برآورد سطح کاشت گندم و جو به دو روش استفاده از سنجش از دور و آمارگیری نمونه‌ای

ابوطالب عزیزی[1]، صابر محمد مقصودی[1]، حسین عسکریان عمران[1]

۱- مرکز آمار ایران

روش‌های کلاسیک گردآوری آمارهای کشاورزی دارای برخی نواقص مانند فاصله زیاد بین زمان گردآوری داده‌ها و انتشار اطلاعات، خطای بالا، بار پاسخگویی زیاد و هزینه زیاد است. با ظهور فناوری‌های جدید، روش‌های سنتی نیاز به بازبینی و به‌روزرسانی دارند. یکی از فناوری‌های جدید، برآورد سطح کاشت و تولید محصولات کشاورزی با استفاده از روش سنجش از دور است. در این مطالعه، سطح زیر کشت گندم و جو در سطح شهرستان ورامین استان تهران در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ با دو روش «استفاده از سنجش از دور» و «آمارگیری نمونه‌ای» برآورد شد. برای آمارگیری نمونه‌ای از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای با استفاده از چارچوب سرشماری عمومی کشاورزی سال ۱۳۹۳ استفاده شد. برای روش سنجش از دور از شاخص NDVI در تصاویر ماهواره‌ای سنجنده سنتینل-۲ مورد استفاده قرار گرفت. سطح کاشت گندم و جو در روش سنجش از دور در محدوده این شهرستان در سال زراعی مذکور ۲۰۸۰۷ هکتار تعیین شد (در این روش، هزینه اجرا ۱۲۰ میلیون ریال و خطای برآورد ۵/۸ درصد برآورد شد). در روش نمونه‌گیری سطح کاشت در حدود ۲۳۵۶۶ هکتار تعیین شد (در این روش، هزینه اجرا ۴۵۸ میلیون ریال و خطای برآورد ۱۹/۶ درصد بوده است). نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از روش‌های نوین با حداقل هزینه و دقت بالا می‌توان سطح کاشت را برآورد و قبل از برداشت مقدار تولید محصولات را پیش‌بینی نمود.

واژه‌های کلیدی: سطح کاشت گندم و جو، سنجش از دور، آمارگیری نمونه‌ای، آمارهای رسمی

۱. مقدمه

اهمیت اطلاعات آماری در کلّیه امور برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری، تعیین اهداف، خط‌مشی‌ها، مدیریت راهبردی، هدایت امور اجرایی و ارزیابی میزان موفقیت برنامه‌ها به اندازه‌ای است که بسیاری از صاحب‌نظران، اطلاعات آماری را اصلی‌ترین عامل زیربنایی برنامه‌ریزی می‌دانند. امروزه این نقش به‌قدری برجسته شده است که در نظام آماری کشورها، حجم و کیفیت منابع اطلاعاتی نه‌تنها یکی از مهم‌ترین معیارهای توسعه‌یافتگی کشورها به شمار می‌رود، بلکه سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی، بدون تکیه بر اطلاعات آماری و در اختیار داشتن آمار کافی، صحیح، دقیق و بهنگام ممکن نیست. با توجه به اهمیت بخش کشاورزی و لزوم تولید آمار بهنگام از این بخش که به‌طور مستقیم تحت تأثیر شرایط جوی است و نقش مهمی در امنیت غذایی کشور ایفا می‌کند.

بسیاری از آمارهای کشاورزی اعلام‌شده در مراکز آماری جهان مبتنی بر خود اظهاری و آمارگیری به‌صورت حضوری، تلفنی و... است که معمولاً وقت‌گیر و پرهزینه می‌باشد و اغلب با خطاهای نمونه‌ای و غیر نمونه‌ای همراه است. با توجه به این موضوع استفاده از ابزارهای نوین برای گردآوری داده‌های با دقت، سریع و بهنگام و با هزینه کمتر، اولویت کشورهای جهان است. در سالیان اخیر استفاده از فناوری‌های نوین گردآوری داده‌ها به ویژه تصاویر ماهواره‌ای برای برآورد سطح کاشت، برآورد آفات و بیماری‌ها در مزارع و پیش‌بینی تولید محصولات گسترش یافته است. یکی از فناوری‌های مورد استفاده برای برآورد تولید آمارهای کشاورزی استفاده از سنجش از دور با کمک داده‌های ماهواره‌ای است (موسوی و همکاران، ۱۳۹۹).

