

## برآورد سطح تراکم کشت با استفاده از اطلاعات ماهواره ای

مهدی اکبری\*1

استادیار تحقیقات کشاورزی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج؛

akbari\_m43@yahoo.com

### چکیده

یکی از پارامترهای مهم به منظور مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی، تعیین آب مورد نیاز در سطوح مختلف حوضه و شبکه‌های آبیاری است. به منظور برآورد دقیق آب مورد نیاز در سطح حوضه و شبکه‌های آبیاری، نقشه‌های به هنگام شده سطح زیر کشت، الگوی کشت، و نیاز آبی (تقاضای آب) مورد نیاز می‌باشد که تهیه آن‌ها به کمک سنجنش از دور قابل انجام است. در این پژوهش سطح و تراکم کشت در شبکه‌های آبیاری حوضه زاینده رود با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای تعیین شد. برای بدست آوردن داده‌های مورد نیاز، از یک سری زمانی از اطلاعات ماهواره NOAA/AVHRR که به آسانی قابل دسترس است، استفاده شد. با توجه به پایین بودن دقت مکانی این سری زمانی، ابتدا با استفاده از یک تصویر ماهواره Landsat 7 ETM+ واقع در سری زمانی مذکور، دقت مکانی داده‌های موجود افزایش داده شد و سپس با پیش پردازش داده‌های سری زمانی در طول دوره رشد، ضریب بازتاب پوشش سطح زمین، ضریب تابش پوشش سطح زمین در باندهای مختلف، شاخص‌های گیاهی NDVI و SAVI تعیین و سطح زیر کشت واقعی و تراکم کشت در شبکه‌های مورد نظر در حوضه زاینده رود محاسبه شد. نتایج نشان داد که در اکثر شبکه‌های آبیاری سطح زیر کشت واقعی بیشتر از سطح طراحی شده شبکه می‌باشد این موضوع مبین این است که بخشی از سطح زیر کشت واقعی در اراضی خارج از سطح طراحی شبکه می‌باشد. سطح طراحی شبکه‌های سمت راست آبشار و نکوآباد 15000 و 13500 هکتار می‌باشد، اما سطح زیر کشت واقعی برآورد شده از اطلاعات ماهواره NOAA برای شبکه‌های مذکور به ترتیب 16700 و 16250 هکتار را نشان می‌دهد. برای سایر شبکه‌ها نیز روند مشابهی مشاهده شد. تراکم کشت در شبکه‌های نکوآباد و آبشار به دلیل کشت دو محصول در سال از جمله گندم و جو در زمستان و برنج و سبزیجات در تابستان نسبتاً بالا و بین 72 تا 81 درصد است. این نتایج نشان داد که از اطلاعات ماهواره‌ای موجود می‌توان به عنوان یک ابزار مناسب و قابل اعتماد در بررسی سطح زیر کشت و مدیریت آبیاری حوضه و شبکه‌های آبیاری استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: اصفهان، سنجنش از دور، شبکه‌های آبیاری، شاخص‌های گیاهی

## مقدمه

آب یکی از مهمترین عوامل محدود کننده توسعه کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک می باشد. استفاده بی رویه و خشکسالی های اخیر، باعث مشکلات زیادی در مدیریت منابع آب شده است. برای جلوگیری و خروج از بحران آب، نیاز به مدیریت مناسب منابع آب و آبیاری است. آبیاری از عوامل مهم توسعه کشاورزی بوده و نزدیک به 50 درصد افزایش تولید مواد غذایی در جهان مرهون توسعه آبیاری طی سال های 1960 تا اواسط 1980 بوده است (لطفی، 1381). این افزایش قابل ملاحظه در تولید محصول، بدون امکانات دسترسی به آب و استفاده صحیح از سایر نهاده های کشاورزی امکان پذیر نبود. مدیریت نامناسب آبیاری موجب شور و زهدار شدن زمین های کشاورزی شده، بیشتر طرح های آبیاری را با مشکل روبرو ساخته و تولید محصول را به شدت کاهش داده است. از سویی، به علت افزایش جمعیت و نیازهای آبی آن، رقابت سنگینی بر سر استفاده از منابع آب در مناطق خشک و نیمه خشک به وجود آمده و انتظار می رود که در آینده نزدیک نیازهای شهری و صنعتی نسبت به نیازهای آبیاری اولویت پیدا کند. بنابراین، به نظر می رسد که محدودیت منابع آب و استفاده نامطلوب و غیر اقتصادی از آن عامل اصلی محدود کننده توسعه کشاورزی و افزایش تولیدات غذایی در ایران است. لذا بررسی مستمر وضعیت موجود سطح زیر کشت و تراکم کشت و برآورد دقیق میزان آب مورد نیاز و یافتن راهکارهایی به منظور کاهش مصرف آب ضروری است.

سطح زیر کشت و الگوی کشت از مهمترین پارامترهای مورد نیاز در برآورد میزان آب مورد نیاز در سطح حوضه و شبکه های آبیاری هستند که اندازه گیری آن مشکل و به هزینه و زمان زیادی نیاز است و تخمین مقدار آن دارای محدودیت است. پیشرفت روز افزون فناوری سنجنش از دور امکان برآورد دقیق سطح زیر

