیفی موجود در کتابخانه‌های مرجع برای سه پدیده آب، خاک و گیاه قابل مشاهده است. که نمودار افقی این نمودار محدوده طیفی باندها و نمودار عمودی آن نمونه‌های برداشت شده را نمایش می‌دهد، رنگ سبز نمودار رفتار طیفی گیاه، رنگ آبی رفتار طیفی آب و رنگ قهوه‌ای رفتار طیفی خاک می‌باشد.

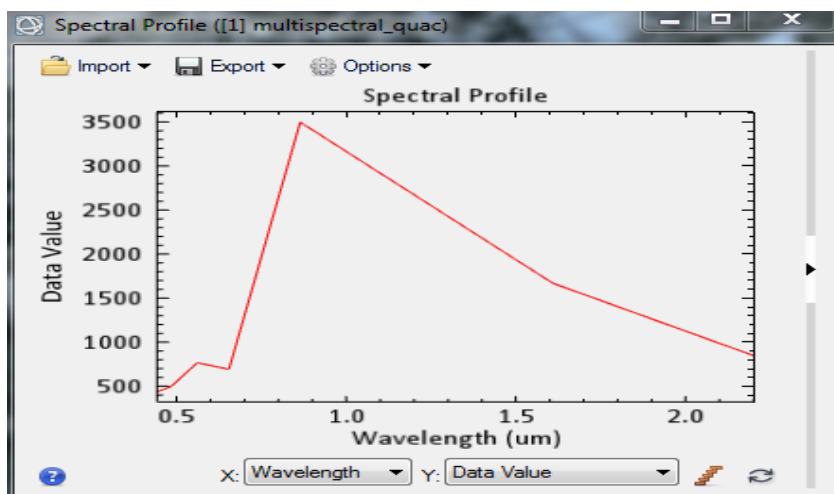


شکل (۱-۴) رفتار طیفی پدیده های مختلف

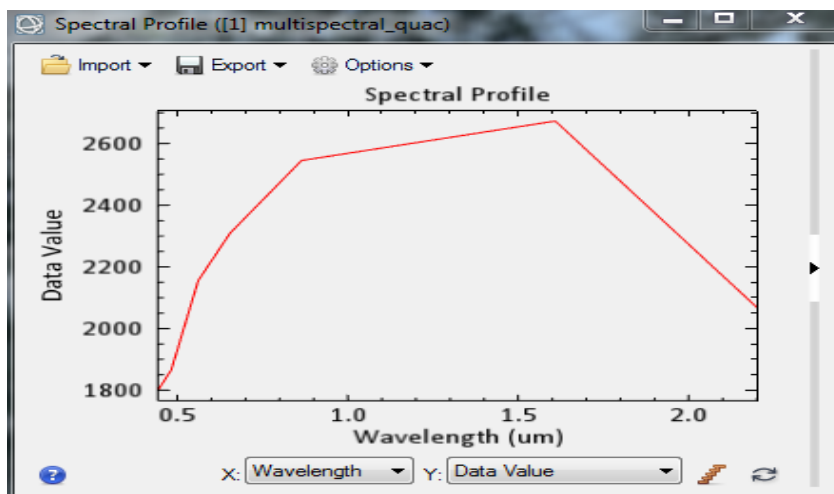
نرم افزار ENVI بر اساس نسبت جذب و بازتاب در باندهای مختلف، می تواند رفتار طیفی پدیده های موجود در تصویر را رسم نماید. در شکل های (۲-۴)، (۳-۴) و (۴-۴) رفتارهای طیفی خاک، گیاه و آب به عنوان نمونه نشان داده شده است.



شکل (۲-۴) رفتار طیفی آب



شکل (۳-۴) رفتار طیفی گیاه



شکل (۴-۴) رفتار طیفی خاک

طبق مقایسه رفتارهای طیفی موجود در کتابخانه‌های مرجع و رفتارهای طیفی شکل‌های (۲-۴)، (۴-۴) و (۳) می‌توان گفت رفتار طیفی کلاس‌های مختلف به درستی استخراج شده و تصحیح اتمسفری به شکل درستی تصحیح شده است. ولی با توجه به شکل (۳-۴) از فصل سوم که تصویر ماهواره‌ای تیره و تاریک است نیاز به انجام دوباره تصحیح با روشی دقیق‌تر می‌باشد.

۴-۲-۲- اعتبارسنجی تصحیح اتمسفری الگوریتم FLAASH

گاهی اوقات در نتایج اعتبارسنجی مشکلاتی رخ می‌دهد؛ مقادیر منفی موجود در داده‌ها باعث ایجاد خطا می‌شود. برای برطرف سازی این خطا بایستی مقادیر Riscail شوند.

Band Math یکی از امکانات این نرم‌افزار می‌باشد که تمامی محاسبات ریاضی را بر روی تصاویر پیاده‌سازی می‌کند و باعث برطرف سازی خطاهای موجود در روند کار می‌شود. پس از تکمیل پردازش‌های لازم بر روی تصاویر بار دیگر عمل اعتبارسنجی صورت گرفته و از صحت نهایی کار اطمینان حاصل شده است.

طبق بررسی اعتبارسنجی صورت گرفته رنج مقادیر کوچک‌تر شده است. اثر Scail factor یا همان اعمال ضریب ۰/۱ صورت گرفته بر روی تمامی داده‌ها در الگوریتم FLAASH باعث قرارگیری رنج مقادیر بین ۰ و ۱ شده است در این حالت تحلیل و تفسیر تصاویر راحت‌تر صورت گرفته و از طرفی محاسبات بعدی انجام شده بر روی تصاویر کمتر با مشکل مواجه می‌شود. در نهایت تصحیحات اتمسفری به درستی بر روی تصاویر صورت گرفت.

۴-۲-۳- بررسی کیفیت و کمیت تصویر پس از عمل تلفیق داده‌ها (Fusion)

در این قسمت به بررسی صحت روند کار تلفیق داده‌ها پرداخته شده است. بررسی کیفیت تلفیق داده‌ها به دو صورت کمی و کیفی صورت گرفته است.

در ابتدا روش کمی مورد بررسی قرار گرفته است. در این روش نرم‌افزار پارامتر Spectral Quality Indices که یک پارامتر آماری می‌باشد را محاسبه می‌کند در این پارامتر نتیجه Fusie شده با تصویر قبلی مقایسه شده و کیفیت تصویر خروجی با توجه به تصویر اولیه برآورد گردیده و از لحاظ کیفیت طیفی بازه‌ای برای هر یک از باندها اختصاص داده است؛ این بازه بین ۰ تا ۱ متغیر می‌باشد هرچه عدد به یک نزدیک‌تر باشد کیفیت طیفی از لحاظ کمی بهتر بوده و باند اطلاعات طیفی بیشتری را حفظ کرده است و بلعکس. شکل (۴-۵) جدول اعداد اختصاص داده شده به هر باند را نمایش می‌دهد.

Spectral Quality Indices	
	Index
Band 1	0.9324
Band 2	0.9290
Band 3	0.9233
Band 4	0.9141
Band 5	0.9941
Band 6	0.9231

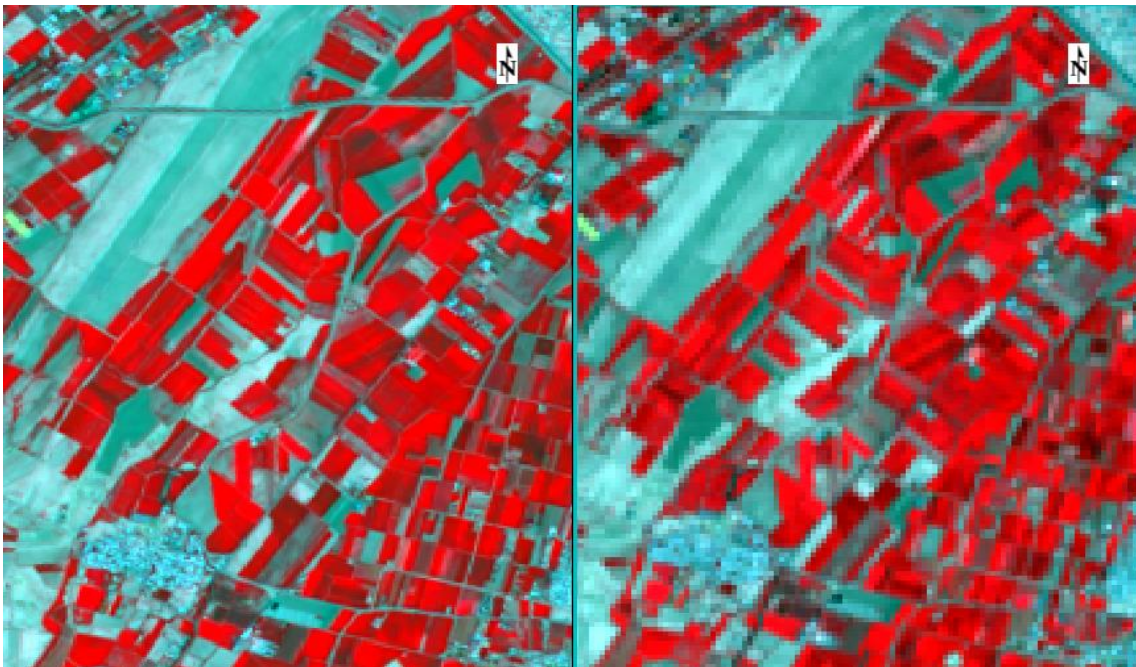
Compute Indices

شکل (۴-۵) کیفیت طیفی هر باند

همان طور که در جدول شکل (۴-۵) قابل مشاهده است رنج مقادیر همه باندها بین ۰/۹ و ۱ می باشد که این نشان از صحت بالای عمل تلفیق داده از لحاظ کمی بوده است.

پس از بررسی صحت سنجی به روش کمی روش کیفی که دقیق ترین و قدرتمندترین روش اعتبارسنجی می باشد مورد بررسی قرار گرفته است. اعتبارسنجی تصویر به لحاظ کیفی از مقایسه تصویر اولیه و تصویری که بر روی آن عمل تلفیق صورت گرفته می باشد.

همانطور که در دو تصویر موجود در شکل (۴-۶) مشاهده می شود به وضوح مشخص می باشد که پیکسل های مخلوط و درهم از بین رفته و تصویر از لحاظ موقعیت مکانی خیلی واضح تر شده است.



شکل (۴-۶) مقایسه تصویر قبل و بعد از عمل تلفیق داده ها

۴-۲-۴- اعتبارسنجی تصویر بعد از محاسبه شاخص NDVI

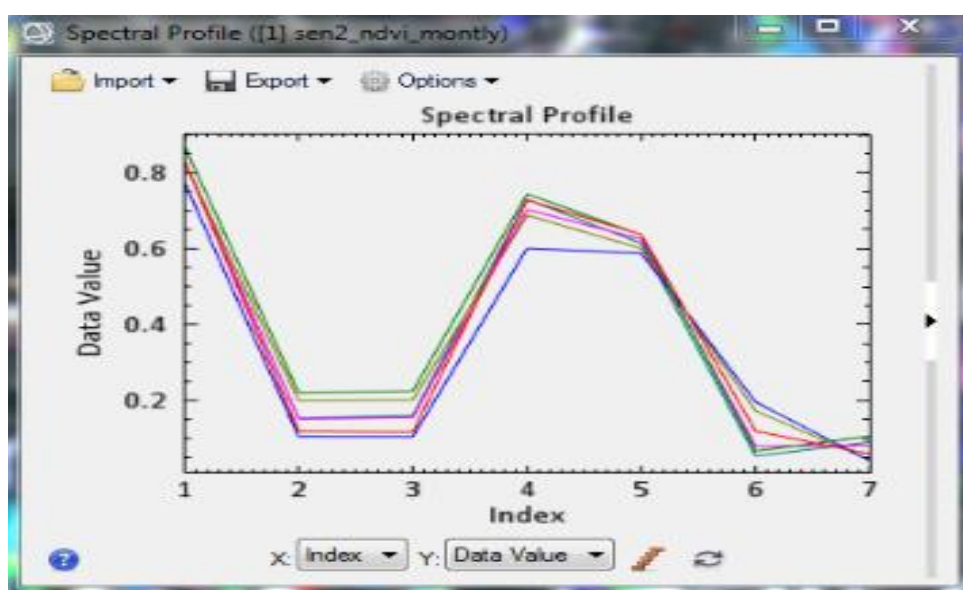
پس از پردازش های صورت گرفته در این قسمت، تصاویر مورد ارزیابی قرار گرفته است و رنج مقادیر بین ۱- تا ۱ می باشد و این نشان از پردازش درست تصویر می باشد.

۴-۲-۵- طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

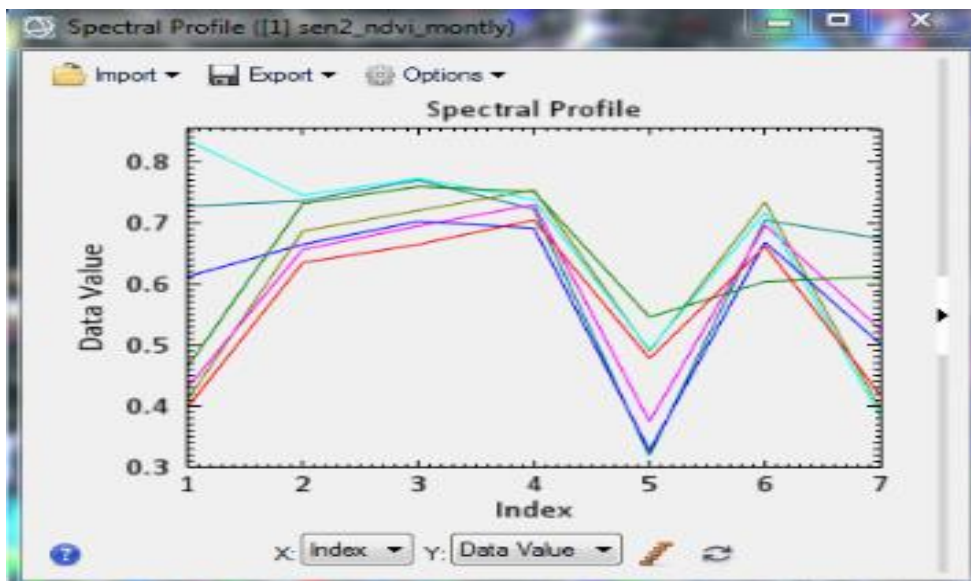
پس از انجام تمامی مراحل گفته شده در فصل سوم و اعتبارسنجی کردن هر کدام از مراحل، حال تصاویر جهت انجام مرحله طبقه‌بندی آماده می‌باشند.

تمام تصاویر تصحیح شده هم‌زمان در نرم‌افزار فراخوانی شده و عمل یکسان‌سازی بر روی آن‌ها صورت گرفته است؛ سپس تصاویر بر حسب ماه‌های میلادی مرتب گردید. پس از محاسبه NDVI ماهانه برای تمامی تصاویر موجود، بر اساس جدول کشت (۳-۳) که در فصل سوم به آن اشاره شده است سه ماه از ماه‌هایی که گیاه در اوج سبزی‌نگی قرار دارد انتخاب شده است؛ تصاویر انتخاب شده مربوط به ماه‌های اردیبهشت و تیر و شهریور، در سیستم‌رنگی که در قسمت مواد و روش‌ها توضیحات مختصری درباره آن داده شده قرار گرفته‌اند. بر اثر اختلاف پوشش‌های گیاهی موجود در این سه ماه عمل تفکیک انجام شده است.

طبق نمودار حاصله از پوشش‌های گیاهی موجود در ترکیب سه تصویر انتخاب شده داخل سیستم رنگ RGB، شاخص‌های NDVI که معمولاً بزرگتر از ۰/۳ می‌باشند شامل پوشش‌های گیاهی هستند که به معنای واقعی در منطقه وجود دارند و تراکم نسبتاً بیشتری نسبت به مراتع دارند. از طرفی هر ماه که میزان NDVI بیشتر داشته باشد پوشش گیاهی رشد بهتری نسبت به ماهی که مقدار NDVI پایین‌تر بوده خواهد داشت. به نوعی چنین تغییری را می‌توان به چرخه فنولوژی گیاه بر اساس زمان‌هایی که تصویر وجود دارد نسبت داد. چرخه فنولوژی گیاه در نقاط مختلف منطقه مطالعاتی توسط نرم‌افزار نمونه‌برداری گردید. تصاویر (۴-۷) و (۴-۸) به ترتیب چرخه فنولوژی گیاه گندم و باغات در نقاط مختلف را نشان می‌دهد.



شکل (۴-۷) رفتار طیفی گیاه گندم در نقاط مختلف



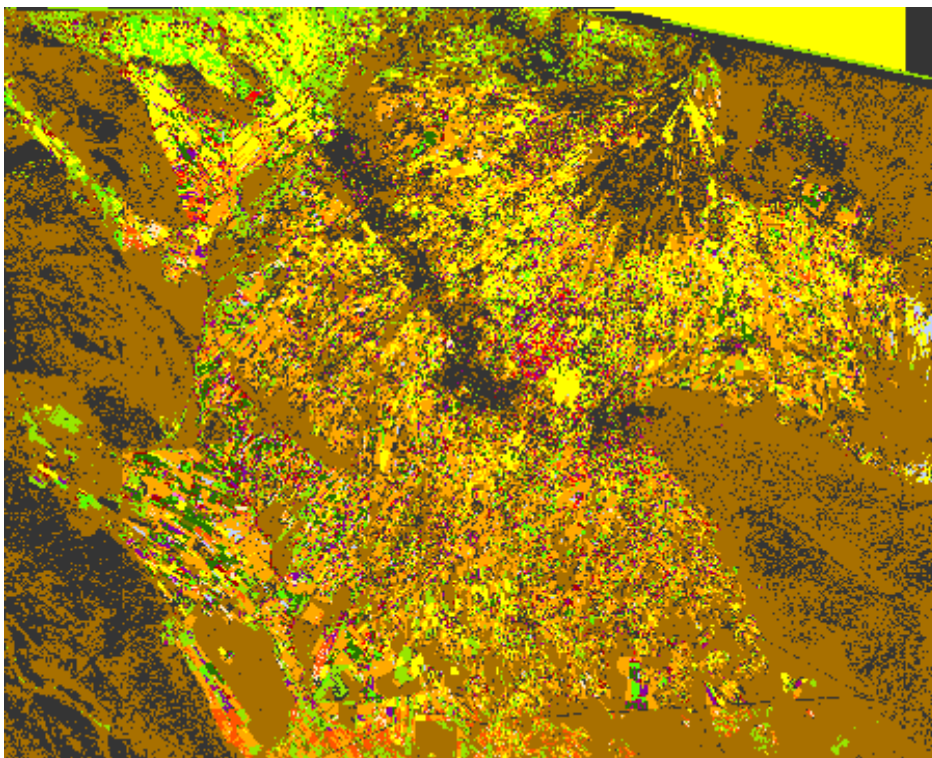
شکل (۴-۸) رفتار طیفی باغات در مناطق مختلف

در نمودارهای بالا چرخه فنولوژی دو محصول به صورت نمونه نمایش داده شده است. همان طور که قابل مشاهده است برای پوشش‌های گیاهی متفاوت رفتارهای طیفی متفاوتی وجود دارد و این بدین معناست که چرخه فنولوژیکی متفاوتی برای گیاهان مختلف وجود دارد به عبارت دیگر می‌توان گفت کشت دیم، آبی و باغات هر کدام از چرخه خاصی پیروی می‌کنند که این در تفکیک گیاهان مختلف از یکدیگر کمک بزرگی محسوب می‌شود.

پس از انتخاب ترکیب باندی مناسب برای تشخیص بهتر و انتخاب سه ماه مذکور در نرم‌افزار تصویر حاصله پوشش‌های گیاهی در زمین‌های کشاورزی با رنگ‌های مختلف قابل مشاهده است.

جهت تفکیک ترکیبات رنگی از یکدیگر و ارتباط هر یک از این چرخه‌های فنولوژیکی به محصول زراعی مربوطه نیاز به اطلاعات زمینی یا جدول کشت (Crop calendar) می‌باشد که این اطلاعات زمینی توسط دستگاه GPS و پرسشنامه‌های تکمیلی از کشاورزان منطقه بدست آمده است.

اکنون با استفاده از تصویر ایجاد شده از سیستم‌های رنگی و نقاط GPS که به صورت بازدید میدانی انجام گرفته است. به کمک یکی از بهترین روش‌های طبقه‌بندی که Support vector mashin (SVM) نام دارد فرآیند کلاس‌بندی انجام گرفته و شکل (۴-۹) تصویر طبقه‌بندی شده می‌باشد.