پیش از این چندین مطالعه برای برآورد سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در ایران انجام شده است. در تحقیقی در سال ۱۳۹۳ علیپور و همکاران سطح زیر کشت اراضی کشاورزی را برای مزرعه نمونه آستان قدس رضوی تخمین زده بودند (علیپور و همکاران، ۱۳۹۳). در این تحقیق با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره لندست در دو ماه اردیبهشت و شهریور اقدام به تفکیک و تخمین

اراضی کشاورزی از یکدیگر کردند. در تحقیقی دیگر علیزاده و همکاران سطح زیر کشت گندم و سویا را برای اراضی غرب استان گلستان برآورد کردند (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۷). موسوی و همکاران در سال ۱۳۹۹ سطح زیر کشت اراضی گندم را برای منطقه سجاس رود شهرستان خدابنده استان زنجان برآورد کردند (موسوی و همکاران، ۱۳۹۹).

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد، در سال‌های اخیر استفاده از روش سنجش از دور برای تولید آمارهای رسمی در جهان افزایش یافته است. در سال ۲۰۰۷ کشور برزیل به‌منظور نظارت بر مزارع نیشکر، سامانه دیجیتال CANASAT را با استفاده از داده‌های حاصل از سنجش از دور به‌منظور تولید آمارهای رسمی راه‌اندازی نمود. در این کشور برخی از کشاورزان برای تسهیل در برداشت ساقه نیشکر، قبل از برداشت، اقدام به سوزاندن برگ‌ها می‌کنند که باعث تشدید تغییرات آب و هوایی می‌شود. سامانه CANASAT با استفاده از تصاویر چندطیفی و چند زمانی، نه تنها می‌تواند وسعت مزرعه نیشکر را اندازه‌گیری کند، بلکه می‌تواند نوع برداشت (مکانیزاسیون یا برداشت دستی با سوزاندن) را نیز شناسایی کند (Jindo et al., ۲۰۲۱). در کشور مکزیک، INEGI از مکعب داده‌های داخلی خود که حاوی داده‌های آماده آنالیز از حسگرهای Landsat و Sentinel است، با کمک الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای نقشه‌برداری از زمین‌های زراعی در سراسر کشور استفاده می‌کند. آخرین دوره استفاده از آن در سال ۲۰۲۲ و همزمان با اجرای سرشماری کشاورزی ۲۰۲۲ انجام شد و از خروجی‌های سرشماری جدید برای اعتبارسنجی و بهبود نتایج تخمین مرز زمین‌های کشاورزی با استفاده از داده‌های مشاهدات زمین استفاده شد (UN, ۲۰۲٤).

با توجه به پیشرفت روزافزون علم و فناوری‌های نوین ضرورت دارد روش‌های جمع‌آوری اطلاعات کشاورزی در ایران نیز به‌روز شوند. در کشور ما در حال حاضر آمارهای ثبتی درست و بهنگام در مورد تولیدات کشاورزی وجود ندارد لذا بعد از بررسی روش‌های نوینی که سایر کشورها برای جمع‌آوری اطلاعات کشاورزی استفاده می‌کنند روش سنجش از دور به دلیل ارزان بودن و قابل اجرا بودن در کشور برای بررسی بیش‌تر انتخاب شد.

با توجه به این که در این تحقیق برای تکمیل پرسشنامه‌های طرح آمارگیری نمونه‌ای و ثبت نقاط جغرافیایی محل کاشت محصولات در سال زراعی مورد نظر نیاز به مراجعات مکرر به شهرستان محل پژوهش بود، برای تسهیل در اجرای این طرح و صرفه‌جویی در هزینه‌ها تصمیم گرفته شد یکی از شهرستان‌های استان تهران انتخاب شود. نتایج سرشماری عمومی کشاورزی ۱۳۹۳ نشان می‌دهد که شهرستان ورامین دارای وسیع‌ترین اراضی زراعی در استان تهران است. بر اساس نتایج این سرشماری این شهرستان دارای ۴۷۱۲۹ هکتار اراضی کشاورزی است که در ۴۲۷۸۱ هکتار آن اراضی زراعی هستند. در سال سرشماری شهرستان یاد شده از نظر سطح کاشت گندم رتبه دوم و از نظر سطح کاشت جو رتبه اول را در استان تهران به خود اختصاص داده است. در نهایت با بررسی همه جوانب شهرستان ورامین به عنوان شهرستان نمونه برای اجرای طرح پژوهشی انتخاب شود.