کشت و الگوی کشت و توزیع زمانی و مکانی آن را در سطح وسیع فراهم نمود (Jiang et al., 2008, 2006; Jimen 2009). از علل اصلی این توجه می توان به دقت مکانی و زمانی قابل قبول در این روش ها اشاره کرد. مطالعات زیادی به منظور تعیین صحت و سقم نتایج حاصل از کاربرد مدل ها و فناوری های ماهواره ای در تعیین تبخیر-تعرق واقعی و مدیریت آبیاری شبکه های آبیاری انجام شده است (اکبری و همکاران، 1390). نتایج حاصل از این مقایسه ها رضایت بخش بوده و اختلاف حدود 5 تا 10 درصد را نشان داده است (Akbari et al 2007; Choudhury, 1994; Bastiaanssen et al., 2000; Parodi, 2002). محققان از اطلاعات ماهواره ای برای تشخیص یکنواختی محصول، درصد پوشش گیاهی، تنش آبی و مدیریت شبکه های آبیاری در مصر، هند، پاکستان، سری لانکا، آرژانتین و ایران استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در 85 درصد موارد پارامترهای مذکور برآورد شده از سنجنش از دور با اندازه گیری های مزرعه ای مطابقت داشته است (Bastiaanssen et al., 1996; James et al., 2009; Jiang and Coauthors, 2010). در همین راستا، Bandara (2003) سه شبکه بزرگ آبیاری در سری لانکا را با استفاده از اطلاعات ماهواره NOAA-14/AVHRR ارزیابی نمود. این محقق برای ارزیابی شبکه های فوق الذکر از شاخص های مختلفی شامل عرضه نسبی آب، راندمان آبیاری، سودمندی زمین، سودمندی آب ورودی و سودمندی آب تخلیه شده استفاده کرد. مقایسه مقادیر برآورد شده از اطلاعات ماهواره ای مطابقت خوبی با مقادیر واقعی مزرعه ای را نشان داد.

تحقیقات زیادی توسط محققان مختلف از جمله Ray و همکاران (2002) در خصوص استفاده از اطلاعات سنجنش از دور در برآورد بهره وری از آب در شبکه های آبیاری انجام شده است. این محققین با استفاده از اطلاعات سنجنش از دور و بکارگیری شاخص های

معایب خاص خود می‌باشند. لذا در این تحقیق از تلفیق مدل‌ها، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، اطلاعات سنجش از دور و مزرعه‌ای به منظور مدیریت در شبکه‌های آبیاری و زهکشی استفاده شد. هدف اصلی این پژوهش برآورد سطح زیر کشت و تراکم کشت در شبکه‌های آبیاری حوضه زاینده رود اصفهان و ارائه راهکارهایی به منظور استفاده بهینه از آب در آینده می‌باشد.

#### مواد و روش‌ها

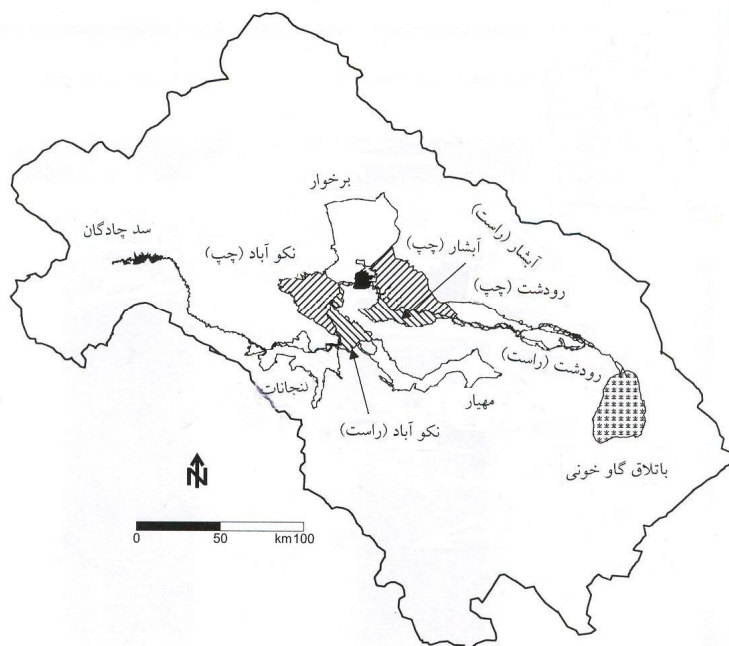
حوضه زاینده‌رود با مساحتی بالغ بر 41500 کیلومتر مربع، از نظر کشاورزی دارای اهمیت قابل توجهی است. زاینده‌رود به طول حدود 350 کیلومتر از رشته کوه‌های زاگرس در غرب ایران به سمت باتلاق گاوخونی در شرق جریان دارد و در نهایت به باتلاق گاوخونی که یک نمک‌زار طبیعی است، ختم می‌شود. این حوضه شامل نه شبکه آبیاری است و این تحقیق در چهار شبکه اصلی شامل شبکه‌های سمت چپ و راست نکوآباد و آبشار به مساحت کلی 135 هزار هکتار انجام شده است (شکل 1).

مختلف از جمله شاخص گیاهی NDVI<sup>1</sup>، عرضه نسبی آب<sup>2</sup> (نسبت کل آب عرضه شده به آب مورد نیاز آبیاری) و سودمندی آب یک شبکه آبیاری به وسعت 212000 هکتار را ارزیابی نمودند. نتایج تحقیق مذکور حاکی از توزیع نامناسب مکانی و زمانی آب بود. سودمندی آب در بخش‌های بالادست شبکه به علت دسترسی بیشتر به آب، کمتر از قسمت‌های پایین دست شبکه بدست آمده است. در تحقیقی دیگر در ایالات متحده آلن و همکاران مقادیر تبخیر-تعرق واقعی برآورد شده از روش سنجش از دور را با مقادیر لایسیمیتری مقایسه کردند. مقادیر تبخیر-تعرق ماهانه 16% و فصلی 4/3% با مقادیر لایسیمیتری تفاوت داشت (Allen et al, 2003). تحقیقات زیادی در خصوص استفاده از سنجش از دور به منظور برآورد سطح زیر کشت، برآورد تبخیر-تعرق واقعی و بهبود مدیریت آبیاری، انجام شده است که مبین اهمیت استفاده از فناوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در بررسی سطح زیر کشت، نحوه بهره‌برداری، مدیریت آبیاری و بهبود سودمندی آب در حوضه و شبکه‌های آبیاری است. نتایج این تحقیقات نشان داد که روش سنجش از دور مطابقت خوبی با برآوردهای حاصل از روشهای محاسباتی دارد (James et al., 2009; Jiang and Coauthors, 2010; Bandara, 2003; Bastiaanssen and Chandrapala, 2003; Chemin et al., 2004; Martin et al., 2003).