شکل (۴-۹) تصویر ماهواره ای طبقه بندی شده

۴-۲-۶- اعتبارسنجی طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

پس از استخراج اطلاعات حاصله از فرایند طبقه‌بندی، در این مرحله اطلاعاتی که در مرحله قبل تولید شده مورد اعتبارسنجی (Validation) قرار گرفته است؛ به عبارت دیگر عملیات‌های صورت گرفته جهت تهیه نقشه کاربری اراضی از چه دقتی برخوردار می‌باشد.

این فاز از اهمیت بالایی برخوردار است چرا که مشخص کننده مورد تأیید واقع شدن کل مراحل که تا کنون انجام گرفته می‌باشد. پس می‌توان گفت برآورد دقت برای درک نتایج به دست آمده و به کار بردن این نتایج برای تصمیم‌گیری حائز اهمیت می‌باشد.

معمول‌ترین متغیرهای برآورد دقت شامل؛ دقت کلی، دقت تولید کننده، دقت کاربر و ضریب کاپا می‌باشد. از نظر تئوری احتمالات، دقت کلی نمی‌تواند به تنهایی معیار خوبی برای ارزیابی نتایج طبقه‌بندی باشد چرا که در این شاخص نقش شانس مورد توجه می‌باشد. در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد نیاز است از ضریب کاپا استفاده می‌شود. در ادامه ضریب کاپا و دقت کلی مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

صحت کلی، به عنوان معیار ارزش گذاری صحت طبقه‌بندی محسوب می‌شود. یکی از محدودیت‌های لازم به ذکر صحت کلی، پیکسل‌هایی که به خطا به طبقه‌ای اختصاص یافته‌اند و پیکسل‌هایی که به عنوان طبقه واقعی خود طبقه‌بندی نشده‌اند را در محاسبات لحاظ نمی‌کند.

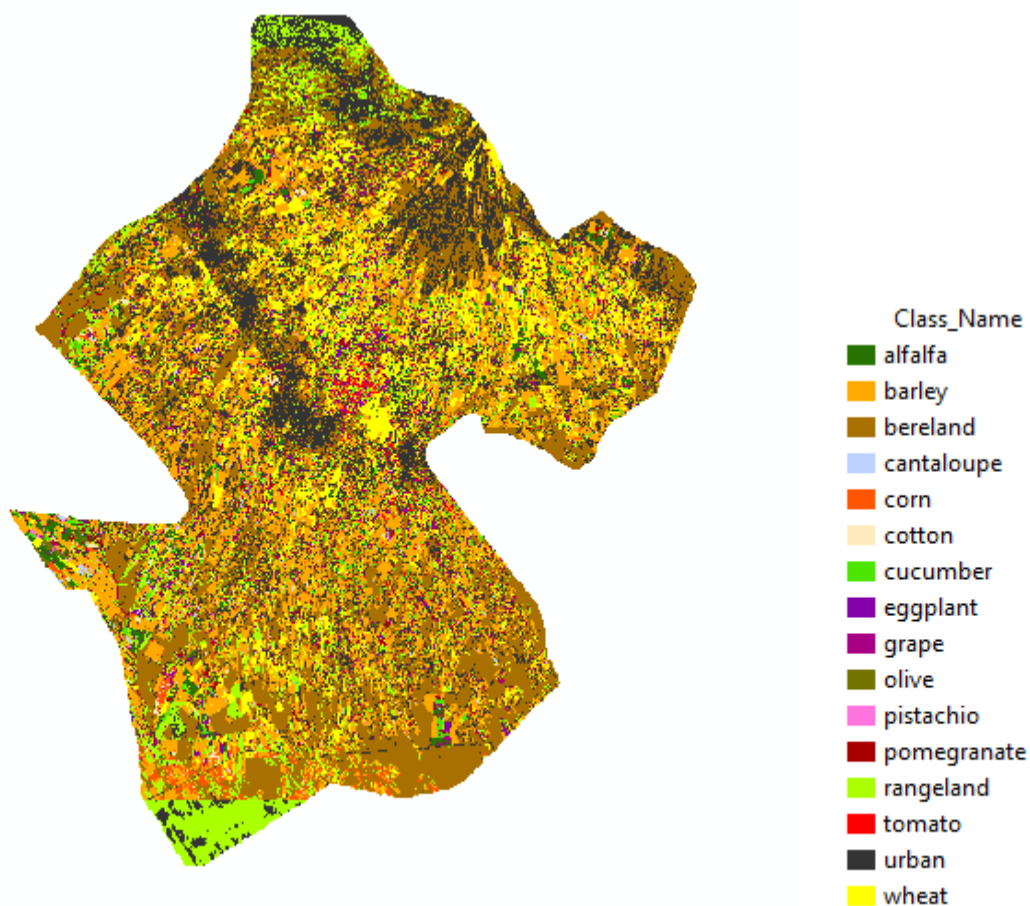
ضریب کاپا نیز مانند صحت کلی معیار تعیین صحت کل می‌باشد، ضریب کاپا در مقایسه با دقت کلی از اعتبار بیشتری برخوردار است؛ زیرا پیکسل‌هایی که به غلط طبقه‌بندی شده را نیز در اعتبارسنجی شرکت می‌دهد. مقدار ضریب کاپا بازه‌ای بین ۰ تا ۱ می‌باشد هرچقدر به ۱ نزدیک تر دقت کار بالاتر بوده و بر عکس هرچقدر به صفر نزدیک تر نتیجه کار از دقت پایین‌تری برخوردار است. در این ضرایب خطاهای کاهش و افزایش دخالت داده می‌شوند. از این رو معیار مناسبی برای مقایسه نتایج طبقه‌بندی‌های مختلف می‌باشد. برای نقشه طبقه‌بندی شده، ضریب کاپا و صحت کلی مورد محاسبه قرار گرفته است. در جدول (۱-۴) نتایج حاصله از اعتبارسنجی قابل مشاهده می‌باشد.

بنابراین طبق بررسی‌های حاصله از جدول ماتریس خطاها ضریب کاپا و صحت کلی برای نقشه طبقه‌بندی شده به روش SVM به ترتیب ۰/۸۹۸۰ و ۹۱/۸۱۳۴ درصد برآورد گردید.

جدول (۱-۴) میزان صحت کلی و ضریب کاپا

Overall Accuracy = (64848/70631) 91.8124%
Kappa Coefficient = 0.8980

در نهایت تصویر طبقه‌بندی شده بدست آمده از تمامی تصحیحات و پردازشات داخل نرم‌افزار GIS برده شده و دور حوزه دشت ورامین بر روی تصویر مشخص شده و برش خورده است. اکنون نقشه دقیق کاربری اراضی دشت ورامین حاصل شده و می‌توان آن را در شکل (۴-۱۰) مشاهده کرد.



شکل (۴-۱۰) نقشه کاربری اراضی دشت ورامین

حال سطح زیر کشت تمامی محصولات زراعی، باغات و مناطق غیر زراعی که شامل زمین‌های بایر، مرتع و ساختمان می‌باشد در دسترس است.

۳-۴- میزان سطح زیر کشت محصولات

با توجه به نقشه کاربری اراضی بدست آمده از دشت ورامین در قسمت بالا سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی قابل محاسبه می‌باشد. با صرف نظر از محصولات خرد منطقه و در نظر گرفتن محصولات کلان و اصلی دشت ورامین، محاسبات بر روی عمده محصولات منطقه انجام گرفته است. میزان سطح زیر کشت این محصولات در جدول (۲-۴) گردآوری شده است.

جدول (۲-۴) میزان سطح زیر کشت محصولات در دشت ورامین

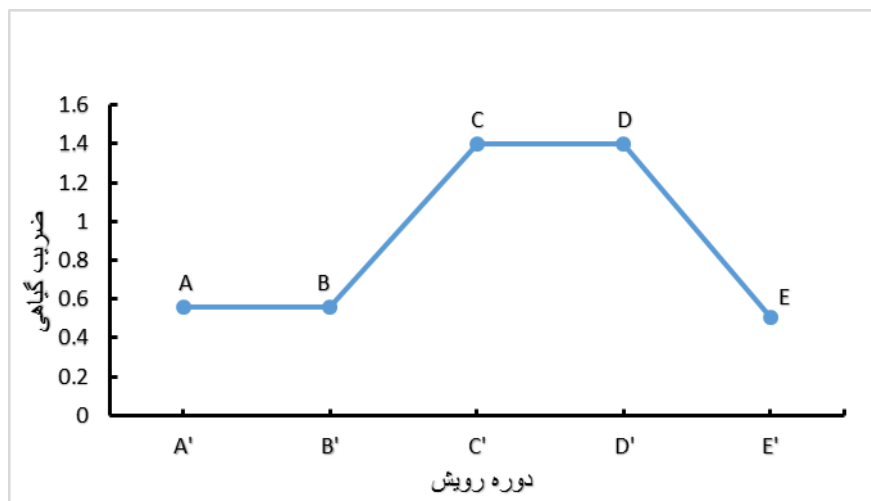
اسم محصول	مساحت (ha)	اسم محصول	مساحت (ha)
پسته	۳۸۰۰	بادمجان	۹۵۰
انار	۳۰	ذرت	۶۵۰۰
انگور	۳۰۰	خیار	۴۳۰
زیتون	۳۵	طالبی	۷۵۰
یونجه	۲۰۰۰	گندم	۱۱۵۰۰
پنبه	۴۷۵	جو	۱۲۷۰۰
گوجه فرنگی	۴۵۰	-	
جمع	۳۹۹۲۰	جمع	۳۹۹۲۰

با توجه به اطلاعات موجود در جدول (۲-۴) محصولات گندم و جو بیشترین سطح زیر کشت را در بر گرفته‌اند و به عبارتی می‌توان گفت عمده محصولات این منطقه می‌باشند.

۴-۴- محاسبه نیاز آبی محصولات

طبق فرمول‌ها و اطلاعات هواشناسی ذکر شده در فصل سوم میزان تبخیر تعرق مرجع (ET_0) هر محصول، بر اساس آن بازده زمانی در طول دوره رشد هر محصول که بیشترین میزان آب را مصرف کرده یعنی همان دوره میانی رشد، محاسبه گردید.

سپس بر اساس جدول ضرایب (K_c) هر محصول و با توجه به فرمول‌های موجود در فصل مواد و روش‌ها به تصحیح میزان K_c پرداخته شده است. برای تمامی محصولات نمودار روند رشد رسم شده است. شکل (۴-۱۱) به عنوان نمونه برای محصول گندم رسم شده است.



شکل (۴-۱۱) نمودار تشریحی برای رسم منحنی تغییرات ضریب گیاهی در طول دوره رشد محصول گندم

A = ابتدای رشد ، AB = دوره اولیه رشد ، BC = دوره رشد سریع ، CD = دوره میانی رشد

DE = دوره افول رشد ، E = پایان رشد

کارشناسان سازمان FAO بیان کردند که این چهار قطعه خط با منحنی واقعی ضریب گیاهی بسیار مطابقت دارند. با داشتن این منحنی که محور افقی آن روزهای دوره رشد می باشد می توان به ازاء هر روز ضریب گیاهی (K_C) را به دست آورده و در ET_0 مربوط به آن روز ضرب کرده و مقدار تبخیر - تعرق گیاه مورد نظر (ET_{crop}) بدست آید.

بدین ترتیب ابتدا تبخیر - تعرق مرجع (ET_0) محاسبه گردید و سپس با استفاده از منحنی تغییرات نسبت به دوره رشد که در جدول (۳-۴) و به عنوان نمونه برای محصول گندم نمایش داده شده مقدار K_C برای زمان مورد نظر انتخاب گردید و با ضرب آن در تبخیر - تعرق مرجع، نیاز آبی گیاه به صورت پتانسیل محاسبه گردید.

با توجه به نمودار هر محصول و تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0) بدست آمده طبق فرمول موجود میزان نیاز آبی محصولات (ET_{crop}) محاسبه گردیده است. در جدول (۳-۴) میزان تبخیر تعرق مرجع (ET_0) و ضریب گیاهی (K_C) و در نهایت نیاز آبی محصولات مختلف (ET_{crop}) ارائه شده است.

جدول (۳-۴) میزان نیاز آبی محصولات بر حسب (m^3/ha)

نام محصول	تبخیر-تعرق مرجع (mm/day)	ضریب گیاهی	نیاز آبی محصول (m^3/ha)
پسته	۷۹۴۸/۳	۱/۵۵	۱۲۳۲۰
انار	۷۰۴۹/۴	۱/۶۲	۱۱۴۲۰
زیتون	۹۱۲۱/۹	۱/۲۳	۱۱۲۲۰
یونجه	۷۶۶۴/۳	۱/۴۳	۱۰۹۶۰
پنبه	۶۶۹۵/۰	۱/۴۱	۹۴۴۰
گوجه‌فرنگی	۵۹۱۹/۴	۱/۴۹	۸۸۲۰
بادمجان	۶۴۶۶/۶	۱/۳۵	۸۷۳۰
ذرت	۵۰۱۳/۲	۱/۵۱	۷۵۷۰
انگور	۵۱۸۹/۶	۱/۱۶	۶۰۲۰
طالبی	۴۴۱۲/۲	۱/۳۱	۵۷۸۰
خیار	۴۶۱۲/۹	۱/۲۴	۵۷۲۰
گندم	۳۳۹۲/۸	۱/۴۰	۴۷۵۰
جو	۲۸۹۲/۷	۱/۴۰	۴۰۵۰

همان‌طور که در جدول (۳-۴) قابل مشاهده است محصولات پسته، انار، زیتون، یونجه و پنبه بیشترین نیاز آبی و محصولاتی نظیر طالبی، خیار، گندم و جو کمترین نیاز آبی را به خود اختصاص داده‌اند. از طرفی با توجه به جدول (۲-۴) می‌توان گفت محصولاتی که نیاز آبی بیشتری دارند سطح زیر کشت کمتری را به خود اختصاص داده‌اند. قابل ذکر است که کشاورزان خودشان به صورت تجربی محصولات با نیاز آبی کمتر را با سطح زیر کشت بالا کاشته‌اند.

۴-۵- محاسبه آب مجازی

طبق تعاریف و فرمول که در فصل سوم به آن ذکر شده است. آب مجازی هر محصول به نیاز آبی و عملکرد همان محصول بستگی دارد. میزان نیاز آبی هر گیاه قبلاً محاسبه شده و میزان عملکرد هر محصول نیز از سازمان جهاد کشاورزی منطقه ورامین تهیه شده است به کمک این دو پارامتر میزان آب مجازی برای هر محصول محاسبه شده و در جدول (۴-۴) گردآوری شده است.

جدول (۴-۴) میزان آب مجازی محصولات برحسب (m^3/ton)

نام محصول	عملکرد (ton/ha)	نیاز آبی محصول (m^3/ha)	آب مجازی (m^3/ton)
پسته	۲	۱۲۳۲۰	۶۱۶۰
انار	۳	۱۱۴۲۰	۵۷۱۰
پنبه	۲	۹۴۴۰	۴۷۲۰
زیتون	۲	۱۱۲۲۰	۲۶۱۰
انگور	۲	۶۰۲۰	۲۰۰۶/۶
جو	۴	۴۰۵۰	۱۰۱۲/۵
گندم	۵	۴۷۵۰	۹۵۰
یونجه	۱۸	۱۰۹۶۰	۶۰۸/۸
بادمجان	۲۰	۸۷۳۰	۴۳۶/۵
خیار	۱۵	۵۷۲۰	۳۸۱/۳
گوجه‌فرنگی	۴۵	۸۸۲۰	۱۹۶
ذرت	۷۰	۷۵۷۰	۱۰۸/۱
طالبی	۶۰	۵۷۸۰	۹۶/۳

طبق تعریف آب مجازی و همان‌طور که در جدول (۴-۴) قابل مشاهده می‌باشد محصولات پسته، انار، پنبه، زیتون، انگور و جو آب مجازی بیشتری مصرف می‌کنند و از طرفی قابل ذکر است که محصولاتی که نیاز آبی بیشتری مصرف می‌کنند با محصولاتی که آب مجازی بیشتری مصرف می‌کنند یکی نمی‌باشند، چرا که در برآورد آب مجازی عملکرد محصولات تأثیر گذار بوده و همین امر باعث ایجاد این تفاوت شده است. این مسئله امری ضروری است چرا که علاوه بر مصرف آب کمتر بازده بیشتر محصولات نیز مطرح و حائز اهمیت می‌باشد.

۴-۶- تعریف سناریوها

هدف از انجام این تحقیق و تعریف سناریوها کمینه کردن آب مصرفی می‌باشد ولی از آنجایی که درآمد بسیاری از ساکنین منطقه مورد مطالعه به کشاورزی وابسته می‌باشد. در نتیجه سود کشاورزان منطقه نیز در محاسبات و عملیات مورد بررسی قرار گرفته است، در نهایت بایستی الگویی برای منطقه تعیین گردد که هم آب کمتری مصرف شود و هم اینکه سود کشاورزان افزایش یابد تا بتوان الگوی تعیین شده را به راحتی در منطقه پیاده سازی کرد.

- کاهش مقدار ۱۰٪ از سطح زیر کشت سه محصول اول با بیشترین میزان آب مصرفی و افزایش آن مقدار به سطح زیر کشت سایر محصولات با نیاز آبی کمتر که به دسته‌های سه‌تایی تقسیم شده‌اند.
- کاهش مقدار ۲۰٪ از سطح زیر کشت سه محصول اول با بیشترین میزان آب مصرفی و افزایش آن مقدار به سطح زیر کشت سایر محصولات با نیاز آبی کمتر که به دسته‌های سه‌تایی تقسیم شده‌اند.
- کاهش مقدار ۳۰٪ از سطح زیر کشت سه محصول اول با بیشترین میزان آب مصرفی و افزایش آن مقدار به سطح زیر کشت سایر محصولات با نیاز آبی کمتر که به دسته‌های سه‌تایی تقسیم شده‌اند.
- کاهش مقدار ۱۰٪، ۲۰ و ۳۰٪ از سطح زیر کشت سه محصول اول با بیشترین میزان آب مجازی و افزایش آن مقدار به سطح زیر کشت سایر محصولات با آب مجازی کمتر که به دسته‌های سه‌تایی تقسیم شده‌اند.
- تقسیم تمامی محصولات به دسته‌های سه‌تایی و کاهش میزان ۱۰٪، ۲۰ و ۳۰٪ سطح زیر کشت محصولات با آب مجازی بیشتر و افزایش آن به دسته بعدی با میزان مصرف آب مجازی کمتر.
- تقسیم محصولات به دسته‌های سه‌تایی بر اساس میزان آب مجازی مصرف شده و کاهش ۱۰٪، ۲۰ و ۳۰٪ سطح زیر کشت هر کدام از این دسته‌ها و افزایش آن به سه محصول نهایی با کمترین میزان مصرف آب مجازی.

در نهایت سناریوهای تغییر الگوی بهینه کشت بر اساس آب مجازی و نیاز آبی تعریف گردیدند. بررسی سناریوها بر مبنای کاهش سطح زیر کشت محصولات پر مصرف و افزودن این سطح زیر کشت به محصولات کم مصرف با میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد تعریف شدند. جهت دستیابی به نتایج مطلوب‌تر سناریوها در دسته‌های پنج‌تایی نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. انتخاب سناریوی برتر بر اساس کمینه کردن آب مصرفی و بیشینه کردن سود کشاورزان منطقه صورت گرفت.

۴-۷- نتایج عملیات برای هر سناریو

ابتدا تمامی سناریوهای تعریف شده با توجه به نیاز آبی محصولات بررسی شده است و پس از اتمام بررسی‌های صورت گرفته میزان آب مصرفی سالانه بر حسب نیاز آبی و سود کشاورزان توسط فرمول‌های گفته شده در فصل سوم محاسبه شده است. سپس با توجه به نتایج بدست آمده تمامی سناریوهای تعریف شده بر اساس آب مجازی نیز مورد ارزیابی قرار گرفت؛ میزان آب مجازی و سود کشاورزان نیز توسط فرمول‌های ذکر شده محاسبه گردید.