با توجه به مطالب فوق فناوری سنجش از دور می‌تواند نقش موثری در تعیین وضعیت موجود مدیریت آبیاری و یافتن راهکارهایی به منظور کاهش مصرف آب و استفاده بهینه از آن ایفا نماید. برای دستیابی به این مهم به نقشه‌های به هنگام سطح زیر کشت، الگوی کشت و تبخیر-تعرق نیاز است که از طرق مختلفی از جمله اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای، مدل‌ها و فناوری‌های ماهواره‌ای امکان پذیر است. هر کدام از این ابزارها دارای محاسن و

1- Normalized Difference Vegetation Index

2- RWS, Relative Water Supply



شکل 1- شمای کلی حوضه زاینده رود و شبکه های آبیاری موجود در آن

### تعیین شاخص های گیاهی

به منظور دستیابی به اهداف این تحقیق ضمن انجام پیش پردازش<sup>1</sup> اطلاعات سنجنش از دور، اطلاعات مورد نیاز به منظور برآورد شاخص های گیاهی محاسبه شد. در نهایت با استفاده از شاخص های گیاهی  $NDVI^2$  و  $SAVI$ ، سطوح زیر کشت واقعی و تراکم کشت در شبکه های مختلف به شرح زیر تعیین شد. این شاخص ها از مشهورترین شاخص های گیاهی هستند که در بیشتر تحقیقات و بررسی های ماهواره ای به عنوان نمادی از تراکم پوشش گیاهی استفاده می شود. شاخص های گیاهی  $SAVI$  و  $NDVI$  از مشهورترین شاخص های گیاهی هستند که در بیشتر تحقیقات و بررسی های ماهواره ای به عنوان نمادی از تراکم پوشش گیاهی استفاده می شود. همچنین از این شاخص ها در برآورد ضریب تابش پوشش

این حوضه از نظر اقلیمی، خشک و نیمه خشک با متوسط ماهیانه درجه حرارت از 30 درجه سانتی گراد در تابستان تا سه درجه سانتی گراد در زمستان و متوسط بارش سالانه 120 میلی متر می باشد. میزان تبخیر و تعرق حدود 1500 میلی متر در سال است که با این وضعیت، بدون دسترسی به منابع آب قابل اعتماد، کشاورزی صرفه اقتصادی نخواهد داشت. در این حوضه، در سال دو نوبت کشت انجام می شود. بدین ترتیب که در تابستان گیاهانی از قبیل سیب زمینی، برنج، پیاز و سبزی های مختلف کشت می شود، در حالی که کشت پاییزه غالباً گندم، جو و سبزی ها را شامل می شود. علاوه بر این، برخی گیاهان دائمی یا چندساله مانند یونجه، درختان میوه و چغندر قند نیز کشت می شود. روش آبیاری معمول در این حوضه آبیاری سطحی (ستتی) است. انواع روش های آبیاری سطحی مورد استفاده با توجه به نوع گیاه و شیب زمین شامل کرتی، نواری و جویچه ای با انتهای بسته می باشد.

<sup>1</sup> . Pre-Processing

<sup>2</sup> . Normalized Difference Vegetation Index

در هر یک از ماهواره‌ها متفاوت است. این شاخص برای ماهواره‌های NOAA و Landsat به شرح زیر محاسبه می‌شود (Toomanian et al., 2004; Gutman and Ignatov, 1998).

$$NDVI_{NOAA} = \frac{r_2 - r_1}{r_2 + r_1} \quad (1)$$

$$NDVI_{Landsat} = \frac{r_4 - r_3}{r_4 + r_3} \quad (2)$$

که در آن‌ها:  $r_1$  و  $r_2$  به ترتیب اطلاعات ثبت شده توسط باندهای شماره 1 و 2 ماهواره NOAA-AVHRR می‌باشد و  $r_3$  و  $r_4$  به ترتیب اطلاعات ثبت شده توسط باندهای شماره 3 و 4 ماهواره Landsat است. در ماهواره NOAA، باند شماره 1 و 2 به ترتیب محدوده طول موج‌های 0/68 تا 0/58 و 1/10 تا 0/73 میکرومتر را پوشش می‌دهند. بیشترین تغییرات شاخص گیاهی مربوط به تغییرات بازتاب تشعشعات ثبت شده در باند شماره 1 است. با عنایت به این‌که مساحت هر سلول (پیکسل) در تصاویر این ماهواره حدود یک کیلومتر مربع است، هر سلول را می‌توان ترکیبی از سطح کشت شده ( $f_g$ ) و کشت نشده ( $f_{ng}$ ) در نظر گرفت. لذا می‌توان نوشت:

$$f_{ng} = 1 - f_g \quad (3)$$

از سوی دیگر، بازتاب تشعشعات ثبت شده با استفاده از باندهای مختلف، متوسط بازتاب تشعشعات سطح کشت شده و سطح کشت نشده ( $r_{1avg}$ ) است، بدین ترتیب:

$$r_{1avg} = r_1(1 - f_g) + r'_1 f_g \quad (4)$$

$$r_{1avg} = r_1 - f_g(r_1 - r'_1) \quad (5)$$

در سلول‌های کاملاً کشت شده  $r_{1avg} = r'_1$  و در قسمت‌های بدون کشت  $r_{1avg} = r_1$  است. باتوجه به موارد فوق رابطه شاخص گیاهی NDVI را می‌توان به صورت زیر ارائه نمود:

سطح زمین، سطح زیر کشت و الگوی کشت استفاده می‌گردد. لذا، ضمن انجام پیش پردازش<sup>1</sup> اطلاعات سنجش از دور، شاخص‌های گیاهی مذکور محاسبه شدند. در نهایت به کمک شاخص‌های گیاهی NDVI و SAVI، سطوح زیر کشت واقعی و تراکم کشت در شبکه‌های مختلف به شرح زیر تعیین شد.

در این پژوهش، به منظور تعیین تراکم واقعی از تصاویر ماهواره Landsat 7 ETM+ (با دقت 30×30 متر) در تاریخ‌های 1378/5/10 و 1379/4/12 استفاده شد. تصاویر مذکور پردازش و با استفاده از شاخص گیاهی NDVI و SAVI مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این شاخص میزان پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. لذا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای فوق الذکر و شاخص مذکور، سطح زیر کشت واقعی هر یک از شبکه‌ها در تاریخ مذکور برآورد شد. با تخمین سطح زیر کشت واقعی هر یک از شبکه‌ها و سطح کل همان شبکه، تراکم کشت واقعی در کلیه شبکه‌های واقع در شهرستان اصفهان، در تاریخ‌های تصاویر فوق تعیین شد. برای تعیین دقیق سطح زیر کشت و تراکم کشت شبکه‌های مختلف در طول دوره رشد و بدست آوردن یک رابطه صحیح بین اطلاعات زراعی هر یک از شبکه‌های شهرستان اصفهان به یک سری زمانی اطلاعات سنجش از دور در طول فصل رشد نیاز است. با توجه به این‌که، تهیه سری زمانی از اطلاعات ماهواره Landsat یا Aster بسیار گران می‌باشد و از طرف دیگر دقت اطلاعات ماهواره NOAA (1×1 کیلومتر) کم است، لذا با استفاده از اطلاعات ماهواره Landsat به روش زیر، اقدام به افزایش دقت اطلاعات ماهواره NOAA شد و برای تهیه سری زمانی در طی یک سال زراعی از اطلاعات ماهواره NOAA-AVHRR استفاده شد. شاخص گیاهی NDVI از بازتاب تشعشعات در باندهای قابل رویت و مادون قرمز تعیین می‌شود. شماره این باندها باتوجه به تعداد و نوع سنجنده

استفاده نمود. با بکارگیری روش فوق و استفاده از سری زمانی ماهواره NOAA، سطح زیر کشت و تراکم کشت هر یک از شبکه‌ها در شهرستان اصفهان در طول فصل رشد برآورد شد.

## نتایج و بحث

### سطح زیر کشت

به منظور تعیین سطح زیر کشت و تراکم کشت در شبکه‌های مورد مطالعه، از تصاویر ماهواره Landsat 7 ETM+ (با دقت 30×30 متر) در تاریخ‌های 1378/5/10، 1379/4/12 و ماهواره Aster (با دقت 15×15 متر) در تاریخ 1380/5/8 و سری زمانی اطلاعات ماهواره NOAA، در طول فصل رشد سال زراعی 1377-78 استفاده شد. تصاویر مذکور پردازش و با استفاده از شاخص گیاهی NDVI مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این شاخص میزان پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. لذا، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای فوق الذکر و شاخص مذکور، به روش طبقه‌بندی و با توجه به داده‌های مزرعه-ای سطح زیر کشت هر یک از شبکه‌ها برآورد شد. با تخمین سطح زیر کشت هر یک از شبکه‌ها و سطح کل همان شبکه، تراکم کشت در کلیه شبکه‌ها، در تاریخ‌های تصاویر فوق تعیین شد. نتایج حاصل بیانگر وجود اختلاف قابل توجهی بین تراکم کشت شبکه‌های مختلف بود.

در شکل (2) نمای تراکم کشت محاسبه شده از اطلاعات ماهواره Aster در تاریخ 1380/5/8 نشان داده شده است. تصاویر پردازش شده ماهواره Landsat در تاریخ‌های 1378/5/10، 1379/4/12 نیز نتایج مشابهی را نشان داد. این نتایج حاکی از آن است که قسمت عمده سطح زیر کشت شهرستان، در شبکه‌های آبخیز متمرکز شده و تراکم کشت در شبکه‌های تحت پوشش این شهرستان، یکسان نمی‌باشد.

$$NDVI = \frac{r_2 - r_{1avg}}{r_2 + r_{1avg}} \quad (6)$$

با توجه به این‌که در مناطق بدون کشت شاخص NDVI نزدیک به صفر است، با مساوی در نظر گرفتن  $r_1$  و  $r_2$  و جایگذاری رابطه (5) در (6)، می‌توان نتیجه گرفت:

$$NDVI \cong \frac{f_g(r_1 - r_1')}{2r_1 - f_g(r_1 - r_1')} \quad (7)$$

با حل معادله فوق بر حسب قسمت‌های کشت شده می‌توان نوشت:

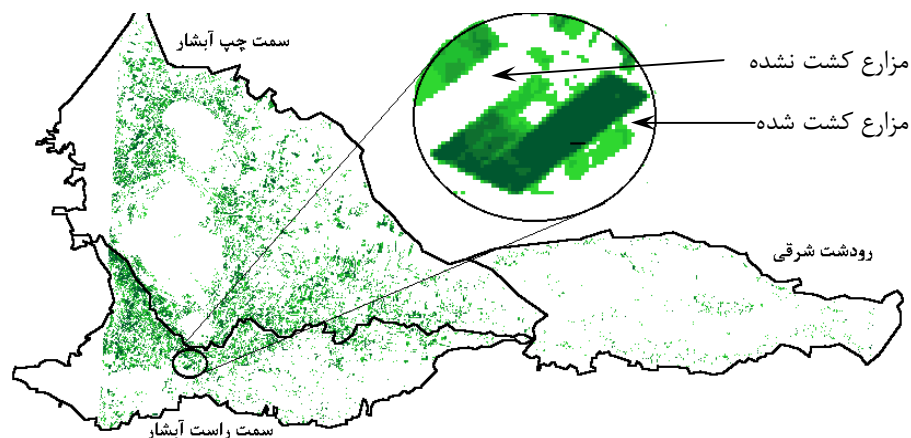
$$f_g = \frac{2r_1}{(r_1 - r_1')(1 + NDVI)} NDVI \quad (8)$$

رابطه (8) نشان می‌دهد که ارتباط قسمت‌های کشت شده و شاخص گیاهی خطی نمی‌باشد، ولی برای مقادیر کم شاخص گیاهی، مقدار  $(1 + NDVI)$  نزدیک به یک است. ضریب ثابت  $\frac{2r_1}{(r_1 - r_1')}$  با استفاده از بازتاب تشعشعات ثبت شده در باند 1 برای سلول‌های کاملاً کشت شده و کشت نشده قابل محاسبه است. مقدار این ضریب، عددی نزدیک به 3 خواهد بود. بدین ترتیب کل سطح زیر کشت (I) براساس سطح کشت شده هر سلول ( $f_g$ ) و مساحت سلول (A) به شرح زیر محاسبه شد:

$$I = A \sum_i f_{gi} n_i \quad (9)$$

که در آن:  $n_i$ : تعداد سلول‌هایی است که دارای یک مقدار  $f_g$  هستند.

با توجه به نحوه محاسبه شاخص گیاهی NDVI در ماهواره‌های NOAA و Landsat و متفاوت بودن اندازه سلول‌های این دو ماهواره، مقایسه عددی شاخص گیاهی آنها صحیح نمی‌باشد. برای مقایسه سطح زیر کشت محاسبه شده از طریق ماهواره‌های Landsat و NOAA، می‌توان رابطه (8) را به صورت  $f_g = C \times NDVI$  در نظر گرفت و با استفاده از رگرسیون، ضریب ثابت C را تعیین و با مقدار  $\frac{2r_1}{(r_1 - r_1')}$  در رابطه (8) مقایسه کرد. از ضریب همبستگی می‌توان به عنوان یک معیار جهت برآورد دقت

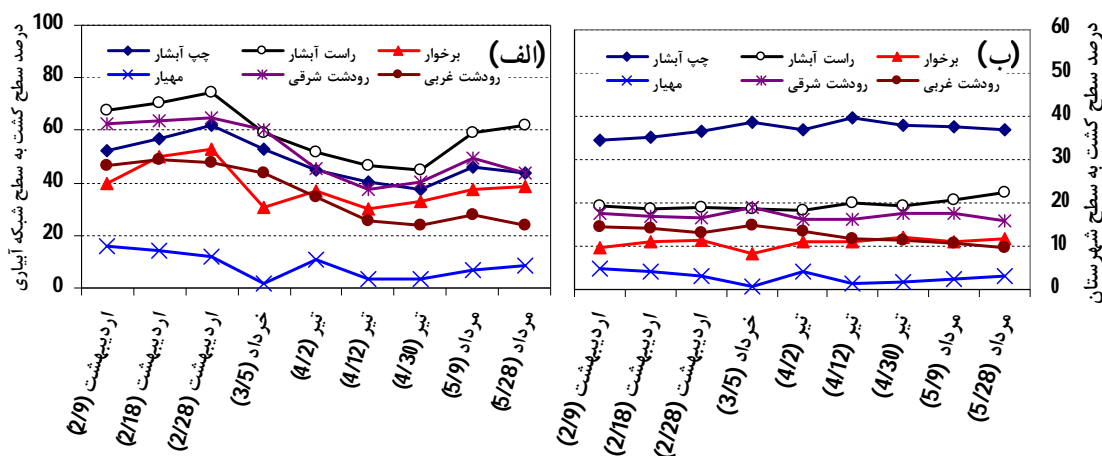


شکل 2- نمای تراکم کشت در سطح شبکه‌های آبیاری شهرستان اصفهان

در شبکه‌های فوق یکسان نبوده و قسمتی از شبکه آبیاری مهیار که در این شهرستان واقع شده دارای کمترین و شبکه آبیاری سمت راست آبشار دارای بیشترین تراکم کشت است. موازی بودن منحنی‌ها، بیانگر آن است که سطح زیر کشت در همه شبکه‌ها به یک نسبت کم یا زیاد شده است. نتایج ارائه شده در شکل (3-ب) دلالت بر آن دارد که نسبت سطح زیر کشت واقعی هر شبکه به سطح کشت واقعی شهرستان در طول فصل رشد تقریباً ثابت است. لذا، از این نسبت برای برآورد سطح زیر کشت هر یک از محصولات در شبکه آبیاری مورد مطالعه از اطلاعات موجود شهرستان استفاده شد. باتوجه به اینکه نسبت مذکور بر اساس NDVI محاسبه شد، لذا در بازه زمانی کوتاه در شبکه‌های مختلف، به علت برداشت جو و گندم و کاشت محصولات فصل تابستان، دارای تغییرات صعودی و نزولی می‌باشد.