۴-۷-۱- بررسی سناریوها با توجه به نیاز آبی

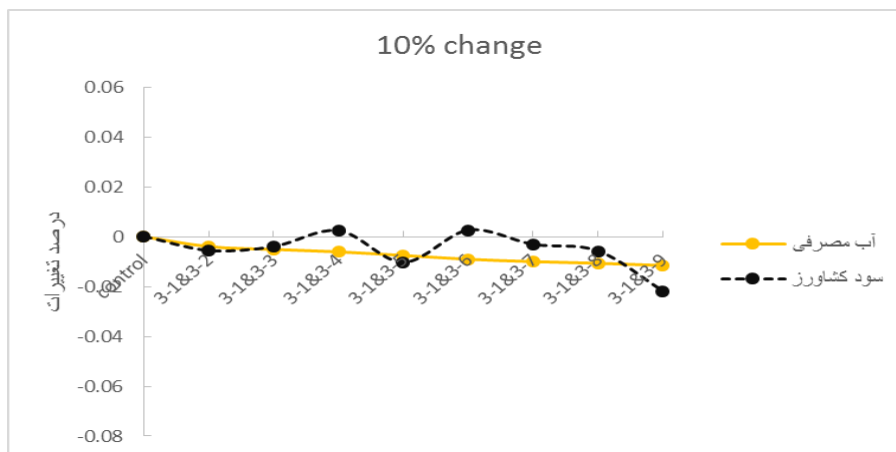
سه سناریو تعریف شده اول به ترتیب با در نظرگیری ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد تغییرات سطح زیر کشت محصولات در دو سری دسته‌های سه‌تایی و پنج‌تایی با توجه به میزان نیاز آبی محصولات بررسی شده است.

۴-۷-۱-۱- تغییرات کاربری اراضی در دسته‌های سه‌تایی

در این سناریو از سطح زیر کشت سه محصول اول با بیشترین میزان نیاز آبی مقدار ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد کم شده و به دیگر محصولات با نیاز آبی کمتر به صورت دسته‌های سه‌تایی اضافه شده است. جداول (۴-۵)، (۴-۶)، (۴-۷) و شکل‌های (۴-۱۲)، (۴-۱۳)، (۴-۱۴) نتایج سناریوی اول تا سوم با توجه به بررسی‌های صورت گرفته براساس نیاز آبی در دسته‌های سه‌تایی را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۵) میزان نیازآبی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت

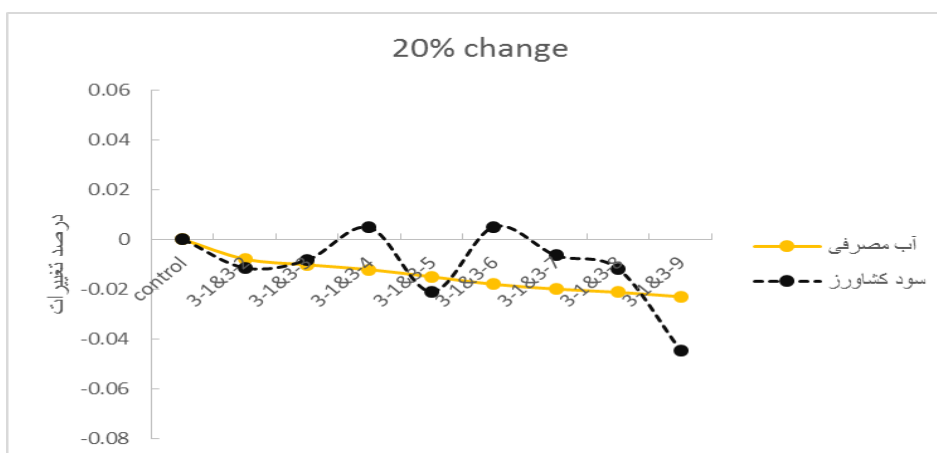
سناریو اول	سناریو اول	نیاز آبی	سود کشاورز
حالت کنونی	حالت کنونی	250083400	5978695982
پسته، انار، زیتون کاسته به یونجه، پنبه، گوجه‌فرنگی افزوده	3-1&3-2	249092780	5945678656
پسته، انار، زیتون کاسته به پنبه، گوجه‌فرنگی، بادمجان افزوده	3-1&3-3	248805481	5954827315
پسته، انار، زیتون کاسته به گوجه‌فرنگی، بارمجان، ذرت افزوده	3-1&3-4	248564563	5992217633
پسته، انار، زیتون کاسته به بادمجان، ذرت، انگور افزوده	3-1&3-5	248203830	5918257465
پسته، انار، زیتون کاسته به ذرت، انگور، طالبی افزوده	3-1&3-6	247823771	5993135223
پسته، انار، زیتون کاسته به انگور، طالبی، خیار افزوده	3-1&3-7	247585430	5960086563
پسته، انار، زیتون کاسته به طالبی، خیار، گندم افزوده	3-1&3-8	247421811	5944609056
پسته، انار، زیتون کاسته به خیار، گندم، جو افزوده	3-1&3-9	247198930	5851004590



شکل (۴-۱۲) روند تغییرات میزان آب مصرفی و سود کشاورز با ۱۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

جدول (۴-۶) میزان نیازآبی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت

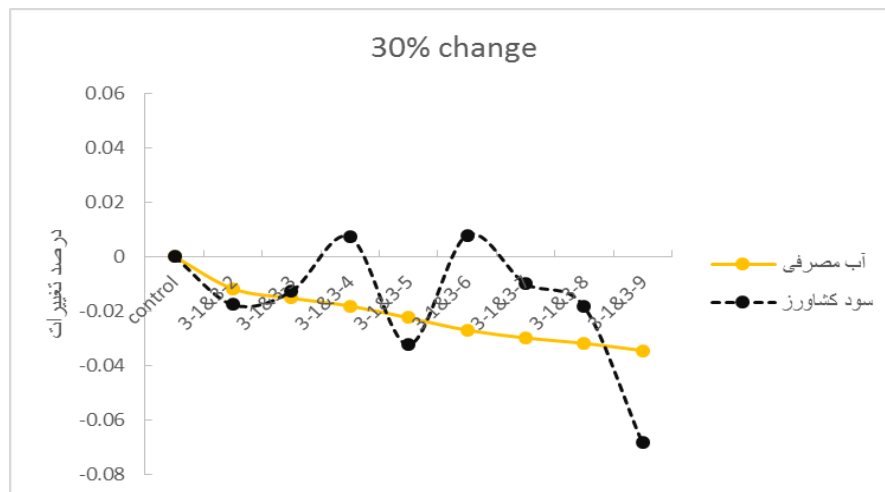
سناریو اول	سناریو اول	نیازآبی	سود کشاورز
حالت کنونی	حالت کنونی	250083400	5978695982
پسته، انار، زیتون کاسته به پنبه، گوجه‌فرنگی افزوده	3-1&3-2	248102160	5912661330
پسته، انار، زیتون کاسته به پنبه، گوجه‌فرنگی، بادمجان افزوده	3-1&3-3	247527563	5930958649
پسته، انار، زیتون کاسته به گوجه‌فرنگی، بارمجان، ذرت افزوده	3-1&3-4	247045726	6005739285
پسته، انار، زیتون کاسته به بادمجان، ذرت، انگور افزوده	3-1&3-5	246324260	5857818948
پسته، انار، زیتون کاسته به ذرت، انگور، طالبی افزوده	3-1&3-6	245564143	6007574464
پسته، انار، زیتون کاسته به انگور، طالبی، خیار افزوده	3-1&3-7	245087460	5941477144
پسته، انار، زیتون کاسته به طالبی، خیار، گندم افزوده	3-1&3-8	244760223	5910522131
پسته، انار، زیتون کاسته به خیار، گندم، جو افزوده	3-1&3-9	244314460	5723313198



شکل (۴-۱۳) روند تغییرات میزان آب مصرفی و سود کشاورز با ۲۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

جدول (۷-۴) میزان نیازآبی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت

سناریو اول	سناریو اول	نیاز آبی	سود کشاورز
حالت کنونی	حالت کنونی	250083400	5978695982
پسته، انار، زیتون کاسته به یونجه، پنبه، گوجه‌فرنگی افزوده	3-1&3-2	247111540	5879644004
پسته، انار، زیتون کاسته به پنبه، گوجه‌فرنگی، بادمجان افزوده	3-1&3-3	246249645	5907089983
پسته، انار، زیتون کاسته به گوجه‌فرنگی، بارمجان، ذرت افزوده	3-1&3-4	245526890	6019260937
پسته، انار، زیتون کاسته به بادمجان، ذرت، انگور افزوده	3-1&3-5	244444690	5797380431
پسته، انار، زیتون کاسته به ذرت، انگور، طالبی افزوده	3-1&3-6	243304515	6022013705
پسته، انار، زیتون کاسته به انگور، طالبی، خیار افزوده	3-1&3-7	242589490	5922867725
پسته، انار، زیتون کاسته به طالبی، خیار، گندم افزوده	3-1&3-8	242098635	5876435206
پسته، انار، زیتون کاسته به خیار، گندم، جو افزوده	3-1&3-9	241429990	5595621806



شکل (۱۴-۴) روند تغییرات میزان آب مصرفی و سود کشاورز با ۳۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

همان‌طور که در جداول (۵-۴)، (۶-۴)، (۷-۴) و شکل‌های (۱۲-۴)، (۱۳-۴)، (۱۴-۴) قابل مشاهده است، سناریوی مورد مطالعه در دسته‌های سه‌تایی باعث کاهش میزان آب مصرفی سالانه شده است. با این وجود با کاهش میزان آب مصرفی، سود کشاورزان منطقه روند مشخصی نداشته و در اکثر حالت‌های مورد بررسی کاهش یافته است.

در حالت 3-1&3-4 همراه با کاهش نیاز آبی، سود در سه سناریو تغییرات سطح زیر کشت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب به میزان بسیار ناچیز ۰/۲۲، ۰/۴۵ و ۰/۶۷ درصد افزایش داشته است و حالت 3-1&3-6 نیز سود در تغییرات ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب ۰/۲۴، ۰/۴۸ و ۰/۷۲ درصد افزایش یافته است. در نتیجه به نظر می‌رسد تغییر کاربری با توجه به نیاز آبی صرفه اقتصادی نداشته و همین امر باعث می‌شود که احتمالاً اجرای این پروژه توسط کشاورزان منطقه مورد استقبال واقع نشود. در واقع

تغییرات سطح زیر کشت محصولاتی که نیاز آبی زیادی مصرف می‌کنند با توجه به این سناریو فقط از نظر منابع طبیعی و ذخایر آب مورد تأیید بوده و برای ساکنین این منطقه که اکثر درآمد آن‌ها از کشاورزی می‌باشد به صرفه نیست.

۴-۷-۱-۲- تغییرات کاربری اراضی در دسته‌های پنج‌تایی

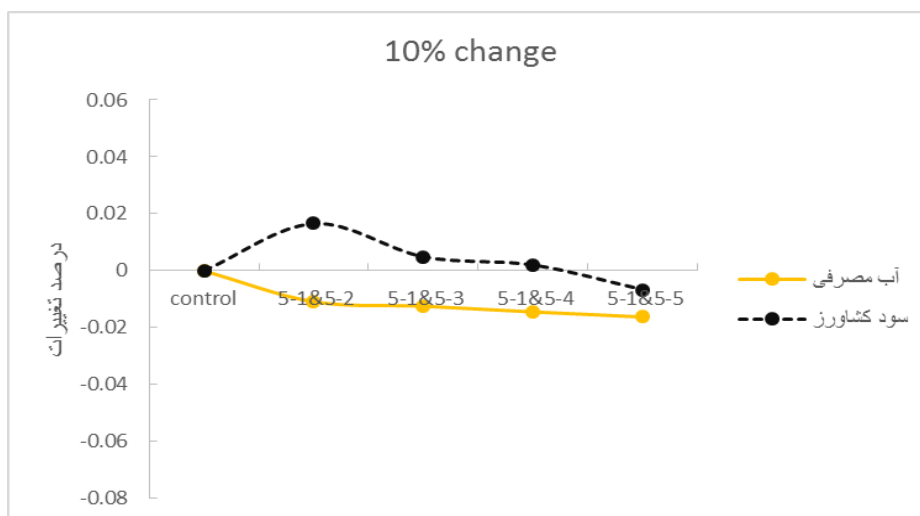
در این سناریو از سطح زیر کشت پنج محصول اول با بیشترین میزان نیاز آبی، مقدار ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد کم شده و به دیگر محصولات با نیاز آبی کمتر به صورت دسته‌های پنج‌تایی اضافه شده است.

جدول‌های (۴-۸)، (۴-۹)، (۴-۱۰) و شکل‌های (۴-۱۵)، (۴-۱۶)، (۴-۱۷) نتایج را برای سناریو اول تا سوم برای نیاز آبی در دسته‌های پنج‌تایی نمایش می‌دهد. در مجموع تغییرات سطح زیر کشت در دسته‌های پنج‌تایی نسبت به دسته‌های سه‌تایی باعث کاهش بیشتر نیاز آبی شده است.

جدول (۴-۸) میزان نیاز آبی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت

سناریو اول	نیاز آبی	سود کشاورز
حالت کنونی	250083400	5978695982
5-1&5-2	247369326	6077549722
5-1&5-3	246976246	6007835218
5-1&5-4	246471582	5990452178
5-1&5-5	246025246	5938565397

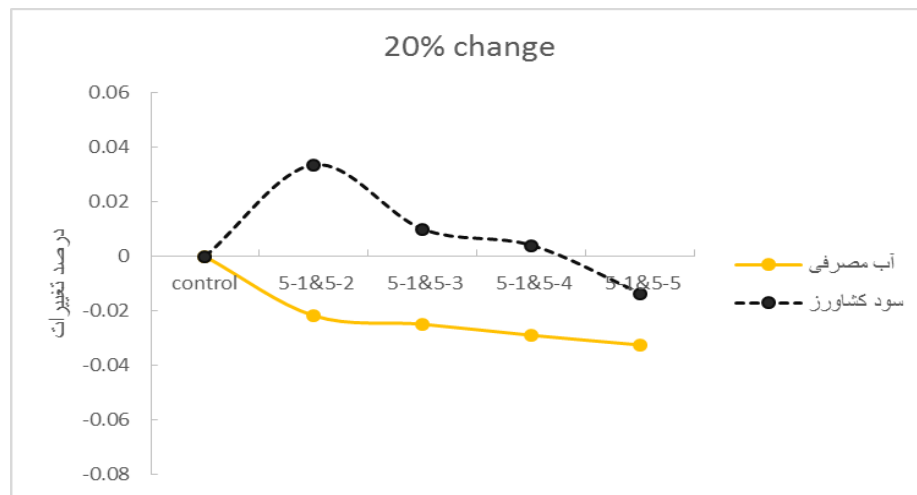
تقسیم‌بندی محصولات جداول در دسته‌های پنج‌تایی نیز همانند دسته‌های سه‌تایی می‌باشد.



شکل (۴-۱۵) روند تغییرات میزان آب مصرفی و سود کشاورز با ۱۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج‌تایی

جدول (۹-۴) میزان نیازآبی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت

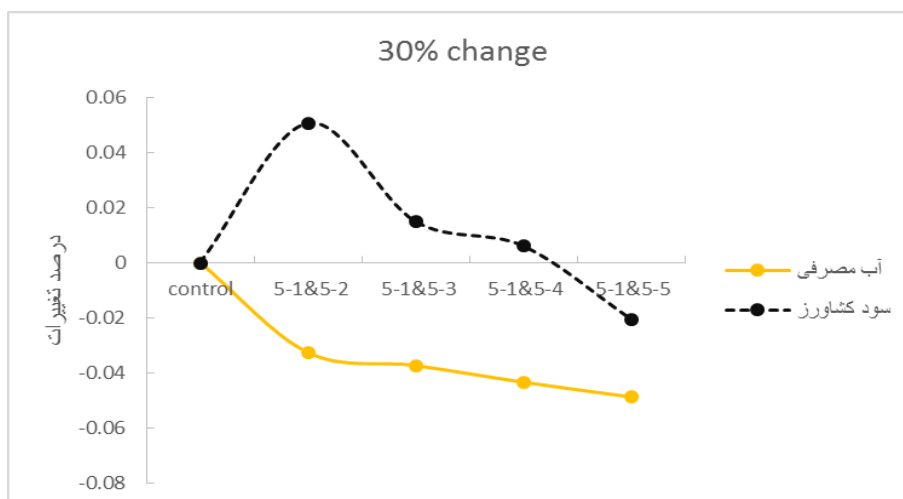
سناریو اول	نیاز آبی	سود کشاورز
حالت کنونی	250083400	5978695982
5-1&5-2	244655252	6176403462
5-1&5-3	243869092	6036974454
5-1&5-4	242859764	6002208375
5-1&5-5	241967092	5898434812



شکل (۱۶-۴) روند تغییرات میزان آب مصرفی و سود کشاورز با ۲۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج‌تایی

جدول (۱۰-۴) میزان نیازآبی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت

سناریو اول	نیاز آبی	سود کشاورز
حالت کنونی	250083400	5978695982
5-1&5-2	241941178	6275257203
5-1&5-3	240761938	6066113690
5-1&5-4	239247946	6013964572
5-1&5-5	237908938	5858304227



شکل (۴-۱۷) روند تغییرات میزان آب مصرفی و سود کشاورز با ۳۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج‌تایی

همان‌طور که در جداول و شکل‌های بالا قابل مشاهده است، در مجموع سناریوی مورد مطالعه در دسته‌های پنج‌تایی باعث کاهش میزان آب مصرفی سالانه شده است. کاهش نیاز آبی با در نظرگیری تغییرات بیش‌تر سطح زیر کشت افزایش یافته است. به گونه‌ای که تغییر ۱۰ درصد سطح زیر کشت سبب کاهش ۱ تا ۱/۶ درصدی نیاز آبی شده در حالی که تغییر ۲۰ و ۳۰ درصدی به ترتیب سبب کاهش ۲/۱ تا ۳/۲ و ۳/۲ تا ۴/۸ درصد نیاز آبی شده است. با این وجود تنها در حالت 5-1&5-2 تغییر ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی سطح زیر کشت به ترتیب سبب افزایش سود به میزان ۱/۶، ۳/۳ و ۴/۹ درصد نسبت به شرایط فعلی شده است. اما در سایر حالت‌ها با کاهش میزان آب مصرفی، سود کشاورزان افزایش چشم‌گیری نداشته است. در نتیجه می‌توان گفت تنها اجرای حالت 5-1&5-2 می‌تواند از هر دو نظر اقتصادی و زیست محیطی مورد توجه قرار گیرد.

پس می‌توان گفت نه تنها سود کشاورز رو به کاهش بوده که این امر باعث رد این سناریو از نظر اقتصادی می‌شود بلکه از نظر میزان مصرف آب نیز بازده مناسبی به همراه نداشته و تغییرات چندانی حاصل نشده است.

در مجموع به نظر می‌رسد تعریف سناریوها بر اساس نیاز آبی بازده چندانی مطلوبی نداشته است. به همین دلیل تمامی سناریوهای تعریف شده بر اساس آب مجازی نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

۴-۷-۲- بررسی سناریوها با توجه به آب مجازی

در بررسی سناریوها از دیدگاه آب مجازی موضوع عملکرد نیز مطرح بوده و در نتیجه انتظار می‌رود استفاده از این مفهوم در بررسی تغییر الگوهای کشت بازده بهتری داشته باشد. در این قسمت به بررسی

تمامی سناریوها با تغییرات ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ سطح زیر کشت محصولات در دسته‌های سه‌تایی و پنج‌تایی با توجه به میزان آب مجازی محصولات پرداخته شده است.

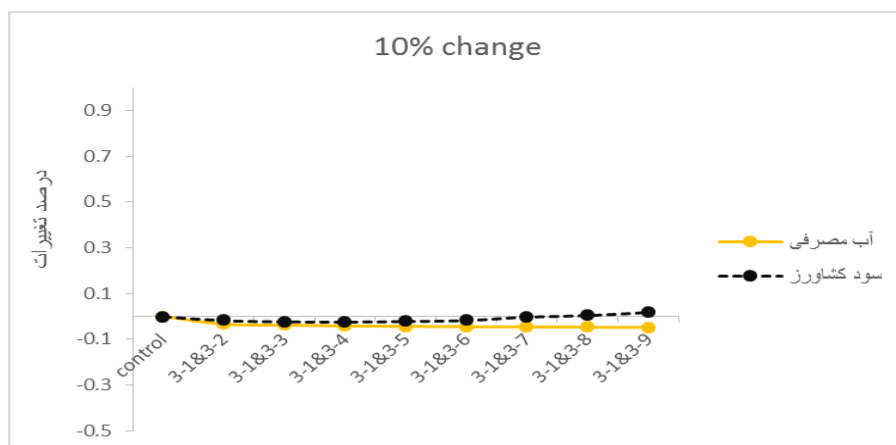
۴-۷-۲-۱- تغییرات کاربری اراضی در دسته‌های سه‌تایی برای سناریو اول

در این سناریو از سطح زیر کشت سه محصول اول با بیشترین میزان آب مجازی مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد کم شده و به دیگر محصولات با آب مجازی کمتر به صورت دسته‌های سه‌تایی اضافه شده است.