نتایج حاصل بیانگر وجود اختلاف قابل توجهی بین تراکم کشت واقعی شبکه‌های مختلف بود. نتایج نشان داد که تراکم کشت در هر یک از شبکه‌های آبیاری در سطح شهرستان متفاوت است. ولی نسبت سطح زیر کشت هر یک از شبکه‌های آبیاری به سطح کشت شهرستان که بر اساس شاخص گیاهی NDVI برآورد شده بود، در طول فصل زراعی تقریباً ثابت بود. لذا، از این نسبت به عنوان یک فاکتور وزنی برای استخراج سطح زیر کشت شبکه مورد نظر از اطلاعات موجود شهرستان اصفهان استفاده شد. بدین ترتیب، مشکل یکسان نبودن تراکم کشت تا حدودی زیادی مرتفع شد. اگر چه با استفاده از شاخص گیاهی NDVI می‌توان، سطوح کشت خوب آبیاری شده و کشت‌های مواجه شده با تنش آبی را تفکیک نمود، ولی در این پژوهش تعیین کل سطح زیر کشت مد نظر بوده است. لذا تفاوتی بین اراضی با آبیاری مناسب و اراضی مواجه شده با تنش آبی در نظر گرفته نشده است.

نتایج نسبت سطح زیر کشت هر یک از شبکه‌های آبیاری به مساحت همان شبکه، با استفاده از اطلاعات ماهواره NOAA، بر اساس شاخص گیاهی NDVI برآورد و در شکل (3-الف) ارائه شده است. براساس نتایج بدست آمده در طول فصل رشد سال زراعی 78-1377، تراکم کشت



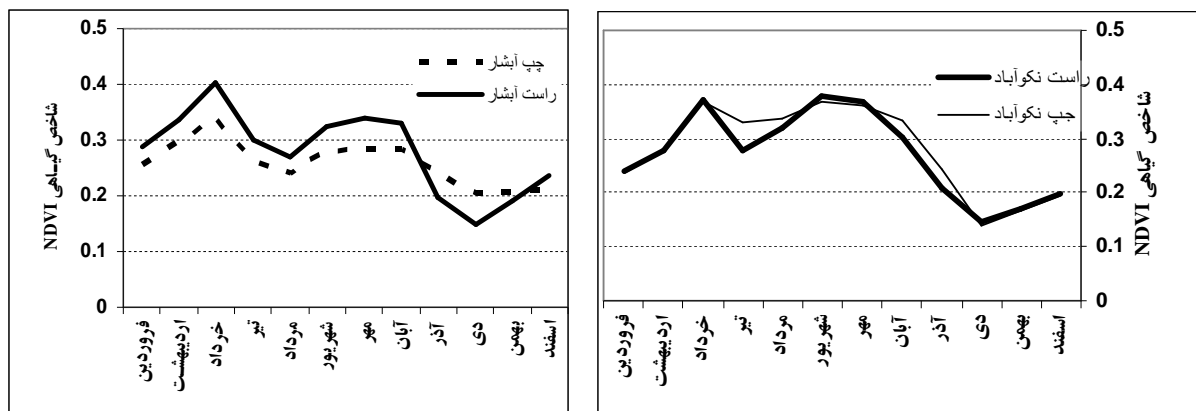
شکل 3- درصد سطح زیر کشت شبکه‌های آبیاری، نسبت به سطح هر شبکه و سطح کشت شهرستان

شاخص طی ماه‌های بهمن تا خرداد مبین شروع فصل رشد گیاهان در کشت زمستانه می‌باشد. با شروع فصل بهار و رشد محصولاتی مانند جو و گندم سطح قابل توجهی از شبکه‌های آبیاری دارای پوشش گیاهی می‌باشد که به خوبی با استفاده از سنجش از دور تشخیص داده شده و با استفاده از این شاخص در شکل (4) نشان داده شده است. در خرداد و تیر ماه به دلیل رسیدن محصولاتی مانند جو و گندم و کاهش سطح سبز قابل توجه، مقدار شاخص NDVI کاهش یافته است. با شروع کاشت تابستانه و افزایش پوشش گیاهی در سطح مزارع طی ماه‌های تیر تا شهریور مقدار این شاخص مجدداً افزایش می‌یابد که مبین کشت تابستانه است. نتایج تجزیه و تحلیل داده‌های سنجش از دور مبین آن است که روند تغییرات شاخص گیاهی NDVI در شبکه‌های مختلف به علت الگوی کشت و شرایط اقلیمی کمی متفاوت می‌باشد، لیکن روند کلی در تمام شبکه‌ها یکسان است. نتایج سطح زیر کشت و تراکم کشت برآورد شده از طریق این شاخص برای شبکه‌های مختلف در جدول (1) نشان داده شده است.

یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که با استفاده از اطلاعات سنجش از دور می‌توان فاکتورهایی مانند سطح زیر کشت، الگوی کشت را که به منظور محاسبه میزان آب آبیاری مورد نیاز می‌باشد را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد که با نتایج سایر محققان از جمله جیمن و همکاران (James et al., 2009) (Jimen et al., 2009)، جمز و همکاران (James et al., 2009) جی‌یانگ و همکاران (Jiang et al., 2010) (2009) مطابقت دارد. نتایج سطح زیر کشت برآورد شده از ماهواره Landsat در تاریخ‌های 1379/4/12، 1378/5/10 و ماهواره Aster در تاریخ 1380/5/8 بیانگر آن است که در زمان کمبود آب و خشکسالی که آب شبکه‌های آبیاری کاملاً قطع شده، نسبت کاهش سطح زیر کشت در شبکه‌های پایین دست (شبکه‌های رودشت، برخوار و مهیار) بیشتر بوده است که با نتایج سایر محققان از جمله رای و همکاران (Ray et al., 2002) مطابقت دارد.

نتایج محاسبات شاخص گیاهی NDVI (متوسط ماهیانه) در شبکه‌های مختلف آبیاری حوضه زاینده رود در شکل (4) نشان داده شده است. افزایش مقدار این





شکل 4- مقادیر ماهیانه شاخص گیاهی NDVI، در شبکه های اصلی حوضه زاینده رود بر اساس داده های سنجنش از دور طی سال 1378

جدول 1- سطح کل و زیر کشت شبکه های مختلف بر اساس داده های سنجنش از دور و شاخص گیاهی NDVI طی سال 1378

تراکم کشت NOAA (%)	سطح زیر کشت NOAA (ha)	سطح کل شبکه NOAA (ha)	سطح طراحی شبکه ha	شبکه های آبیاری
81	16675	20532	13500	نکو آباد - راست
78	30320	38863	48000	نکو آباد - چپ
74	39013	52370	15000	آبشار - چپ
72	16238	22565	15000	آبشار - راست
20	16836	83971	36000	برخوار
4	1802	43047	24000	مهیاری
13	5256	41622	-	لنجانان
31	6934	22644	-	رودشت شرقی
17	4268	24565	-	رودشت غربی

زیر کشت واقعی در اراضی خارج از سطح طراحی شبکه می باشد. حال این سؤال پیش می آید که آب این اراضی از کجا تأمین می شود و جوابی جز از طریق آب های زیرزمینی ندارد. با وجود تغذیه قابل ملاحظه سفره های زیرزمینی از طریق رودخانه، و پایین رفتن سطح آب زیرزمینی سالیانه تأیید کننده استفاده از آب های زیرزمینی می باشد. شبکه آبیاری نکو آباد سمت راست بعلت قابلیت دسترسی بیشتر به آب دارای بیشترین تراکم کشت (81 درصد) می باشد. از دیگر عوامل موثر در بالا بودن تراکم کشت در شبکه آبیاری نکوآباد، نیز می توان به کیفیت بهتر آب زیرزمینی در این شبکه اشاره کرد. قابلیت استفاده از

در این پژوهش، سطح کل شبکه های مختلف (جدول 1) با استفاده از اطلاعات ماهواره NOAA برآورد شد و به علت این که هر سلول از اطلاعات این ماهواره سطح یک کیلومتر مربع را پوشش می دهد، ارقام ارائه شده مربوط به سطح ناخالص شبکه های آبیاری می باشند. بدین معنی که سطوح غیر کشاورزی و اراضی که از طریق آب های زیرزمینی آبیاری می شوند را شامل می شود. نتایج سطح زیر کشت واقعی برآورد شده از اطلاعات سنجنش از دور (جدول 1) حاکی از آن است که در اکثر شبکه های آبیاری، سطح زیر کشت واقعی بیشتر از سطح طراحی شده شبکه می باشد و مبین آن است که بخشی از سطح

همچنین، از امکانات سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می توان به عنوان یک ابزار مناسب و قابل اعتماد در بررسی سطح زیر کشت و تراکم و الگوی کشت در شبکه های آبیاری استفاده نمود و میزان آب تحویلی به شبکه را بر اساس نیاز آبی واقعی شبکه که متأثر از سطح کشت واقعی و الگوی کشت می باشد، عرضه نمود.

با توجه به نتایج این پژوهش، پیشنهاد می شود، به منظور افزایش بهره وری آب، با استفاده از امکانات سنجش از دور، مقدار واقعی سطح زیر کشت برآورد شود و میزان آب تحویلی به شبکه بر اساس نیاز آبی واقعی شبکه که متأثر از سطح کشت واقعی می باشد، عرضه شود. از آنجایی که میزان آب انحراف یافته به شبکه های آبیاری اندازه گیری می شود، پیشنهاد می شود سایر اطلاعات زراعی از جمله سطح زیر کشت، عملکرد محصول، تراکم و الگوی کشت نیز بر اساس مرز شبکه های آبیاری جمع آوری تا در زمان بررسی روند مدیریت آبیاری، این اطلاعات متمر ثمر واقع شود. ثبت اطلاعات بر اساس مرز هر یک از شبکه ها، استفاده از داده های جمع آوری شده را به منظور بررسی وضعیت مدیریتی شبکه نیز ممکن می سازد. همچنین، در زمان جمع آوری اطلاعات علاوه بر تعیین سطح زیر کشت و الگوی کشت با استفاده از اطلاعات ماهواره های با دقت بالا مانند Aster یا Landsat از بررسی های مزرعه ای برای افزایش دقت استفاده شود تا ضمن تعیین دقیق، سریع و ارزان اطلاعات سطح زیر کشت و الگوی کشت تعیین شده با دقت بیشتری واقعیت را گزارش کنند.

آب زیرزمینی برای شبکه های آبیاری آبشار کمتر است و این موضوع باعث شده که تراکم کشت به حدود 72 درصد کاهش یابد. با توجه به این که کیفیت آب زیرزمینی در شبکه سمت چپ آبشار نسبت به آب سطحی پایین است و این شبکه، نسبت به شبکه سمت راست از آب زیرزمینی بیشتری استفاده می کند، از تراکم کشت بالاتری برخوردار است. در شبکه مهیار به علت عدم دسترسی به آب به طور متوسط فقط چهار درصد اراضی کشت می شود. در بخش رودشت شرق به علت بالا بودن سطح سفره آب زیر زمینی و کیفیت بالاتر آب نسبت به رودشت غربی، تراکم کشت نسبتاً بالا (31 درصد) می باشد. این نتایج نشان داد که از اطلاعات ماهواره ای می توان به عنوان یک ابزار مناسب و قابل اعتماد در بررسی سطح زیر کشت و مدیریت آبیاری حوضه و شبکه های آبیاری استفاده نمود که با نتایج سایر تحقیقات انجام شده از جمله (Akbari et al., 2007; Chemin et al., 2004; Jiang and Coauthors, 2010; Martin et al., 2003; Zhang et al., 2006) مطابقت دارد.