در ادامه به بررسی جداول و شکل‌های حاصله از این سناریو که به صورت جداگانه در ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد تغییرات سطح زیر کشت محصولات کشاورزی می‌باشد پرداخته شده است. شکل‌های (۴-۱۸)، (۴-۱۹)، (۴-۲۰) و جداول (۴-۱۱)، (۴-۱۲)، (۴-۱۳) نتایج این سناریو را نمایش می‌دهند.

جدول (۴-۱۱) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت

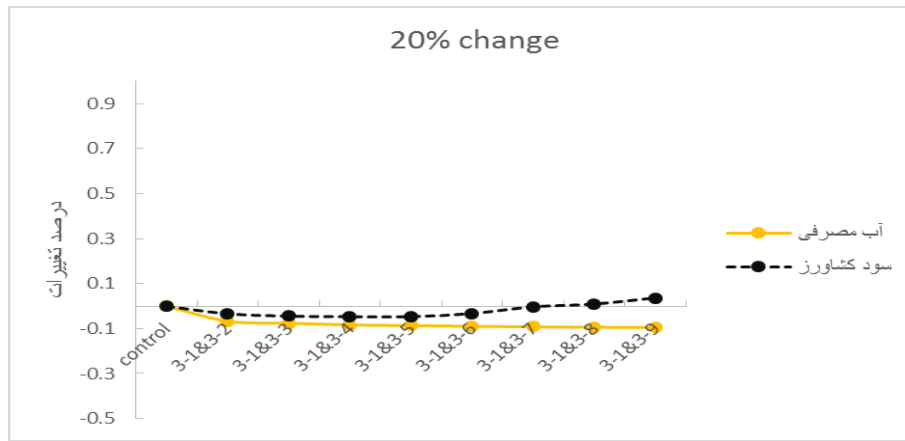
سناریو اول	سناریو اول	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	حالت کنونی	52957689	5978695982
پسته، انار، پنبه کاسته به زیتون، انگور، جو افزوده	3-1&3-2	51183334	5877324294
پسته، انار، پنبه کاسته به انگور، جو، گندم افزوده	3-1&3-3	50945124	5845045995
پسته، انار، پنبه کاسته به جو، گندم، یونجه افزوده	3-1&3-4	50744540	5837288779
پسته، انار، پنبه کاسته به گندم، یونجه، بادمجان افزوده	3-1&3-5	50661884	5858147377
پسته، انار، پنبه کاسته به یونجه، بادمجان، خیار افزوده	3-1&3-6	50580276	5878870685
پسته، انار، پنبه کاسته به بادمجان، خیار، گوجه فرنگی افزوده	3-1&3-7	50521039	5969007855
پسته، انار، پنبه کاسته به خیار، گوجه فرنگی، ذرت افزوده	3-1&3-8	50473913	6006869709
پسته، انار، پنبه کاسته به گوجه فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-1&3-9	50433016	6089220851



شکل (۴-۱۸) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۱۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

جدول (۴-۱۲) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت

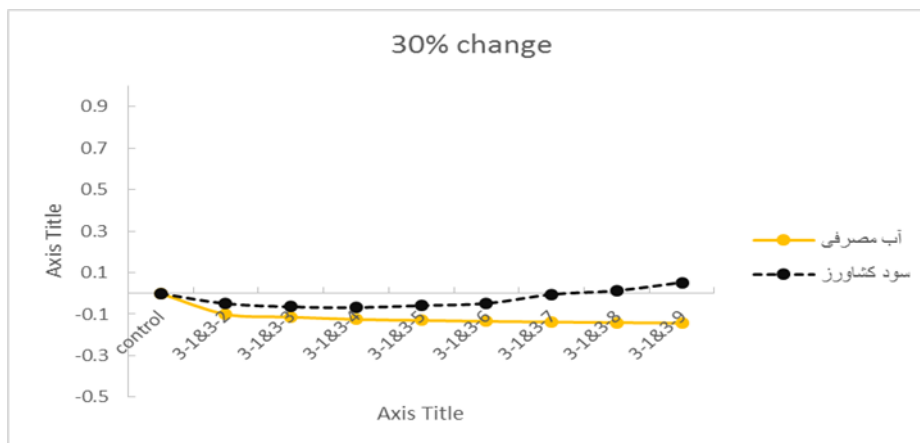
سناریو اول	سناریو اول	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	حالت کنونی	52957689	5978695982
پسته، انار، پنبه کاسته به زیتون، انگور، جو افزوده	3-1&3-2	49408980	5775952607
پسته، انار، پنبه کاسته به انگور، جو، گندم افزوده	3-1&3-3	48932560	5711396009
پسته، انار، پنبه کاسته به جو، گندم، یونجه افزوده	3-1&3-4	48531392	5695881577
پسته، انار، پنبه کاسته به گندم، یونجه، بادمجان افزوده	3-1&3-5	48366080	5695881577
پسته، انار، پنبه کاسته به یونجه، بادمجان، خیار افزوده	3-1&3-6	48202863	5779045388
پسته، انار، پنبه کاسته به بادمجان، خیار، گوجه‌فرنگی افزوده	3-1&3-7	48084389	5959319729
پسته، انار، پنبه کاسته به خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت افزوده	3-1&3-8	47990138	6035043436
پسته، انار، پنبه کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-1&3-9	47908343	6199745721



شکل (۴-۱۹) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۲۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

جدول (۴-۱۳) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت

سناریو اول	سناریو اول	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	حالت کنونی	52957689	10805250000
پسته، انار، پنبه کاسته به زیتون، انگور، جو افزوده	3-1&3-2	47634626	10195686000
پسته، انار، پنبه کاسته به انگور، جو، گندم افزوده	3-1&3-3	46919996	10053621000
پسته، انار، پنبه کاسته به جو، گندم، یونجه افزوده	3-1&3-4	46318243	10113030000
پسته، انار، پنبه کاسته به گندم، یونجه، بادمجان افزوده	3-1&3-5	46070275	10219794000
پسته، انار، پنبه کاسته به یونجه، بادمجان، خیار افزوده	3-1&3-6	45825450	10318809000
پسته، انار، پنبه کاسته به بادمجان، خیار، گوجه‌فرنگی افزوده	3-1&3-7	45647739	10717882500
پسته، انار، پنبه کاسته به خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت افزوده	3-1&3-8	45506363	10890082500
پسته، انار، پنبه کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-1&3-9	45383671	11148382500



شکل (۴-۲۰) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۳۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

در این سناریو تمامی حالت‌های مورد بررسی در تغییر سطح کشت محصولات باعث کاهش آب مجازی نسبت به شرایط کنونی شده است. این کاهش با تغییر ۱۰ درصدی سطح زیر کشت بین ۳/۳ تا ۴/۷ درصد بوده است. با تغییر ۲۰ و ۳۰ درصدی سطح زیر کشت کاهش آب مجازی قابل توجه بوده است. به گونه‌ای که با تغییر ۲۰ و ۳۰ درصد سطح زیر کشت میزان آب مجازی به ترتیب ۶/۷ تا ۹/۵ درصد و ۱۰ تا ۱۴ درصد کاهش نشان داده است (جدول (۴-۱۲) و (۴-۱۳)).

بررسی حالت‌های مختلف نشان داد که در ۶ حالت اول کاهش آب مجازی با کاهش سود کشاورز نسبت به شرایط کنونی همراه بوده که این موضوع از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد و احتمالاً اجرای آن‌ها از سوی کشاورزان منطقه مورد استقبال قرار نخواهد گرفت. تنها در حالت هفتم و هشتم کاهش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی سطح زیر کشت سه محصول با بیش‌ترین آب مجازی و افزایش سطح زیر کشت به محصولاتی که از نظر آب مجازی در رده ۱۹ تا ۲۱ حالت 3-1&3-8 و ۲۲ تا ۲۵ حالت 3-1&3-9 قرار دارند سبب افزایش سود کشاورز شده است (شکل (۴-۱۸)، (۴-۱۹) و (۴-۲۰)). بیش‌ترین افزایش سود با تغییر ۳۰ درصدی سطح زیر کشت و در حالت 3-1&3-9 مشاهده شده است. پیش‌بینی می‌شود اعمال چنین سناریو باعث افزایش ۴/۹ درصدی سود کشاورز و کاهش ۱۴ درصدی آب مجازی شود (جدول (۴-۱۳)).

نمودارهای این سناریو برای ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ کاهش سطح زیر کشت یکی می‌باشد در نتیجه محدودیتی در درصد کاهش میزان سطح زیر کشت مشاهده نشده است و در هر سه حالت یکی می‌باشد.

۴-۷-۲-۲- تغییرات کاربری اراضی در دسته‌های پنج‌تایی برای سناریو اول

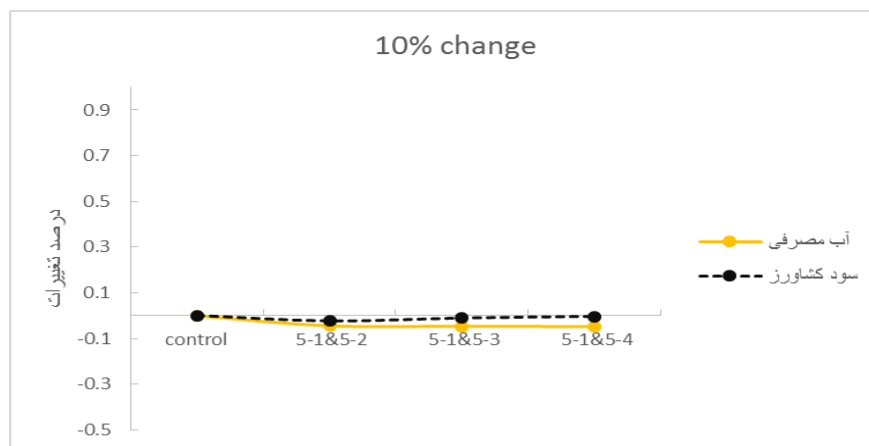
در این حالت از سناریو اول از سطح زیر کشت پنج محصول اول با بیشترین میزان آب مجازی مقدار ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد کم شده و به دیگر محصولات با آب مجازی کمتر به صورت دسته‌های پنج‌تایی

اضافه شده است. نتایج برای سناریو اول بر اساس آب مجازی در جداول (۴-۱۴)، (۴-۱۵)، (۴-۱۶) و شکل‌های (۴-۲۱)، (۴-۲۲)، (۴-۲۳) قابل مشاهده است.

جدول (۴-۱۴) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت

نام اولی	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	52957689	5978695982
5-1&5-2	50620734	5856089846
5-1&5-3	50544963	5921279813
5-1&5-4	50466834	5958486662
5-1&5-5	50419274	6019011771

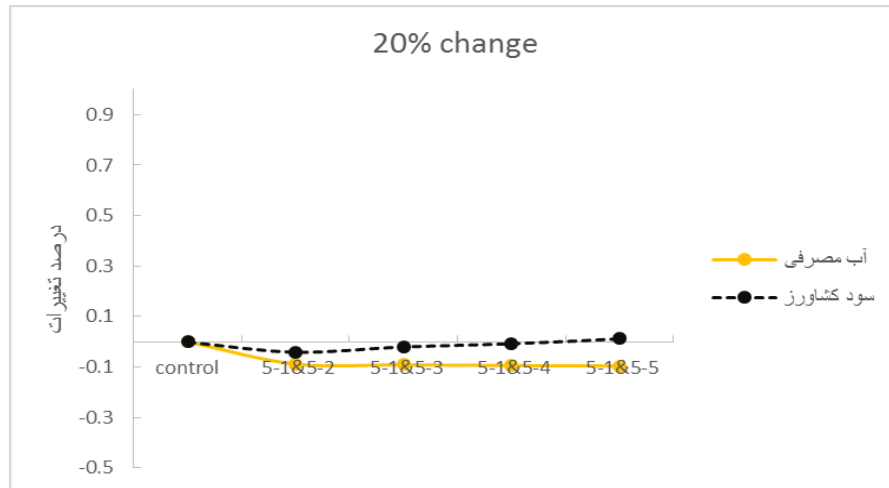
تقسیم بندی محصولات جداول در دسته‌های پنج‌تایی نیز همانند دسته‌های سه‌تایی می‌باشد.



شکل (۴-۲۱) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۱۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج‌تایی

جدول (۴-۱۵) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت

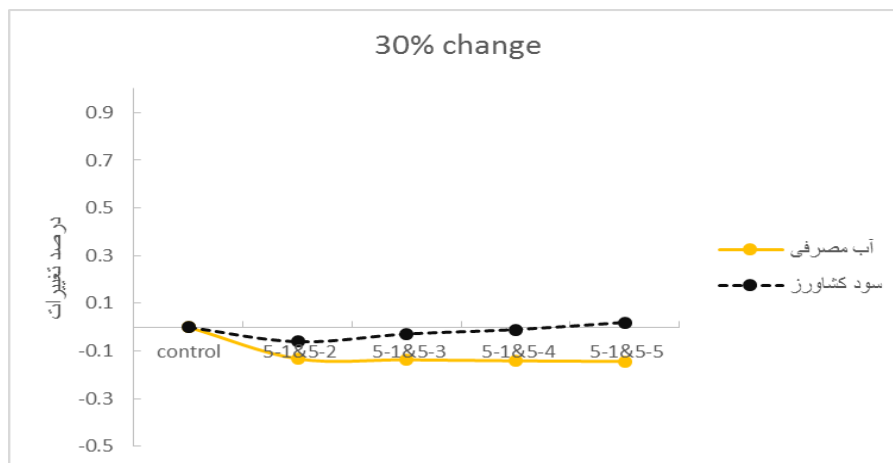
سناریو اول	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	52957689	5978695982
5-1&5-2	48283779	5733483710
5-1&5-3	48132237	5863863644
5-1&5-4	47975980	5938277343
5-1&5-5	47880860	6059327561



شکل (۲۲-۴) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۲۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج‌تایی

جدول (۱۶-۴) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت

سناریو اول	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	52957689	5978695982
5-1&5-2	45946825	5610877574
5-1&5-3	45719511	5806447475
5-1&5-4	45485126	5918068024
5-1&5-5	45342446	6099643351



شکل (۲۳-۴) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۳۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج‌تایی

در این سناریو تمامی حالت‌های مورد بررسی در تغییر سطح کشت محصولات باعث کاهش آب مجازی نسبت به شرایط کنونی شده است. این کاهش با تغییر ۱۰ درصدی سطح زیر کشت بین ۴/۴ تا ۴/۷

درصد بوده است. با تغییر ۲۰ و ۳۰ درصدی سطح زیر کشت کاهش آب مجازی قابل توجه بوده است. به گونه‌ای که با تغییر ۲۰ و ۳۰ درصد سطح زیر کشت میزان آب مجازی به ترتیب ۸/۸ تا ۹/۵ درصد و ۱۳/۲ تا ۱۴ درصد کاهش نشان داده است (جدول (۴-۱۵) و (۴-۱۶)). همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر یک از تغییرات ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی تفاوت بین حالت‌های مختلف چندان زیاد نمی‌باشد و در نتیجه اجرای هر کدام از نقطه نظر آب مجازی نتایج یکسانی در پی خواهد داشت.

نتایج نشان داده است که تغییرات ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی سطح زیر کشت باعث کاهش سود کشاورز در حالت 5-1&5-2 و 5-1&5-3 نسبت به شرایط کنونی شده است. در حالات 5-1&5-4 و 5-1&5-5، سود کشاورز همراه با کاهش آب مجازی، افزایش یافته است (شکل (۴-۱۶)، جدول (۴-۲۳)). در مجموع مقایسه بین تغییر به صورت دسته‌های سه‌تایی و پنج‌تایی در سناریو اول نشان می‌دهد که کاهش آب مجازی در همه حالت‌ها و افزایش سود در برخی حالت‌های مورد بررسی در دسته‌های سه‌تایی به صورت قابل توجهی به ویژه از نظر سود، بیش‌تر از دسته‌های پنج‌تایی بوده است. در نتیجه با توجه به مشکلات این قبیل تغییرات سطح زیر کشت پیش‌بینی می‌شود استفاده از حالت‌های سه‌تایی در این سناریو احتمال موفقیت بیش‌تری داشته باشد.

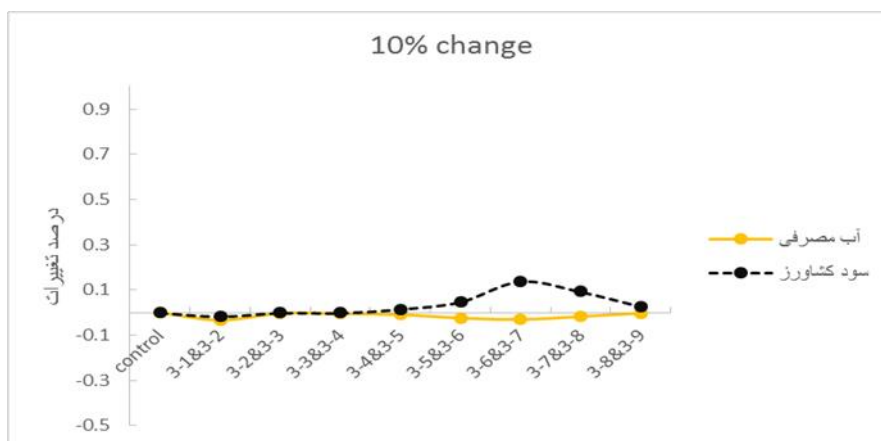
۴-۷-۲-۳- تغییرات کاربری اراضی در دسته‌های سه‌تایی برای سناریو دوم

در این سناریو تمامی محصولات به دسته‌های سه‌تایی تقسیم شده و به ترتیب از محصولاتی که آب مجازی بیش‌تری مصرف می‌کنند میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ سطح زیر کشت کاهش یافته و به دسته بعدی که آب مجازی کمتری نسبت به دسته اولی داشته اضافه شده است.

بررسی‌های صورت گرفته در سناریو دوم طبق جداول (۴-۱۷)، (۴-۱۸)، (۴-۱۹) و شکل‌های (۴-۲۴)، (۴-۲۵)، (۴-۲۶) به شرح زیر می‌باشد.

جدول (۴-۱۷) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت

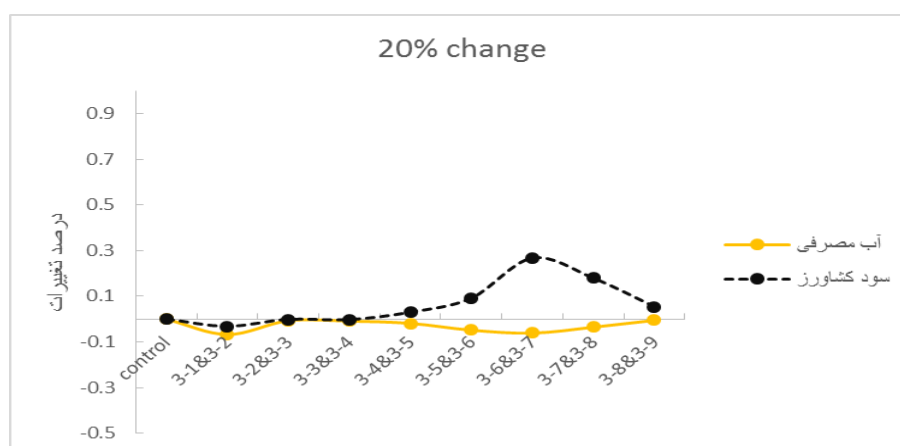
سناریو دوم	سناریو دوم	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	حالت کنونی	52957689	5978695982
پسته، انار، پنبه کاسته به زیتون، انگور، جو افزوده	3-1&3-2	51183334	5877324294
زیتون، انگور، جو کاسته به انگور، جو، گندم افزوده	3-2&3-3	52778667	5974594668
انگور، جو، گندم کاسته به جو، گندم، یونجه افزوده	3-3&3-4	52733581	5970606683
جو، گندم، یونجه کاسته به گندم، یونجه، بادمجان افزوده	3-4&3-5	52469438	6073079143
گندم، یونجه، بادمجان کاسته به یونجه، بادمجان، خیار افزوده	3-5&3-6	51684172	6269448303
یونجه، بادمجان، خیار کاسته به بادمجان، خیار، گوجه‌فرنگی افزوده	3-6&3-7	51342939	6828102980
بادمجان، خیار، گوجه‌فرنگی کاسته به خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت افزوده	3-7&3-8	52032095	6549512093
خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-8&3-9	52823177	6150560811



شکل (۴-۲۴) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۱۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

جدول (۴-۱۸) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت

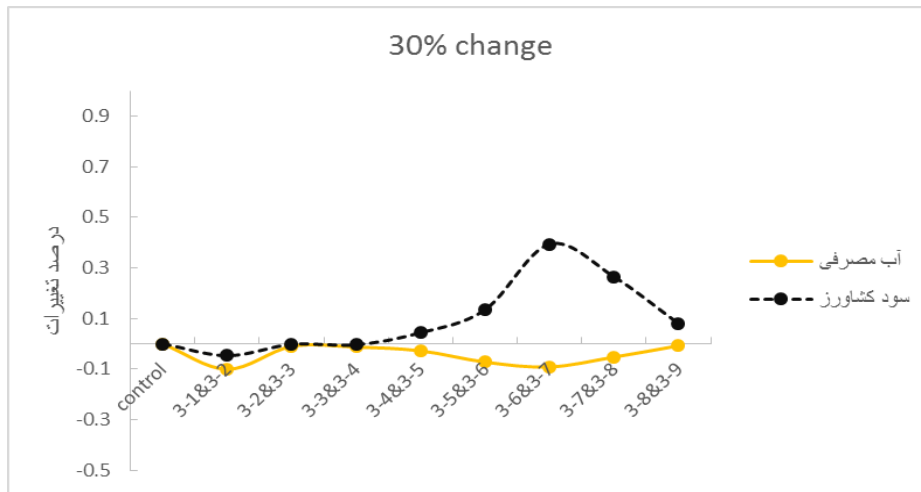
سناریو دوم	سناریو دوم	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	حالت کنونی	52957689	5978695982
پسته، انار، پنبه کاسته به زیتون، انگور، جو افزوده	3-1&3-2	49408980	5775952607
زیتون، انگور، جو کاسته به انگور، جو، گندم افزوده	3-2&3-3	52599646	5970493354
انگور، جو، گندم کاسته به جو، گندم، یونجه افزوده	3-3&3-4	52509473	5962517385
جو، گندم، یونجه کاسته به گندم، یونجه، بادمجان افزوده	3-4&3-5	51981188	6167462304
گندم، یونجه، بادمجان کاسته به یونجه، بادمجان، خیار افزوده	3-5&3-6	50410656	6560200625
یونجه، بادمجان، خیار کاسته به بادمجان، خیار، گوجه‌فرنگی افزوده	3-6&3-7	49728189	7677509978
بادمجان، خیار، گوجه‌فرنگی کاسته به خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت افزوده	3-7&3-8	51106502	7120328205
خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-8&3-9	52688665	6322425640



شکل (۴-۲۵) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۲۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

جدول (۴-۱۹) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت

سناریو دوم	سود کشاورز	آب مجازی	سناریو دوم	حالت کنونی
حالت کنونی	5978695982	52957689	حالت کنونی	
پسته، انار، پنبه کاسته به زیتون، انگور، جو افزوده	5674580920	47634626	3-1&3-2	
زیتون، انگور، جو کاسته به انگور، جو، گندم افزوده	5966392040	52420625	3-2&3-3	
انگور، جو، گندم کاسته به جو، گندم، یونجه افزوده	5954428087	52285365	3-3&3-4	
جو، گندم، یونجه کاسته به گندم، یونجه، بادمجان افزوده	6261845466	51492938	3-4&3-5	
گندم، یونجه، بادمجان کاسته به یونجه، بادمجان، خیار افزوده	6850952946	49137140	3-5&3-6	
یونجه، بادمجان، خیار کاسته به بادمجان، خیار، گوجه‌فرنگی افزوده	8526916977	48113440	3-6&3-7	
بادمجان، خیار، گوجه‌فرنگی کاسته به خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت افزوده	7691144316	50180909	3-7&3-8	
خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	6494290470	52554154	3-8&3-9	



شکل (۴-۲۶) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۳۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

بر اساس نتایج پیش‌بینی می‌شود که در مجموع تغییرات ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی در سناریو دوم به صورت دسته‌های سه‌تایی در تمامی حالت‌های مورد مطالعه سبب کاهش آب مجازی نسبت به شرایط کنونی شود. این کاهش در حالت‌های ۲، ۳، ۴ و ۸ ناچیز بوده است. بیش‌ترین کاهش آب مجازی زمانی رخ داده که از سطح زیرکشت سه محصول با بیش‌ترین آب مجازی کاسته شده و به سطح زیر کشت سه محصول بعدی افزوده شده است. کاهش آب مجازی در این حالت با تغییر سطح زیر کشت به میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد به ترتیب ۳/۳، ۶/۷ و ۱۰ درصد نسبت به شرایط فعلی بوده است.

همان‌طور که در شکل‌ها ملاحظه می‌شود. بررسی سود کشاورز در حالت‌های مختلف نشان می‌دهد که اجرای سه حالت اول در سناریو دوم باعث کاهش سود کشاورز شده است.

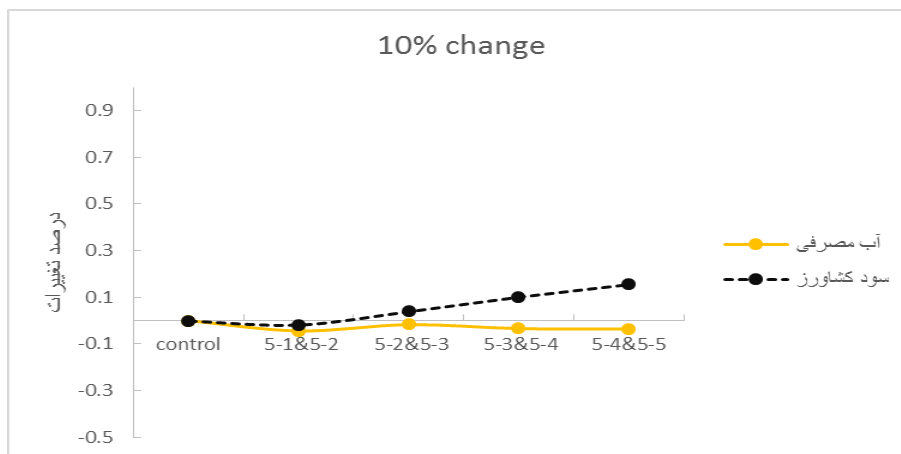
در نتیجه با وجود کاهش قابل ملاحظه آب مجازی در حالت اول به نظر می‌رسد اجرای این حالت از نظر اقتصادی برای کشاورز به صرفه نباشد. در سایر حالت‌های مورد مطالعه سود کشاورز نسبت به شرایط کنونی افزایش یافته که بیش‌ترین افزایش سود در حالت ششم با کاهش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی سطح زیر کشت سه محصول با رده ششم به لحاظ آب مجازی و افزایش همین مقدار سطح زیر کشت سه محصول با رده هفتم از لحاظ آب مجازی مشاهده شده است. مقایسه حالت‌های مختلف نشان می‌دهد که احتمالاً بهترین حالت تغییر ۳۰ درصدی در حالت ششم باشد که در آن کاهش آب مجازی به میزان ۹ درصد و افزایش سود کشاورز به میزان ۴۲/۶ درصد بوده است (جدول (۴-۱۹) و شکل (۴-۲۶)).

۴-۷-۲-۴- تغییرات کاربری اراضی در دسته‌های پنج‌تایی برای سناریو دوم

این سناریو نیز مشابه سناریو قبلی می‌باشد با این تفاوت که تمامی محصولات به دسته‌های پنج‌تایی تقسیم شده و به ترتیب از محصولاتی که آب مجازی بیشتری مصرف می‌کنند میزان ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد سطح زیر کشت کاهش یافته و به دسته بعدی که آب مجازی کمتری نسبت به دسته اولی داشته اضافه شده است. نتایج سناریو دوم در جداول (۴-۲۰)، (۴-۲۱)، (۴-۲۲) و شکل‌های (۴-۲۷)، (۴-۲۸)، (۴-۲۹) قابل مشاهده است.

جدول (۴-۲۰) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت

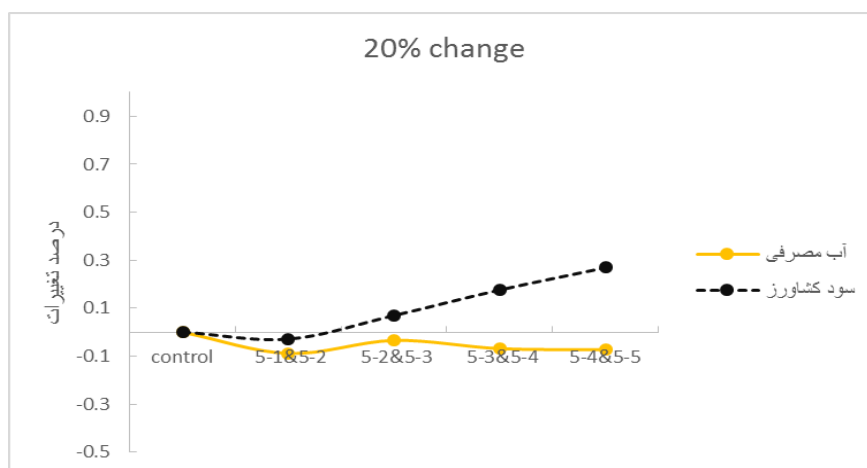
سناریو دوم	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	52957689	5978695982
5-1&5-2	50620734	5856089846
5-2&5-3	52057811	6261592495
5-3&5-4	51151477	6701197058
5-4&5-5	51034719	7083371461



شکل (۴-۲۷) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۱۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج‌تایی

جدول (۴-۲۱) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت

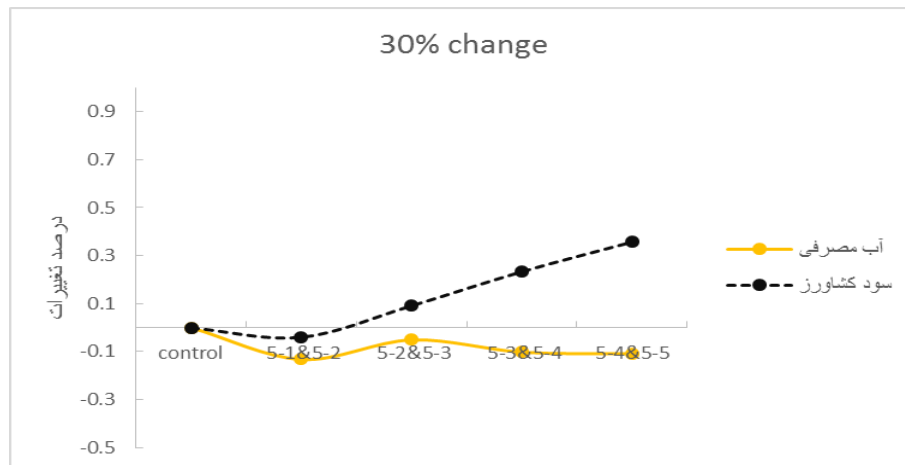
سناریو دوم	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	52957689	5978695982
5-1&5-2	48283779	5733483710
5-2&5-3	51157933	6544489008
5-3&5-4	49345265	7423698135
5-4&5-5	49111750	8188046941



شکل (۴-۲۸) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۲۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج‌تایی

جدول (۴-۲۲) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت

سناریو دوم	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	52957689	5978695982
5-1&5-2	45946825	5610877574
5-2&5-3	50258055	6827385521
5-3&5-4	47539053	8146199211
5-4&5-5	47188781	9292722421



شکل (۴-۲۹) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۳۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج‌تایی

اجرای سناریو دوم در همه حالت‌های مورد مطالعه سبب کاهش آب مجازی شده است. بیش‌ترین کاهش آب مجازی با کاهش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی از سطح زیر کشت ۵ محصول با بیش‌ترین آب مجازی و افزودن همین سطح زیر کشت به ۵ محصول در رتبه دوم رخ داده است. در این حالت تغییرات ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی سطح زیر کشت به ترتیب سبب کاهش ۴/۴، ۸/۸ و ۱۳/۲ درصدی آب مجازی نسبت به شرایط کنونی شده است.

طبق نتایج حاصله از این سناریو که در اشکال قابل مشاهده می‌باشد روند سود کشاورز و آب مجازی در حالات مختلف به شرح زیر می‌باشد.

کاهش قابل توجه آب مجازی در حالت اول این سناریو با کاهش سود کشاورز همراه بوده و انتظار می‌رود این تغییر مورد استقبال بهره‌بردار واقع نشود. نتایج نشان داد که اجرای سه حالت بعدی منجر به افزایش سود کشاورز با وجود کم‌تر بودن کاهش آب مجازی نسبت به حالت اول شده است. بیش‌ترین سود پیش‌بینی شده برای کشاورز در حالت آخر رخ داده است. در این حالت افزایش سود نسبت به

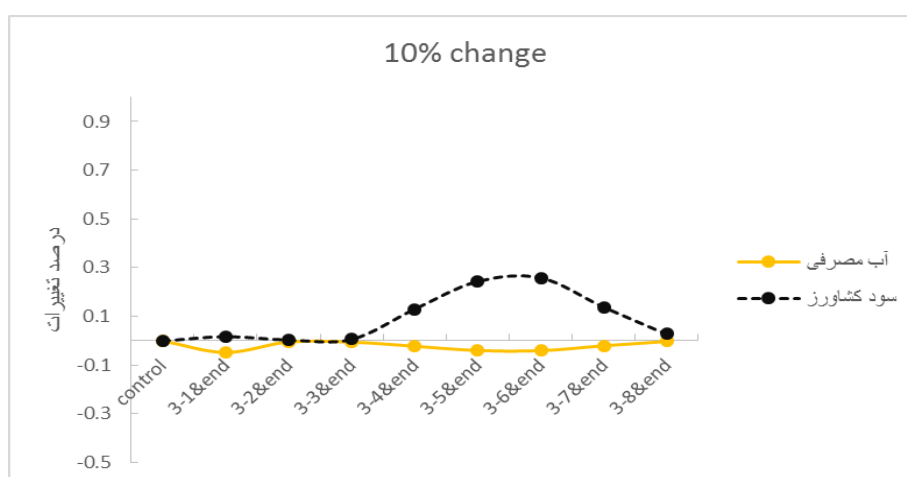
شرایط کنونی با تغییر ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصدی سطح زیر کشت به ترتیب ۱۸/۴، ۳۶/۹ و ۵۵/۴ درصد بوده که با کاهش نسبتاً مناسب آب مجازی همراه بوده است.

۴-۷-۲-۵- تغییرات کاربری اراضی در دسته‌های سه‌تایی برای سناریو سوم

در این سناریو محصولاتی که آب مجازی بیشتری مصرف می‌کنند را به دسته‌های سه‌تایی تقسیم کرده و از هر کدام درصدی از سطح زیر کشت را کاهش داده و به سه محصول انتهایی که کمترین میزان مصرف آب مجازی را دارند اضافه شده است. جدول‌های (۴-۲۳)، (۴-۲۴)، (۴-۲۵) و شکل‌های (۴-۳۰)، (۴-۳۱)، (۴-۳۲) نتایج را نشان می‌دهد.

جدول (۴-۲۳) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت

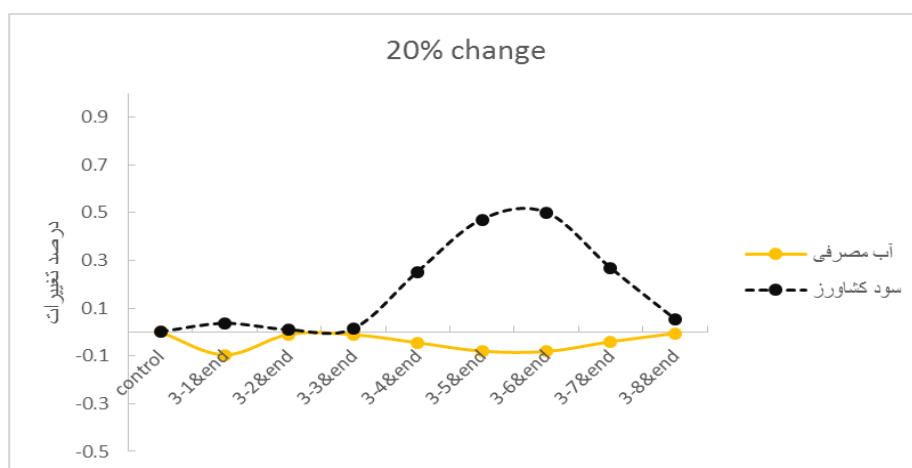
سناریو سوم	سناریو سوم	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	حالت کنونی	52957689	5978695982
پسته، انار، پنبه کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-1&end	50433016	6089220851
انار، پنبه، زیتون کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-2&end	52714431	6005222873
پنبه، زیتون، انگور کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-3&end	52674966	6018008537
زیتون، انگور، جو کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-4&end	51776454	6772740639
انگور، جو، گندم کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-5&end	50846109	7466563073
جو، گندم، یونجه کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-6&end	50807236	7559712851
گندم، یونجه، بادمجان کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-7&end	51894820	6825928821
یونجه، بادمجان، خیار کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-8&end	52823177	6150560811



شکل (۴-۳۰) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۱۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

جدول (۴-۲۴) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت

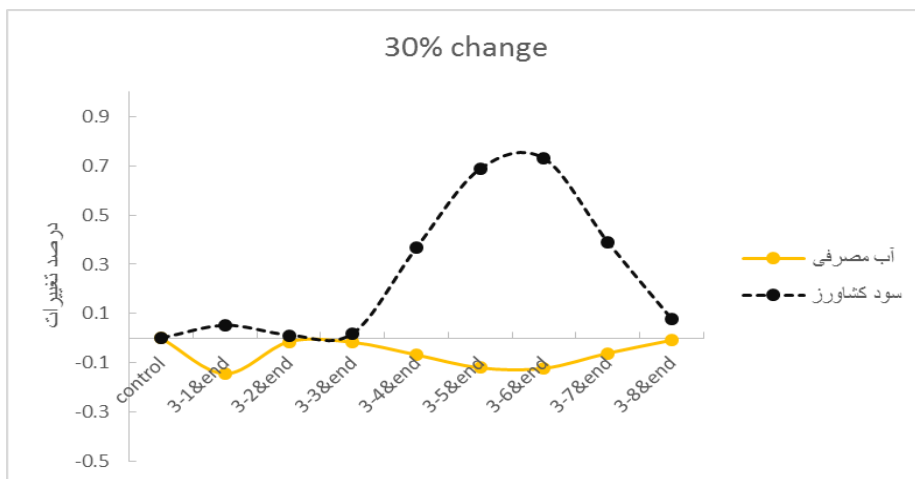
سناریو سوم	سناریو سوم	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	حالت کنونی	52957689	5978695982
پسته، انار، پنبه کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-1&end	47908343	6199745721
انار، پنبه، زیتون کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-2&end	52471173	6031749764
پنبه، زیتون، انگور کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-3&end	52392244	6057321092
زیتون، انگور، جو کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-4&end	50595220	7566785296
انگور، جو، گندم کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-5&end	48734529	8954430164
جو، گندم، یونجه کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-6&end	48656784	9140729720
گندم، یونجه، بادمجان کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-7&end	50831952	7673161661
یونجه، بادمجان، خیار کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-8&end	52688665	6322425640



شکل (۴-۳۱) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۲۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

جدول (۴-۲۵) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت

سناریو سوم	سناریو سوم	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	حالت کنونی	52957689	5978695982
پسته، انار، پنبه کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-1&end	45383671	6310270591
انار، پنبه، زیتون کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-2&end	52227915	6058276655
پنبه، زیتون، انگور کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-3&end	52109522	6096633647
زیتون، انگور، جو کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-4&end	49413986	8360829953
انگور، جو، گندم کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-5&end	46622950	10442297255
جو، گندم، یونجه کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-6&end	46506332	10721746590
گندم، یونجه، بادمجان کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-7&end	49769084	8520394500
یونجه، بادمجان، خیار کاسته به گوجه‌فرنگی، ذرت، طالبی افزوده	3-8&end	52554154	6494290470



شکل (۴-۳۲) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۳۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های سه‌تایی

اجرای سناریو سوم در همه حالت‌های مورد مطالعه در دسته‌های سه‌تایی سبب کاهش میزان آب مجازی نسبت به شرایط کنونی شده است. نتایج نشان داده است که کاهش آب مجازی در اثر تغییرات سطح زیر کشت در همه حالت‌های مورد مطالعه کم و بیش یکسان بوده و بیش‌ترین کاهش مربوط به حالت اول یعنی زمانی که ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد از سطح زیر کشت سه محصول اول کاسته شده و به سه محصول با کم‌ترین میزان آب مجازی افزوده شده است، می‌باشد.