### نتیجه گیری و پیشنهادها

نتایج تحقیق حاضر و تحقیقات انجام شده حاکی از آن است که فناوری های سنجش از دور می تواند نقش موثری در تعیین نقشه های به هنگام سطح زیر کشت و الگوی کشت و یافتن راهکارهایی به منظور بهبود مدیریت آبیاری ایفا نماید. اندازه گیری میزان آب انحراف یافته به شبکه های آبیاری و سایر اطلاعات زراعی از جمله سطح زیر کشت، تراکم و الگوی کشت، عملکرد محصول بر اساس مرز شبکه های آبیاری می تواند در زمان بررسی روند مدیریت آبیاری شبکه ها متمر ثمر واقع شود.

### منابع مورد استفاده

1. بی نام. 1388. آمارنامه کشاورزی سالهای زراعی 71-1370 تا 88-1387، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و اقتصادی.

- 2 لطفی، احمد. 1381. مدیریت آب در کشاورزی، پیامدهای اقتصادی-اجتماعی، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره 63.
- 3 اکبری، م.، سیف، ز.، زارع ایبانه، ح. 1390. برآورد میزان تبخیر-تعرق واقعی و پتانسیل در شرایط اقلیمی مختلف با استفاده از سنجش از دور، نشریه علمی - پژوهشی آب و خاک، جلد 25 شماره 4: 835-844
- 4 Akbari M., Toomanian N., Droogers P., Bastiaanssen W. and, Gieske A. 2007. Monitoring irrigation performance in Esfahan, Iran, using NOAA satellite imagery. *Agricultural Water Management*, 88: 99-109.
- 5 Allen, R.G., Tasumi, M., Morse, A., Trezza, R., Wright, J.L., Bastiaanssen, W.G.M. 2007. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) — Applications. *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 133: 395–406.
- 6 Bandara K.M.P.S. 2003. Monitoring irrigation performance in Sri Lanka with high-frequency satellite measurements during the dry season. *Agricultural Water Management*, 58:159-170.
- 7 Bastiaanssen W., Chandrapala L. 2003. Water balance variability across Sri Lanka for assessing agricultural and environmental water use. *Agricultural Water Management*, 58:171-192
- 8 Bastiaanssen W., Molden D.J. and Makin I.W. 2000. Remote sensing for irrigation agriculture: examples for research and possible applications. *Agricultural Water Management*, 46: 137-155.
- 9 Bastiaanssen W., Vander Wal T. and Visser T.N.M. 1996. Diagnosis of regional evaporation by remote sensing to support irrigation performance assessment, *Irrigation and Drainage Systems*, 10:1-23.
- 10 Chemin Y., Platonoy A., UI-Hassan M. and I. Abdullaey. 2004. Using remote sensing data for water depletion assessment at administrative and irrigation-system levels. *Agricultural Water Management*, 64(3):183-196.
- 11 Choudhury B.J., Ahmed N.U., Idso S.B., Reginato R.J. and Daughtry C.S. . 1994. Relations between evaporation coefficients and vegetation indices studied by model simulations. *Remote Sensing of Environment*, 50:1-17.
- 12 Gutman, G., Ignatov, A., 1998. The derivation of the green FVC from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models. *International Journal of Remote Sensing*, 19:1533–1543.
- 13 James, K. A., D. J. Stensrud, and N. Yussouf. 2009. Value of real-time vegetation fraction to forecasts of severe convection in high-resolution models. *Wea. Forecasting*, 24, 187-210.
- 14 Jiang, L., and Coauthors. 2010. Real-time weekly global green vegetation fraction derived from advanced very high resolution radiometer-based NOAA operational global vegetation index (GVI) system. *J. Geophys. Res.*, 115, D11114
- 15 Jiang, Z., Huete, A. R., Chen, J., Chen, Y., Li, J., Yan, G. and Zhang, X. 2006. Analysis of NDVI and scaled difference vegetation index retrievals of vegetation fraction. *Remote Sens. Environ.* 101: 366–378.
- 16 Jiang, Z., Huete, A.R., Didan, K. and Miura, T., 2008. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sens. Environ.* 112: 3833–3845.
- 17 Jimen´ez-Muñoz, J.C., Sobrino, J.A., Plaza, A., Guanter, L., Moreno, J. and Martinez, P., 2009. Comparison between fractional vegetation cover retrievals from vegetation

- indices and spectral mixture analysis: case study of PROBA/CHRIS data over an agricultural area. *Sensors* 9: 768–793.
18. Martin de Santa Olalla F., Calera A. and Dominguez A. 2003. Monitoring irrigation water use by combining Irrigation Advisory Service, and remotely sensed data with a geographic information system. *Agricultural Water Management*, 61:111-124.
  19. Parodi G.N. 2002 AHAS, AVHRR hydrological analysis system. Software developed by Institute for Remote Sensing and Earth Sciences- Water Resources Division. The Netherlands.
  20. Ray S.S., Dadhwal V.K., and Navalgund R.R. 2002. Performance evaluation of an irrigation command area using remote sensing. *Agricultural Water Management*, 56: 81–91.
  21. Toomanian, A., Gieske A. and Akbari M. 2004. Irrigated area determination by NDVI-Landsat upscaling techniques, Zayandeh River Basin, Esfahan, Iran. *International Journal of Remote Sensing*, 15 (22):4945-4960.
  22. Zhang, X., Yan, G., Li, Q., Li, Z.-L., Wan, H. and Guo, Z., 2006. Evaluating the fraction of vegetation cover based on NDVI spatial scale correction model. *Int. J. Remote Sens.* 27(23-24), pp. 5359–5372.