بررسی سود محاسبه شده برای کشاورز در اثر تغییرات سطح زیر کشت در سناریو سوم نشان داد که اجرای همه حالت‌های مورد مطالعه احتمالاً سبب افزایش سود کشاورز خواهد شد. کاهش ۱۰ درصدی سطح زیر کشت حالت 3-6&end سبب افزایش ۲۶/۴ درصدی سود کشاورز شده است. تغییر ۲۰ و ۳۰ درصدی سطح زیر کشت به ترتیب سبب افزایش سود به میزان ۵۲/۸ و ۷۹/۳ درصدی در مقایسه با شرایط کنونی شده است. افزایش تغییر سطح زیر کشت در حالت‌های ۱، ۲ و ۳ تأثیر کم‌تری در افزایش سود کشاورز داشته است (جدول (۴-۲۵)، شکل (۴-۳۲)).

در مجموع به نظر می‌رسد به دلیل کاهش ۳۰ درصدی آب مجازی در اثر تغییر ۳۰ درصدی سطح زیر کشت در این سناریو در حالت ششم و افزایش سود ۷۹/۳ درصدی همراه آن، این حالت مطلوب‌ترین حالت از نظر حفظ منابع آب باشد. چرا که در این حالت با وجود افزایش سود کم‌تر نسبت به تغییرات ۱۰ و ۲۰ درصدی سطح زیر کشت، کاهش آب مجازی بیش‌تر بوده و با یک افزایش سود قابل قبول، این حالت از نظر زیست محیطی و تا حدود زیادی اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد.

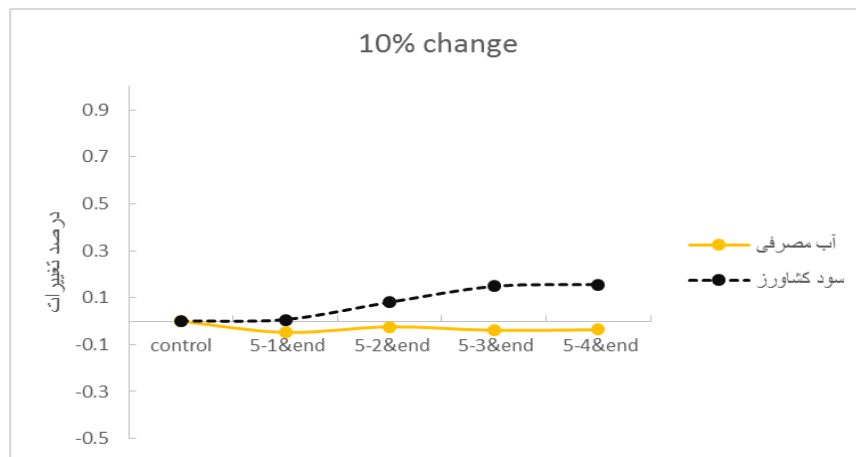
۴-۷-۲-۶- تغییرات کاربری اراضی در دسته‌های پنج‌تایی برای سناریو سوم

در این سناریو محصولاتی که آب مجازی بیشتری مصرف می‌کنند را به دسته‌های پنج‌تایی تقسیم کرده و از هر کدام ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ از سطح زیر کشت کاهش یافته و به سه محصول انتهایی که کمترین

میزان مصرف آب مجازی را دارند اضافه شده است. نتایج این سناریو در جداول (۴-۲۶)، (۴-۲۷)، (۴-۲۸) و شکل‌های (۴-۳۳)، (۴-۳۴)، (۴-۳۵) نمایش داده شده است.

جدول (۴-۲۶) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۱۰٪ سطح زیر کشت

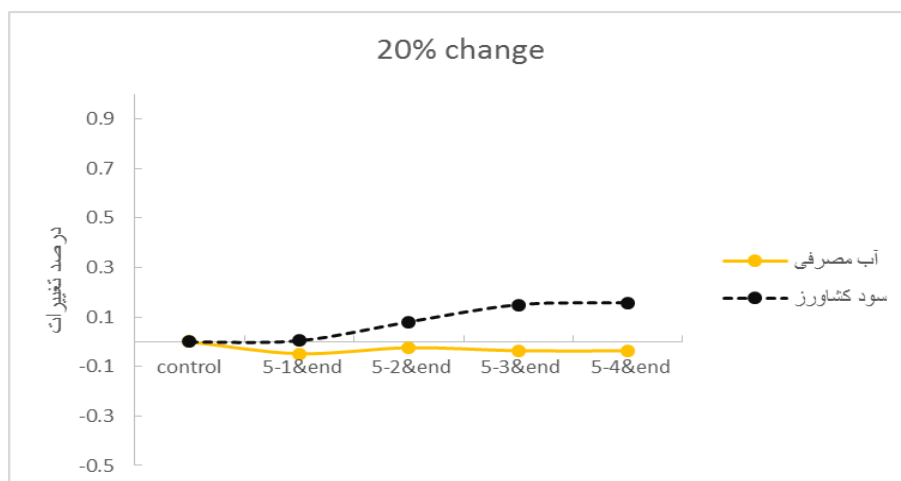
سناریو سوم	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	52957689	5978695982
5-1&end	50419274	6019011771
5-2&end	51691039	6546784460
5-3&end	50895124	7027432612
5-4&end	51034719	7083371461



شکل (۴-۳۳) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۱۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج‌تایی

جدول (۴-۲۷) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۲۰٪ سطح زیر کشت

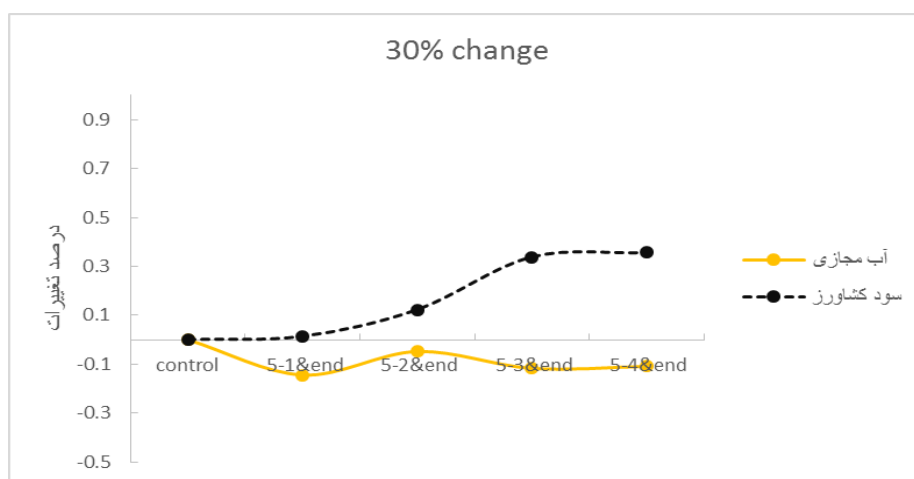
سناریو سوم	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	52957689	5978695982
5-1&end	50419274	6019011771
5-2&end	51691039	6546784460
5-3&end	51034719	7027432612
5-4&end	51034719	7083371461



شکل (۳۴-۴) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۲۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج تایی

جدول (۲۸-۴) میزان آب مجازی و سود کشاورز پس از تغییر ۳۰٪ سطح زیر کشت

سناریو سوم	آب مجازی	سود کشاورز
حالت کنونی	52957689	5978695982
5-1	45342446	6099643351
5-2	50424390	7114872939
5-3	46769995	9124905874
5-4	47188781	9292722421



شکل (۳۵-۴) روند تغییرات میزان آب مجازی و سود کشاورز با ۳۰ درصد تغییر سطح زیر کشت در دسته‌های پنج تایی

اجرای سناریو سوم در همه حالت‌های مورد مطالعه در دسته‌های پنج‌تایی سبب کاهش میزان آب مجازی نسبت به شرایط کنونی شده است.

بیش‌ترین کاهش زمانی رخ داده که از سطح زیر کشت پنج محصول اول کاسته و به پنج محصول کم‌ترین میزان آب مجازی افزوده شده است. به گونه‌ای که تغییر ۱۰ و ۲۰ درصدی سطح زیر کشت در این حالت سبب کاهش حدود ۵ درصدی آب مجازی شده، در حالی که تغییر ۳۰ درصدی در این حالت سبب کاهش ۱۴ درصدی آب مجازی نسبت به شرایط کنونی شده است. با این وجود بررسی سود کشاورز نشان داد که در این حالت افزایش سود بسیار جزئی بوده است.

بررسی همه حالت‌های مورد مطالعه در این سناریو سبب افزایش سود کشاورز شده است. افزایش سود در اثر اجرای ۱۰ و ۲۰ درصد تغییرات سطح زیر کشت اختلاف قابل توجی نداشته در حالی که تغییرات ۳۰ درصدی سطح زیر کشت سبب افزایش قابل توجه سود به میزان ۲ تا ۵۵ درصد نسبت به شرایط کنونی شده است. مقایسه حالت‌های مختلف نشان می‌دهد که بیش‌ترین کاهش آب مجازی (۱۱/۶ درصد) در حالت سوم و با تغییر ۳۰ درصد سطح زیر کشت بوده که با یک افزایش سود قابل قبول به میزان حدود ۵۲ درصد نیز همراه بوده است (جدول (۴-۲۸)، شکل (۴-۳۵)).

۴-۸- بررسی بهترین سناریو بر اساس آب مجازی

مقایسه مجموع سناریوهای مورد مطالعه نشان داد که در سناریو اول که از سطح زیر کشت سه یا پنج محصول با بیش‌ترین میزان آب مجازی کاسته به محصولات بعدی افزوده شده است، تغییرات در دسته‌های سه‌تایی از نظر کاهش آب مجازی تفاوتی با دسته پنج‌تایی نداشته در حالی که در دسته سه‌تایی سود پیش‌بینی شده بهتر از دسته‌های پنج‌تایی بوده است. با توجه به این که هدف افزایش بازدهی با حداقل تغییرات می‌باشد بنابراین اگر اجرای این سناریو در دستور کار باشد تغییرات سه‌تایی در اولویت قرار خواهد داشت.

مقایسه دسته‌بندی سه و پنج‌تایی در سناریو دوم نشان می‌دهد که در دسته‌بندی سه‌تایی محصولات در حالت 3-6&3-7 و با تغییرات ۳۰ درصدی سطح زیر کشت، بیش‌ترین کاهش آب مجازی (۹ درصد) و بیش‌ترین سود (۴۲ درصد) پیش‌بینی شده است. در حالی که در دسته‌بندی پنج‌تایی محصولات در حالت 5-4&5-5 و با تغییرات ۳۰ درصدی سطح زیر کشت، بیش‌ترین کاهش آب مجازی (۱۰/۸ درصد) و بیش‌ترین سود (۵۵ درصد) پیش‌بینی شده است. با این وجود باید توجه داشت که حالت 5-4&5-5 در دسته پنج‌تایی این سناریو در واقع مربوط به کاهش سطح زیر کشت زیتون، انگور، جو، گندم و یونجه و افزایش سطح زیر کشت بادمجان، خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت و طالبی بوده است در حالی که حالت 3-6&3-7 در دسته سه‌تایی این سناریو مربوط به تغییر سطح زیر کشت جو، گندم و یونجه و افزایش سطح

زیر کشت بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی بوده است. باید توجه داشت که تغییرات محصولات باغی دشوارتر و احتمالاً با مقاومت بیش‌تری از سوی کشاورز همراه خواهد بود. در نتیجه به نظر می‌رسد اجرای دسته‌بندی سه‌تایی در این سناریو با سهولت بیش‌تری همراه باشد.

مقایسه دسته‌بندی سه و پنج‌تایی در سناریو سوم نشان می‌دهد که در دسته‌بندی سه‌تایی محصولات در حالت 3-6 و با تغییرات ۳۰ درصدی سطح زیر کشت، بیش‌ترین کاهش آب مجازی (۱۲ درصد) و بیش‌ترین سود (۷۹ درصد) پیش‌بینی شده است. در حالی که در دسته‌بندی پنج‌تایی محصولات در حالت 5-3 و با تغییرات ۳۰ درصدی سطح زیر کشت، بیش‌ترین کاهش آب مجازی (۱۱/۶ درصد) و بیش‌ترین سود (۵۲/۶ درصد) پیش‌بینی شده است. با این وجود باید توجه داشت که حالت 5-3 در دسته پنج‌تایی این سناریو در واقع مربوط به کاهش سطح زیر کشت پنبه، زیتون، انگور، جو و گندم و افزایش سطح زیر کشت بادمجان، خیار، گوجه‌فرنگی، ذرت و طالبی بوده است در حالی که حالت 3-6 در دسته سه‌تایی این سناریو مربوط به تغییر سطح زیر کشت جو، گندم و یونجه و افزایش سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی، ذرت و طالبی بوده است. باید توجه داشت که در حالت پنج‌تایی که علاوه بر محصولات زراعی برخی محصولات باغی را نیز شامل می‌شود و تغییرات سطح زیر کشت باغات مشکل بوده در نتیجه دسته سه‌تایی در این سناریو بیش‌تر مورد توجه قرار می‌گیرد.

مقایسه بهترین حالت سناریو دوم و سوم نشان می‌دهد که در هر دو سناریو در حالتی که از سطح زیر کشت محصولات جو، گندم و یونجه کم شده بیش‌ترین کاهش آب مصرفی و بیش‌ترین افزایش سود مشاهده شده است. که مربوط به حالت 3-6 و 3-7 از سناریو دوم که به سطح زیر کشت محصولات بادمجان، خیار و گوجه‌فرنگی و حالت 3-6 از سناریو سوم که به سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی، ذرت و طالبی اضافه شده است. باید توجه داشت که حالات مذکور از سناریوها دارای محصول استراتژیک گندم بوده و در نتیجه تغییرات بیش از ۳۰ درصد آن‌ها توصیه نمی‌شود.

فصل پنجم: نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به محدودیت آب در ایران و با در نظر گرفتن این موضوع که بیشترین مصرف آب در بخش کشاورزی می‌باشد. تعیین الگوی بهینه کشت بسیار حائز اهمیت بوده و امروزه از ضرورت بالایی برخوردار می‌باشد. چرا که با ایجاد بهترین الگوی کشت می‌توان آب کمتری مصرف کرد و از طرفی بازده محصولات بیشتری را به همراه داشت، همین امر باعث افزایش سود کشاورزان منطقه نیز می‌شود.

این تحقیق به بررسی تعیین بهترین الگوی کشت منطقه دشت ورامین با توجه به سناریوهای تدوین شده بر اساس کمینه کردن آب مجازی و بیشینه کردن سود کشاورزان انجام گرفته است.

بر این اساس در این پژوهش ابتدا نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه به کمک فناوری سنجش از دور با استفاده از نرم‌افزار ENVI توسط تصاویر ماهواره‌ای Landsat8 سنجنده OLI و بر اساس بهترین روش کلاس‌بندی، ماشین پشتیبان بردار SVM، تهیه گردید. در ادامه میزان آب مجازی و نیاز آبی برای تک تک محصولات توسط روابط موجود محاسبه گردید.

سپس شش سناریو بر اساس کاهش میزان آب مصرفی و افزایش سود کشاورزان منطقه تعریف شد و در نهایت پس از بررسی سناریوهای موجود بهترین آن‌ها برای اجرای طرح به عنوان بهترین الگوی بهینه کشت انتخاب گردید.

خلاصه نتایج حاصله از این تحقیق عبارتند از :

- استخراج نقشه کاربری اراضی دشت ورامین توسط تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که روش ماشین پشتیبان بردار (SVM) با ضریب کاپا $0/89$ و صحت کلی $91/81$ درصد بهترین روش طبقه‌بندی در نرم‌افزار ENVI می‌باشد.
- طبق بررسی جداول ایجاد شده از برآورد سطح زیر کشت محصولات توسط نقشه کاربری اراضی منطقه، گندم و جو با تفاوت قابل ملاحظه‌ای نسبت به دیگر محصولات زراعی و باغی موجود در منطقه بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند و همچنین محصولاتی نظیر زیتون، انار و انگور کمترین سطح زیر کشت را در بر گرفته‌اند.
- بیشترین میزان نیاز آبی مربوط به محصولات پسته، انار، زیتون و کمترین آن مربوط به محصولات گندم، جو، خیار بوده است.
- طبق طبقه‌بندی محصولات بر اساس آب مجازی که علاوه بر نیاز آبی عملکرد محصول را نیز در نظر می‌گیرد؛ محصولات با بیشترین میزان آب مجازی عبارتند از پسته، انار و پنبه و همچنین کمترین میزان آب مجازی مربوط به گوجه‌فرنگی، ذرت و طالبی می‌باشد.

- بررسی سناریوهای مد نظر نشان داد که سناریوهای مربوط به نیاز آبی قابل قبول نیست چرا که همزمان با کاهش آب مصرفی، سود کشاورزان منطقه نیز کاهش یافت و این موضوع از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نبوده و با احتمال زیاد اجرای این طرح مورد استقبال کشاورزان منطقه قرار نخواهد گرفت.
- سناریوهای مربوط به آب مجازی قابل قبول بودند زیرا با کاهش میزان آب مجازی در بسیاری از موارد سود کشاورزان نیز افزایش یافته و همین امر باعث خواهد شد که اجرای این طرح‌ها با موفقیت همراه باشد.
- با توجه به تمامی مطالب گفته شده بهترین تغییر در میان تمامی حالات تعریف شده با در نظر گرفتن کاهش میزان آب مجازی و افزایش سود کشاورز و همچنین ممکن بودن اجرای طرح حالت 3-6&3-7 از سناریو دوم با تغییر ۳۰ درصدی سطح زیر کشت و حالت 3-6&end از سناریو دوم احتمالاً با موفقیت بیش‌تری همراه باشند. در سناریو دوم افزایش سود کشاورز ۴۶ درصد و کاهش میزان آب مجازی ۹/۱۴ درصد و در سناریو سوم افزایش سود کشاورز ۷۹ درصد و کاهش میزان آب مجازی ۱۲/۱ می‌باشد.
- هرچه درصد تغییر سطح زیر کشت افزایش می‌یابد شرایط بهتر و نتیجه بدست آمده ایده‌آل‌تر می‌باشد ولی بایستی این موضوع را نیز در نظر گرفت که تغییرات بیش از ۳۰ درصد سطح زیر کشت محصولات در یک منطقه مشکل و تقریباً غیر ممکن است و از طرفی باید توجه داشت که در حالات مذکور از سناریو دوم و سوم دارای محصول استراتژیک گندم بوده و در نتیجه تغییرات بیش از ۳۰ درصد آن توصیه نمی‌شود.

۵-۲- پیشنهادات پژوهشی

۱. تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصاویر دقیق‌تر (تصاویری با Resolution بالاتر) جهت بررسی دقت کار و کاهش درصد خطای موجود.
۲. همچنین انجام طبقه‌بندی با استفاده از سایر روش‌ها مانند روش حداکثر احتمال Maximum likelihood، روش Neural network، روش Minimum distans و ...
۳. در مبحث آب مجازی موضوع صادرات و واردات محصولات نیز در نظر گرفته و مورد بررسی قرار گیرد.
۴. محصولاتی که در منطقه وجود ندارد به صورت کشت جایگزین در نظر گرفته شود و تأثیر آن‌ها بر روی میزان آب مصرفی مورد ارزیابی قرار گیرد.

۵. تهیه الگوی بهینه کشت به صورت برنامه‌نویسی انجام شود و با استفاده از روش‌های هوشمند مانند الگوریتم ژنتیک و ... مورد بررسی قرار گیرد.
۶. عوامل دیگری نظیر خاک منطقه، اقلیم و دیگر پارامترهای محیطی مشابه نیز در تابع هدف بهینه‌سازی لحاظ شود.
۷. بررسی نوع آب منطقه از نظر pH و شوری صورت گرفته و جایگزین کردن گیاهانی که با آب منطقه همخوانی دارند؛ در راستای بازده بهتر محصولات و کمتر مصرف شدن میزان آب.
۸. سختی کار و نوع ماشین آلات استفاده شده برای کشت محصولات بررسی شود.

۵-۳- پیشنهادات اجرایی

۱. بیشترین رنج و مشقت این تحقیق، ناشی از تهیه آمار و اطلاعات لازم بود که مدت زیادی به طول انجامید. از این رو پیشنهاد می‌شود نه تنها برای تهران بلکه تمام شهرهای کشور، نقشه کاربری اراضی به روز و دقیق در دسترس باشد.
۲. روش‌های جدید برای جمع‌آوری اطلاعات کشاورزی استفاده گردد زیرا مشکل دقیق نبودن و به روز نبودن اطلاعات در خصوص کشاورزی کشور همواره تا به امروز وجود داشته و یک ضعف برای کشور محسوب می‌شود.
۳. بانک جامع اطلاعات شهری برای هر شهر که شامل اطلاعات بارش، تبخیر، مساحت مناطق شهری و زراعی، مساحت فضای سبز و مراتع و سایر اطلاعات مورفولوژیکی، توسط تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا تهیه گردد.
۴. اطلاعات ماهواره‌ای با دقت قابل قبول این فرصت را به ما می‌دهد که بتوانیم با حداقل نیروی انسانی و داده‌های مزرعه‌ای بهره‌وری مصرف آب را برآورد کنیم و در جهت بهبود مصرف آب گام برداریم.

پوست

ضمیمه (۱) - ضرایب گیاهی (K_c) برای استفاده فرمول فائو - پنمن - مونیتیت

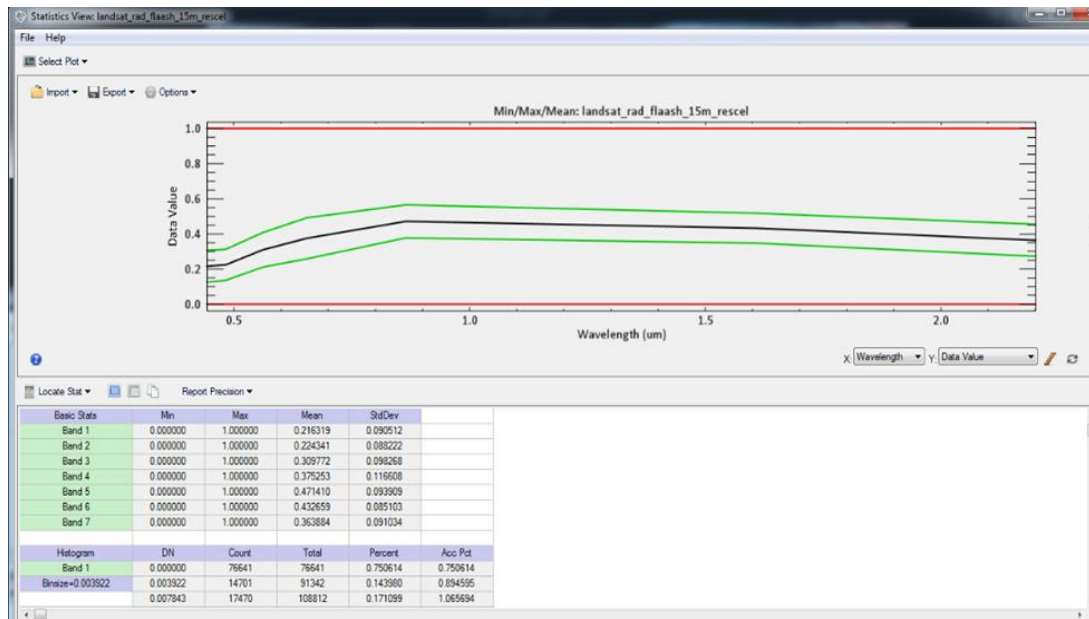
حداکثر ارتفاع گیاه (h)	ضریب گیاهی			نوع گیاه (crop)
	K_{c-end}	K_{c-mid}	K_{c-ini}	
۰/۷	۱/۳۵ - ۰/۹۵	۱/۴۰ - ۱/۰۰	۰/۵۰ - ۰/۴۰	یونجه
۱/۰	۰/۲۰ - ۰/۱۰	۱/۱۰ - ۱/۰۰	۰/۳۰ - ۰/۲۵	جو
۰/۶	۰/۹۵ - ۰/۵۰	۱/۰۵ - ۰/۹۵	۰/۴۰ - ۰/۳۰	لوبیا سبز
۰/۴	۰/۹۵ - ۰/۸۰	۱/۱۰ - ۰/۹۵	۰/۵۰ - ۰/۳۰	کلم
۰/۵	۰/۹۰ - ۰/۳۰	۱/۱۰ - ۱/۰۰	۰/۴۰ - ۰/۱۵	طالبی
۱/۹	۰/۶۰ - ۰/۳۵	۱/۲۰ - ۱/۰۵	۰/۵۰ - ۰/۲۰	ذرت دانه ای
۱/۸	۰/۸۰ - ۰/۷۰	۱/۲۰ - ۱/۰۵	۰/۵۰ - ۰/۲۰	ذرت شیرین
۱/۵ - ۰/۷	۰/۶۰ - ۰/۳۰	۱/۳۰ - ۱/۰۵	۰/۵۰ - ۰/۲۰	پنبه
۰/۸	۰/۸۰ - ۰/۷۰	۱/۰۰ - ۰/۹۰	۰/۴۰ - ۰/۲۰	خیار
۶ - ۴	۰/۸۵ - ۰/۵۰	۱/۲۰ - ۰/۸۵	۰/۵۰	درختان میوه خزان شونده
۵ - ۲	۱/۱۰ - ۰/۷۰	۱/۲۵ - ۱/۱۰	۰/۸۵ - ۰/۷۵	باغات باپوشش زیر درختی
۰/۹	۰/۹۰ - ۰/۸۰	۱/۱۰ - ۰/۹۵	۰/۵۰ - ۰/۲۵	بادمجان
۲	۰/۴۲ - ۰/۲۰	۰/۸۵ - ۰/۷۴	۰/۵۰ - ۰/۲۰	انگور
۰/۴	۰/۴۵	۱/۰۵ - ۰/۸۵	۰/۳۰ - ۰/۲۰	کاهو
۱۰ - ۶	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۶۰	زیتون
۰/۲	۰/۸۵ - ۰/۷۵	۱/۱۰ - ۰/۹۵	۰/۶۰ - ۰/۴۰	پیاز
۶ - ۳	۰/۳۵	۱/۱۰	۰/۱۰	پسته
۰/۳	۰/۷۵ - ۰/۴۰	۱/۲۰ - ۱/۱۰	۰/۵۵ - ۰/۴۰	سیب زمینی
۰/۷	۰/۸۰ - ۰/۷۰	۱/۰۰ - ۰/۹۰	۰/۴۰ - ۰/۲۰	کدو
۲	۰/۴۵ - ۰/۳۵	۱/۲۰ - ۱/۰۵	۰/۴۰ - ۰/۳۰	آفتابگردان
۰/۸	۰/۸۵ - ۰/۶۰	۱/۲۵ - ۱/۰۵	۰/۵۲ - ۰/۲۵	گوجه فرنگی
۰/۵	۰/۷۰ - ۰/۲۰	۱/۱۰ - ۱/۰۰	۰/۵۰ - ۰/۲۵	هندوانه
۱/۰	۰/۳۰ - ۰/۲۰	۱/۲۵ - ۱/۰۵	۰/۴۰ - ۰/۲۰	گندم

ضمیمه (۲) ماتریس خطاها بر اساس پیکسل مبنا

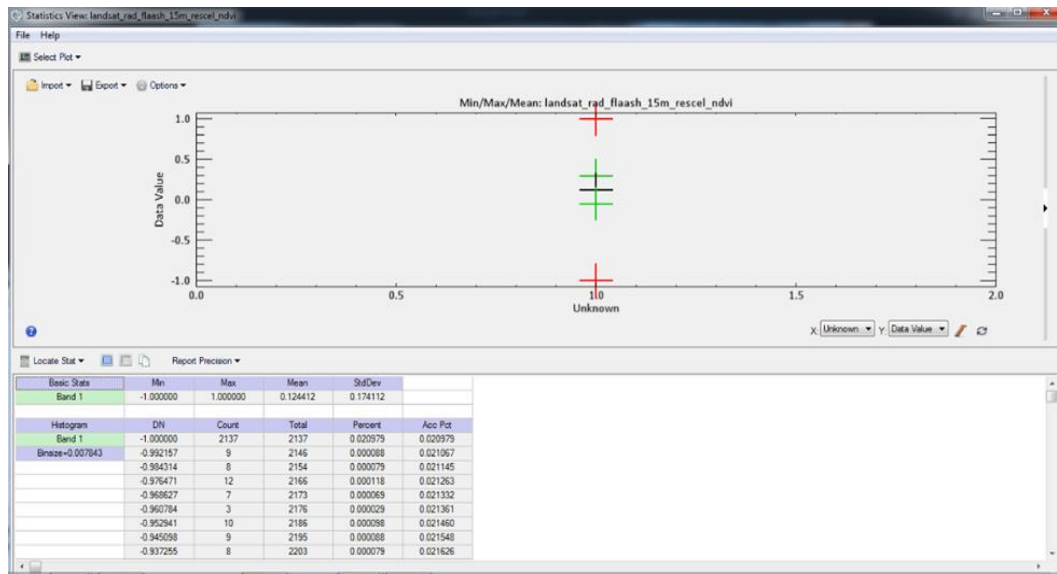
کلاس	انار	انگور	گندم	گوجه	جو	خی	بادمجان	پنبه	پس	طالبی	یونجه	زیت	ذرت	شهری	فاقد پوشش	مرتع	کل
کلاس خالی	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
انار	۱۳۸	۲۰	۲	۰	۰	۳	۲	۰	۱	۰	۳۳	۰	۰	۵	۰	۰	۲۰۴
انگور	۱۱	۱۵۸	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱	۲	۰	۱	۱۷۶
گندم	۰	۰	۱۰۷۷۳	۳	۴۵	۰	۰	۲	۰	۳۵	۷	۰	۰	۰	۰	۳	۱۰۷۸۰
گوجه‌فرنگی	۰	۰	۰	۶۹	۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۱	۷۸
جو	۱	۵	۱۲۲	۰	۱۳۹۲۰	۰	۰	۵۳	۱	۱۰	۴	۳	۱۴۹	۷	۰	۱۱	۱۵۳۰
خیار	۴۹	۱۲	۲	۰	۳	۲۳	۸۸	۰	۰	۰	۱۵	۰	۰	۳	۰	۱۷	۴۲۵
بادمجان	۵	۲	۰	۰	۱	۹	۵۴۵	۰	۰	۰	۳	۰	۰	۰	۰	۱۷	۵۸۲
پنبه	۰	۰	۱	۰	۱۵۰	۰	۲	۳۵۲	۰	۰	۰	۰	۲۲۸	۳	۰	۰	۶۸۸
پسته	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۳۱
طالبی	۰	۲	۸	۰	۶	۱	۰	۰	۱	۱۱۰	۱	۰	۰	۳	۰	۰	۱۳۱
یونجه	۳۹	۲۳	۳	۰	۰	۰	۲	۰	۰	۱	۱۳۳۰	۰	۰	۵	۰	۰	۱۴۰۳
زیتون	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۷	۱۸	۱	۰	۰	۰	۲۷
ذرت	۰	۳	۱	۰	۱۵	۰	۱	۵	۰	۰	۳	۰	۴۴۸	۰	۰	۱	۴۷۷
شهری	۱۱	۱۰	۴۳	۱	۳۴	۹	۰	۵	۱	۱	۳	۰	۲	۱۶۸۴۰	۱۳۶۵	۳۳۵	۱۸۳۶۰
فاقد پوشش گیاهی	۲۶	۸	۵۲	۰	۱۸	۳	۰	۰	۱	۰	۷	۰	۰	۱۰۹۶	۱۶۰۷۳	۱۰۱	۱۷۳۸۶
مرتع	۱۹	۳۰	۵	۰	۷	۱۸	۴۸	۲	۳	۰	۵	۰	۷	۱۸۵	۱۷۰	۵۸۸۹	۶۳۴۴
کل	۲۹۹	۲۷۳	۱۱۰۱۴	۷۳	۱۳۲۰۶	۳۷	۶۸۸	۴۱۹	۲۳	۱۵۸	۱۴۱۸	۲۱	۸۳۸	۱۸۱۴۹	۱۷۵۰۸	۶۲۹۹	۷۰۶۳۱

ضمیمه (۳) جدول خطای امیسیون و کمسیون

Class	Commission (Percent)	Omission (Percent)	Commission (Pixels)	Omission (Pixels)
pomegranate	34.60	53.85	73/211	161/299
grape	41.86	90.84	18/43	248/273
wheat	0.97	2.19	105/10878	241/11014
tomato	100.00	100.00	8/8	73/73
barley	4.75	2.17	645/13565	286/13206
cucumber	46.97	15.41	209/445	43/279
eggplant	6.58	23.69	37/562	163/688
cotton	58.60	18.38	484/826	77/419
pistachio	0.00	100.00	0/0	23/23
cantaloupe	95.65	99.36	22/23	156/157
alfalfa	7.06	6.21	101/1431	88/1418
olive	33.33	14.29	9/27	3/21
corn	10.47	70.41	29/277	590/838
urban	10.51	8.31	1954/18594	1509/18149
bereland	8.91	9.34	1553/17426	1635/17508
rangeland	8.49	7.77	536/6315	487/6266



شکل (۱) رنج مقادیر اعتبارسنجی تصحیح اتمسفری الگوریتم FLAASH



شکل (۲) نتیجه اعتبارسنجی محاسبه شاخص NDVI

منابع و مأخذ

منابع

- اردکانیان، ر. و سهرابی، ر. (۱۳۸۵) "تجارت آب مجازی: ادبیات جهانی و کاربرد در ایران" دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- اسدالهی، الف. (۱۳۸۲) "مدیریت تخصصی و بهره برداری بهینه از آب در کشاورزی" مجموعه مقالات نهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، تهران.
- اسدپور، ح.، خلیلیان، ص. و پیکانی، غ. (۱۳۸۴) "نظریه و کاربرد مدل برنامه ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه سازی الگوی کشت". اقتصاد کشاورزی و توسعه، ویژهنامه بهره‌وری و کارایی، شماره ۳۰۹، ص ۳۰۷-۳۳۸.
- اکبری، ا.، مجیدی، ا.، امیر احمدی، ا. (۱۳۹۲) "تهیه نقشه کاربری اراضی شهر سبزوار با استفاده از روش‌های حداکثر احتمال و شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه" فصلنامه آمایش محیط، شماره ۵۸، ص ۵۸-۷۸.
- ایمانی هرسینی، ج.، کابلی، م.، فقهی، ج.، طاهرزاده، ع. و اسدی، ع. (۱۳۹۳) "بررسی روند تغییرات کاربری-پوشش اراضی استان همدان در سه دهه‌ی گذشته با استفاده از تصاویر ماهواره ای" نشریه محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره‌ی ۶۷، شماره‌ی ۱، ص ۱-۱۲.
- آرخی، س. و نیازی، ی. (۱۳۸۹) "ارزیابی روش‌های سنجش از راه دور برای نظارت بر تغییر کاربری زمین. (مطالعه موردی: حوضه دره‌شار، استان ایلام)" جلد ۱۷، شماره ۱، مجله تحقیقات محدوده و کویری ایران، ص ۷۴-۹۳.
- آرخی، س. و م. ادیب نژاد. (۱۳۹۰) "ارزیابی کارایی دستگاه‌های بردار پشتیبانی برای طبقه بندی استفاده از زمین با استفاده از داده ETM earthat مطالعه موردی: سد تصویب ایلام" جلد ۱۸، شماره ۳، مجله ایرانی محدوده، ص ۴۲۰-۴۴۰.
- آشگرطوسی، ش. و تشکری بهشتی، ه. (۱۳۸۴) "بهینه سازی کم آبیاری در جهت حداکثر سودآوری (مطالعه موردی: اراضی پایاب سد دوستی سرخس" فصلنامه مه‌اب قدس، شماره ۳۱.
- آشورلو، م.، علیمحمدی، پ. و آشورلو، د. (۱۳۸۹) "کاربرد تحلیل تجزیه لاینکار برای تبعیض گندم از سایر محصولات بر روی تصاویر ماهواره ای" جلد ۴، شماره ۲، علوم محیطی، ص ۱۰۱-۱۱۶.
- بابازاده، ح. و سرائی تبریزی، م. (۱۳۹۱) "ارزیابی وضعیت کشاورزی استان هرمزگان از دیدگاه آب مجازی" جلد ۲۶، شماره ۴، مجله پژوهش آب در کشاورزی.

- باقری، م. و معززی، ف. (۱۳۸۹) "تعیین الگوی بهینه کشت: کاربرد روش برنامه ریزی امکان" جلد ۲، شماره ۱، مجله‌ی تحقیقات اقتصاد کشاورزی.
- برادران سیرجانی، ف.، کهنسال، م. و صبوحی، م. (۱۳۹۳) "کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه دو مرحله‌ای جهت تدوین الگوی بهینه کشت (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان مشهد)" جلد ۸، شماره ۴، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ص ۳۶۸-۳۷۶.
- بهرامی نسب، م.، دوراندیش، آ. و کهنسال، م. (۱۳۹۳) "کاربرد برنامه ریزی فازی با رهیافت بازه‌ای در تعیین الگوی بهینه کشت شهرستان اسفراین" جلد ۲۸، شماره ۱، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ص ۸۳-۹۱.
- پوران، ر.، راغفر، ح.، قاسمی، ع. و بزازان، ف. (۱۳۹۵) "محاسبه ارزش اقتصادی آب مجازی با رویکرد حداکثر سازی بهره‌وری آب آبیاری" سال ششم، شماره ۱، فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ص ۱۸۹-۲۱۲.
- پیروزی راد، م.، بخشوده، م.، عبدشاهی، ع. و نجاتی، ع. (۱۳۸۳) "تعیین بهترین زمان فروش و الگوی بهینه کشت بر اساس معیار پیشیمانی بهینه: مطالعه موردی زارعین منطقه رامجرد استان فارس" جلد ۳۵، شماره ۱، ص ۳۱-۳۷.
- چیدری، ا. و قاسمی، ع. (۱۳۷۸) "کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی" اقتصاد کشاورزی و توسعه، شماره ۲۸، ص ۶۱-۷۶.
- حسینی، آ.، مهرگان، ن. و ابراهیمی، م. (۱۳۹۵) "تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی باتاکید بر پیشینه کردن منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی مطالعه موردی: دشت بهار همدان" مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی، شماره ۳، ص ۱۲۳-۱۴۴.
- خجدین، س. و پورمنافی، س. (۱۳۸۷) "تعیین مناطق پدیج برنج با استفاده از داده‌های دیجیتالی حسگر IRS اطراف زاینده رود در منطقه اصفهان" جلد ۱۱، شماره ۱، مجله علمی و فناوری کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ص ۵۱۳-۵۲۷.
- خلیلیان، ص.، چیدری، ا. و افسری بادی، ر. (۱۳۹۱) "تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی با تاکید بر حداکثر کردن منافع اجتماعی و واردات آب مجازی مطالعه موردی: منطقه ورامین" فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. شماره ۷۹. ص ۱-۲۳.
- دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده منابع طبیعی. (۱۳۸۴) "طرح استفاده از تکنیک سنجش از دور و GIS برای ارزیابی تغییرات اکولوژی منظر پناهگاه حیات وحش موته".
- درویش صفت ع. (۱۳۷۷) "برآورد صحت نقشه‌های موضوعی پایگاه داده GIS" پنجمین همایش ماسانه‌های اطلاعات جغرافیایی، تهران.
- دشتی، قادر. و قادری نژاد، پ. (۱۳۹۲) "الگوی بهینه کشت محصولات زراعی با در نظر گرفتن مزیت نسبی استان ایلام" جلد ۷، شماره ۳، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ص ۱۹۵-۲۰۳.

- دهقان منشادی، ح.، نیک سخن، ح. و اردستانی، م. (۱۳۹۲) "برآورد آب مجازی حوضه آبخیز و نقش آن در سامانه‌های انتقال آب بین حوضه‌ای" سال ششم، مجله مهندسی منابع آب، ص ۱۰۱-۱۱۴.
- دهقانپور، ح. و بخشوده، م. (۱۳۸۷) "بررسی جنبه های محدود کننده تجارت آب مجازی در شهرستان مرودشت" جلد ۲۲، شماره ۱، مجله علوم و صنایع کشاورزی، ویژه اقتصاد و توسعه کشاورزی، ص ۱۴۷-۱۳۷.
- راهداری، و.، سفیانیان، ع.، ملکی، س.، خواجه الدین، ج. و راهداری، م. (۱۳۸۹) "تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی با استفاده از داده های ماهواره‌ای و سامانه های اطلاعات جغرافیایی GIS (مطالعه موردی پناهگاه حیات وحش موته)" شماره یک، دوره هجدهم، علوم و تکنولوژی محیط زیست، بهار ۹۵.
- رنگزن، ک.، اسفندیاری، ع. و تقی‌زاده، ا. (۱۳۹۰) "آشکارسازی و تعیین سطح زیر کشت گیاه نیشکر بر روی تصویر فرا طیفی Hyperion" همایش ملی ژئوماتیک ۹۰.
- روحانی، ن. و یانگ، ه. و سیچانی، س. و افیونی، م. و موسوی، ف. و کامگار، ع. (۱۳۸۷). ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران. مجله علمی- پژوهشی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴)، ۴۳۱-۴۱۷.
- روحانی، ن. و یانگ، ه. و سیچانی، س. و افیونی، م. و موسوی، ف. و کامگار، ع. (۱۳۸۷). ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران. مجله علمی- پژوهشی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲(۴)، ۴۳۱-۴۱۷.
- روحانی، ن.، یانگ، ه.، سیچانی، ا.، افیونی، س.، موسوی، س.، کامگار، ف. و حقیقی، ع. (۱۳۸۶) "ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران" جلد ۴۶، علوم و فنون، کشاورزی و منابع طبیعی، ص ۴۱۷-۴۳۲.
- روحانی، ن.، یانگ، ه.، سیچانی، س.، افیونی، م.، موسوی، ف. و کامگار، ع. (۱۳۸۷) "ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران" مجله علمی- پژوهشی علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، دوره ۱۲، ویژه نامه شماره ۴، ص ۴۳۱-۴۱۷.
- زارع ابیانه، ح.، آرام، م. و اخوان، ا. (۱۳۹۴) "ارزیابی حجم آب مجازی مبادلاتی محصولات عمده زراعی استان همدان" جلد ۹، شماره ۳، پیاپی ۱۸، مجله پژوهش آب ایران، ص ۱۵۱-۱۶۱.
- زهرایی، ب. و اسلامی، ع. (۱۳۸۵) "بهره برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی- روش الگوریتم ژنتیک و برنامه ریزی خطی" دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی اصفهان.

- ساروئی، س، نصیری، وع. (۱۳۸۱) "بهره گیری از فن آوریهای سنجش از دور و GIS در تهیه آمار ونقشه اراضی زیر کشت برنج در شمال کشور" همایش ژئوماتیک ۸۱، سازمان نقشه برداری کشور.
- سالامی، س. و کاظمی، ف. (۱۳۸۶) "استفاده از تصاویر ماهواره ای IRS به منظور ارائه برنج نقشه توزیع در منطقه مارو-دشت" کنفرانس ژئوماتیک ۹۸، سازمان توپوگرافی ملی، تهران ایران.
- سبزقبایی، غ، جعفرزاده، ک، دشتی، س، یوسفی خانقاه، ش. و بزم آرا بلشتی، م. (۱۳۹۴) " آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان قائم شهر) " علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، شماره سه، پاییز ۹۶.
- سفیانیان، ع. و خداکرمی، ل. (۱۳۹۰) " تهیه نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه بندی فازی (مطالعه موردی سه زیر حوزه آبخیز کیودر آهنگ، رزن-قهاوند و خونجین-تلخاب در استان همدان)" شماره چهارم، آمایش سرزمین، ص ۹۵-۱۱۴ .
- شتایی، ش. و عبدی، ا. (۱۳۸۶) "تهیه ی نقشه ی کاربری اراضی در مناطق کوهستانی زاگرس با استفاده از داده های سنجنده ی (ETM+ منطقه ی مورد مطالعه : حوزه سرخاب خرم آباد لرستان)"جلد چهاردهم، شماره اول، مجله ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی.
- شعبانی، م، هنر، ت. و زیبایی، م. (۱۳۸۷) "مدیریت بهینه در مصرف آب و الگوی کشت در شرایط استفاده تلفیقی از منابع سطحی و زیرزمینی" شماره ۴۴، ص ۵۳-۶۷.
- شعبانی، م، هنر، ت. و زیبایی، م. (۱۳۸۷) "مدیریت بهینه در مصرف آب و الگوی کشت در شرایط استفاده تلفیقی از منابع سطحی و زیرزمینی" شماره ۴۴، سال دوازدهم، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی.
- شعبانی، م. (۱۳۸۵) "مدیریت بهینه در مصرف آب و الگوی کشت در شبکه آبیاری و زهکشی درودزن با استفاده از سیستم اطلاعاتی جغرافیایی (GIS)" پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته آبیاری و زهکشی، دانشگاه شیراز.
- صبوچی، م. و سلطانی، غ. (۱۳۸۷) "بهینه سازی الگوهای کشت در سطح حوضه آبریز با تأکید بر منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی (مطالعه موردی : منطقه خراسان)" مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره ۴۳ (الف)، ص ۲۹۷-۳۱۳.
- عبدالله زاده، م. و برادران نصیری، م. (۱۳۸۶) " تعیین سطح زیر کشت محصول سیب زمینی در شهرستان بروجن با استفاده از سری زمانی تصاویر IRSP6 " موسسه پژوهش های برنامه ریزی و اقتصادی کشاورزی.

- علمی، ز. میربلوچ زهی، م. (۱۳۹۴) "مدیریت آب مجازی، راهی برای برون رفت کشورها از بحران کم آبی" کنفرانس بین المللی علوم و مهندسی، دبی-امارت.
- علیپور، ف.، آق خانی، م.، عباسپورفرد، م. و سپهر، ع. (۱۳۹۲) "تفکیک محدوده و تخمین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی به کمک تصاویر ماهواره ای ETM+ (مطالعه موردی: مزرعه نمونه آستان قدس رضوی)" جلد ۴، شماره ۲، نشریه ماشین های کشاورزی، ص ۲۵۴-۲۴۴.
- غفاری، ا.، منتظر، ع. و رحیمی جمنانی، ع. (۱۳۸۹) "توسعه و ارزیابی مدل تعیین الگوی کشت بهینه شبکه های آبیاری با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی" جلد ۲۴، شماره ۶، نشریه آب و خاک، ص ۱۱۲۸-۱۱۱۹.
- غلامعلی فرد، م.، فاتحی، ا.، بیدل، ح. و غفوری، ب. (۱۳۹۴) "تحلیل وابستگی تغییرات کاربری اراضی شهرستان مشهد با پارامترهای توپوگرافی در محیط GIS" دوره ۱۹، ویژه نامه شماره ۵، علوم و تکنولوژی محیط زیست.
- فتحی زاده، ح.، آرخی، ص. و تازه، م. (۱۳۹۲) "بررسی روش های مختلف آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: منطقه خشک مهران)" جلد ۳، شماره ۱، دو فصلنامه علمی-پژوهشی خشک بوم، ماهنامه سنبله، شماره ۲۱۳، تهران، ص ۲۸-۲۹.
- فیضی زاده، ب.، عزیزی، ج.، ولیزاده، ک. (۱۳۸۶) "استخراج کاربری های اراضی شهرستان ملکان با استفاده از تصاویر ماهواره ای تصاویر ETM+ لندست ۷" جلد ۲، شماره ۳، مجله آمایش سرزمین، ص ۱-۱۰.
- قاسملو، ن.، مباحثی، م. و رضایی، ی. (۱۳۸۸) "تشخیص نوع گیاه با استفاده از ویژگی های طیفی و شبکه عصبی مصنوعی" همایش ملی ژئوماتیک ۸۸.
- کرمی قهپی، ف.، علیخواه اصل، م.، رضوانی، م. و بکائیان، ف. (۱۳۹۵) "تهیه نقشه پوشش اراضی منطقه رودبار قصران (شهرستان شمیرانات) با تکنیک سنجش از دور" شماره چهل و دوم، فصلنامه انسان و محیط زیست، پاییز ۹۶.
- کهنسال، م. و فیروز زراع، ع. (۱۳۸۷) "تعیین الگوی بهینه کشت همسو با کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه، مطالعه موردی استان خراسان شمالی" شماره ۶۲، سال شانزدهم، فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ص ۱-۳۱.
- لطیف زاده، ش.، مختاران، ر.، لطیف زاده، ل. و حمزه، س. (۱۳۸۹) "تعیین الگوی کشت بهینه در راستای مدیریت مصرف آب کشاورزی در حوزه شبکه آبیاری عقیلی-گتوند" شماره ۱، فصلنامه مهندسی آب، ص ۶۱-۶۷.

- محمدظاهری، م.، توپسرکانی، ف. و ایزدپناه، س. "جریان آب مجازی کشاورزی در دنیا از دیدگاه اقتصادی" دومین کنفرانس علوم، مهندسی و فناوری‌های محیط زیست.
- محمدی، ح.، سرگزی، ع.، دهباشی، و. و پودیه، م. (۱۳۹۴) "بهینه سازی الگوی کشت با تأکید بر منافع اجتماعی در بهره‌برداری منطقی آب در تولید محصولات زراعی: مورد استان فارس" دوره هفتم، شماره ۴، علوم و تکنولوژی محیط زیست.
- محمدیان، ف.، شاهنوشی، ن.، قربانی، م. و عاقل، ح. (۱۳۸۹) "تدوین الگوی زراعی پایدار در دشت فریمان- تربت جام" جلد ۴، شماره ۱، مجله اقتصاد کشاورزی، ص ۱-۴.
- محمدیان، ف.، علی زاده، ا.، نیریزی، س. و عربی، ا. (۱۳۸۷) "طراحی الگوی زراعی پایدار با تأکید بر مبادله ی مجازی (مطالعه موردی : دشت فریمان- تربت جام" جلد ۲، شماره ۱، مجله آبیاری و زهکشی ایران، ص ۱۰۹-۱۲۶.
- مرادی، ف.، مختاری، م.، اردکانی، ع. (۱۳۹۲). ارزیابی کمی میزان توسعه شهر با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی : دشت ورامین)، همایش ملی معماری، شهرسازی و توسعه پایدار با محوریت از معماری بومی تا شهر پایدار، مشهد، موسسه آموزش عالی خاوران.
- موسوی، ن. و اکبری، م. و سلطانی، غ. و زارع مهر جردی، م. (۱۳۸۸) "آب مجازی؛ راهکاری نوین در جهت مقابله با بحران آب" همایش ملی مدیریت بحران آب.
- موسوی، ن.، اکبری، م.، سلطانی، غ. و زارع مهر جردی، م. (۱۳۸۸) "آب مجازی؛ راهکاری نوین در جهت مقابله با بحران آب" همایش ملی مدیریت بحران آب.
- موسوی، ن.، اکبری، م.، سلطانی، غ. و مهر جردی، م. (۱۳۸۸) "آب مجازی؛ راهکاری نوین در جهت مقابله با بحران آب" همایش ملی مدیریت بحران آب، دانشگاه آزاد اسلامی مرودشت.
- میرکریمی، ش.، جولایی، ر.، اشرفی، ف. و شیرانی بیدآبادی، ف. (۱۳۹۵) "مدیریت الگوی کشت محصولات زراعی با تأکید بر ملاحظات زیست محیطی" دوره هجدهم، ویژه‌نامه شماره ۳، علوم و تکنولوژی محیط زیست.
- نصیری، س. و ناصری‌راد، ه. (۱۳۹۰) " جایگاه و ارزش آب مجازی در عرصه کشاورزی ایران و جهان"
- وکیلی، ع. (۱۳۷۹) سخنرانی کلیدی در گردهمایی اقتصاد آب، مجله آب و توسعه، شماره ۱۵، ص ۱۳-۱۸.
- یوسفی، ص.، تازه، م.، میرزایی، س.، مرادی، ح.، توانگر، ش. (۱۳۹۰). مقایسه الگوریتم های مختلف طبقه بندی تصاویر ماهواره ای در تهیه ی نقشه کاربری اراضی (مورد مطالعه : شهرستان نور) ، مجله ی کاربری سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی (سال دوم، شماره ۲)

- Alig R.J. Kline J. D. and Lichtenstein M. (2004). "Urbanization on the US landscape: Looking ahead in the 21 century". *Landscape Urban Plan*, 69. PP 219–234.
- Allan, J. A. (1997). "Virtual Water: A Long-term Solution for Water-Short Middle Eastern Economies?", Paper presented at British Association Festival of Science, Roger Stevens Lecture Theatre, University of Leeds, Water and Development Session-TUE.51, 14.45.
- Bocco, M., G. Ovando, S. Sayago, and E. Willington. 2007. Neural network models land cover classification from satellite images. *Agriculture Tecnica* 67 (4):pp 414-421.
- Caren, C. D., J. M. David, and C. R. Volker. 2001. Phonological difference in tasseled cap indices improves deciduous forest classification. *Remotesensing of Environment* 80: 460-472.
- Celik Y.B., Paksoy S. 1998. Changes in cropping patterns in the newly irrigated parts of the harran plain and comparisons with the planned cropping pp. 301.
- Chapagain, A. K., A.Y., Hoekstra, and. H. H. G. Savenije, (2005). Saving water through global trade. Value of Water Research Report Series No. 17, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Chapagain, A.K., and Hoekstra A.Y.(2003), "Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products". Value of Water Research Report Series No. 13, Delft.
- De Fraiture C, Wichelns D, Rockström J, Kemp-Benedict E, Eriyagama N, Gordon LJ, et al. Looking ahead to 2050: scenarios of alternative investment approaches. *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. London, UK: Earthscan; 2007. p. 91–145.
- De Moraes, J. F. L., Teyler, T., Cerri, C.C., Volkoff, B., 1998, Land cover mapping and carbon pools estimates in Rondonia, Brazil, *International Journal of Remote Sensing*, 19 (5):921-934.
- Elizabeth, A. W., William, L., Stefanov, C.G., Diane, H., 2006. Land use and land cover mapping from diverse data sources for an arid urban environments. *Computers, Environment and Urban Systems* 30(3): 320–346.
- Fan F., Wang Q., Wang, Y., 2007. Land use and land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM+ imagery. *Sensors* 7: 1323-1342.
- Foody, M. G., and A. Mathur. 2006. The use of small training sets containing mixed pixels for accurated hard classification: Training

- on mixed spectral response for classification by SVM. *Remote Sensing of Environment* 103 (2): 179-189.
- Gleick, P. H. (2003). "Global freshwater resources: Soft-path solutions for the 21st century", *Science* 1089967, American Association for the Advancement of Science Publishing, 302: 1524-1528.
 - Helming K., 2008. *Sustainability Impact Assessment of Land use Changes*. Springer. Berlin Heidelberg, New York. PP 507.
 - Hoekstra, A.Y., P.Q. Hung, 2002. "Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade". *Value of Water Research. Report Series No. 11*. Delft, The Netherlands, IHE.
 - Hoekstra, A. Y. (Ed.). 2003. "Virtual water trade: processing of the international expert meeting on virtual water trade". *Value of the Water Research Report Series No. 12*, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
 - Hoekstra, A.Y.and Hung, P.Q.(2005), "Globalization of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade", *Global Environmental* .
 - IWMI (International Water Management Institute). (2006). "Water for food, water for life. from the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture". *Stockholm World Water Week*.
 - Jensen J.R., 2007. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Pearson Hall, p 592.
 - Jihad-e-Agriculture Organization of Golestan Province (2010) *Statistics Report of 2010-2009 Years*. Statistics and Information Office, Gorgan. 24p.
 - Li, X., Yeh, A. G. O., 1998. Principal component analysis of stacked multitemporal images for the monitoring of rapid urban expansion in the Pearl River Delta. *International Journal of Remote Sensing* 19, 1501–1518.
 - Oki, T. and Kanae, S. (2004), "Virtual water trade and world water resources", *Water Science and Technology* 49(7): pp. 203-209.
 - Rahman, R. Saha, S. (2008). "Remote sensing, Spatial multi criteria evaluation (SMCE) and analytical hierarchy process (AHP) in optimal cropping pattern planning for a flood prone area". *Journal of spatial science*. 53(2):161-177.
 - Sawasawa, H.L.A. (2003). "Crop yield estimation: integration RS, GIS and m anagement factors". ITC, International Institute for Geo-information science and earth observation enschede, The Netherlands.

- Schowengerdt, R. A. 1997. Remote sensing, models and methods for image processing. Academic Press, United States.
- Singh DK, Jaiswal CS, Reddy KS, Singh RM and Bandarkar DM, 2001, "Optimal cropping pattern in a canal command area. Agricultural Water Management", No.
- Turton, A. R. (2000). "Precipitation, people, pipelines and power: Towards a virtual water based political ecology discourse", MEWREW Occasional paper NO 11.
- Verkerk, M. P., A. Y., Hoekstra, and , P. W. Gerbens-Leenes (2008). Global water governance: conceptual design of global institutional arrangements. Value of Water Research Report Series No. 26, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Wardlow, D.B., L.E. Eghbert and J.H. Castens (2007). "Analysis of timeseries MODIS 250m vegetation index data for crop classification in the U.S. Central Great plains". Journal of Remote Sensing of Environment.108:290-310.
- Zhang J., Zhang Y., (2007). "Remote sensing research issues of the national land use change the national land use change program of China". ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, PP 461–472.

Abstract

The water resources restriction due to the geographical and climatic location of Iran makes the optimal use of available water resources available in the country inevitable. Regarding consumption of more than 80 percent of water resources in agriculture, the optimal cultivating pattern is one of the effective methods for solving water crisis. In order to achieve this goal, the preparation of land use map is one of the necessary measures. Considering that the study of the condition of agricultural lands requires a lot of time and cost, and most of the data are not accurate and practical, today the use of remote sensing data is considered for cost, less time, high accuracy, integrity and broadness compared to other information gathering methods. In this study, cultivating crops and orchards in VARAMIN Plain were determined by remote sensing technology using the ENVI software and Landsat 8 satellite images of OLI sensors and validated by field surveys. Land use map prepared by satellite imagery using SVM was validated by field survey at 1030 points, the results of validation showed a general accuracy of 91.81 percent and Kappa coefficient of 0.89. According to the area under cultivation of each product, the water requirement of the products was obtained by PENMAN-FAO-MONTEITH method, then, considering the performance and water requirement of each product, its virtual water content was calculated. Finally, in order to determine the optimal cultivar pattern, three scenarios with respect to the need for water were reduced by reducing the amount of 10, 20 and 30% of the area under the cultivation of the first three products and increasing its value to the cultivar other products with less water requirements. In all three scenarios, in all cases, total water consumption has decreased while farmer's profit changes have not been clear but in most cases declined. On the other hand, the reduction in water consumption is not significant, and it seems that the recommendation of this scenario is not economically feasible. Also, changing the pattern of cultivation with regard to virtual water was studied in three scenarios in two groups of three and five. In the first scenario, three or five first products with the highest amount of virtual water decreased by 10, 20 and 30 percent, and reduced to other products with virtual water. In the second scenario, the crop cultivations, which consumed more virtual water, reduced by 10, 20 and 30 percent, and added to the three-fold and five-folds to the next category, which had less virtual water than the first one, respectively. In the third scenario, respectively, virtual water drainage is divided into three and five, and each of 10, 20 and 30 percent of the cultivated area is reduced to three or five end products with the lowest amount of virtual water consumption have been added. A total survey of all scenarios showed that the best proposed scenario with the aim of minimizing the water consumption and maximizing the farmers' profit in the area was related to a 30 percent reduction in barley, wheat, alfalfa, and it's added to tomato, corn, Cantaloupe or Eggplant, Cucumbers and tomato. In the first case, virtual water loss decreased by 12.1 percent and farmer's profit increased 79.3 was percent and the second was the increase of porofit of 42.6 percent, and virtual water decline was 9.14 percent

Keywords: Land use mapping, remote sensing technology, Optimum cultivating pattern, Virtual water, VARAMIN Plain



**Shahrood University of
Technology**

Faculty of Agriculture

M.Sc. M.A. Thesis in Hydraulic Structures

**Specification pattern optimum tillage afield varamin per virtual
water**

By: Zahra Najafzadeh

Supervisors:

Dr. Zahra Ganji norozi

Dr. Vajihe Dorostkar

Advisors:

Dr. MohammadHadi Movahednejhad

Dr. Rozbeh Moazenzadeh

June 10 ,2019