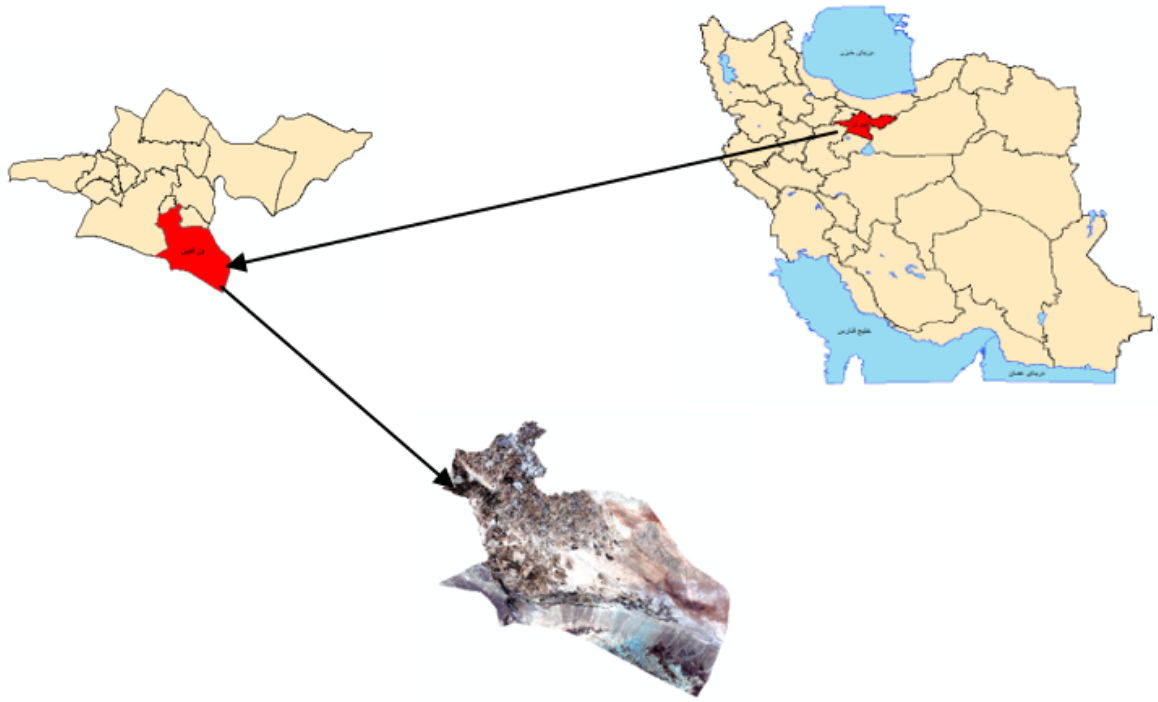
هدف تحقیق حاضر تخمین سطح زیر کشت گندم و جو شهرستان ورامین با استفاده از تصاویر چند زمانه ماهواره سنتینل-۲ و شاخص NDVI[۱] و مقایسه نتایج حاصل از آن با نتایج حاصل از آمارگیری نمونه‌ای در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ می‌باشد. علاوه بر سطح زیر کشت میزان خطا و هزینه هر یک از روش‌ها نیز برآورد می‌شود. مطالعه حاضر اولین مطالعه‌ای است که نتایج حاصل از این دو روش را مقایسه می‌کند.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. منطقه مورد مطالعه

[۱] Normalized Difference Vegetation Index

منطقه مورد مطالعه شهرستان ورامین استان تهران (شکل ۱) است که در ۵۶ کیلومتری جنوب شرقی کلانشهر تهران و در طول‌های جغرافیایی "۳۷ '۲۵ °۵۱ تا "۳۴ '۰۵ °۵۲ شرقی و عرض‌های جغرافیایی "۳۴ '۵۰ °۳۴ تا "۲۰ '۲۷ °۳۵ شمالی با ارتفاع متوسط ۹۰۰ متر از سطح دریا و مساحت تقریبی ۱۵۴۲۰۶ هکتار قرار دارد.



شکل۱: منطقه مورد مطالعه: شهرستان ورامین، استان تهران

۲.۲. روش‌شناسی سنجش از دور

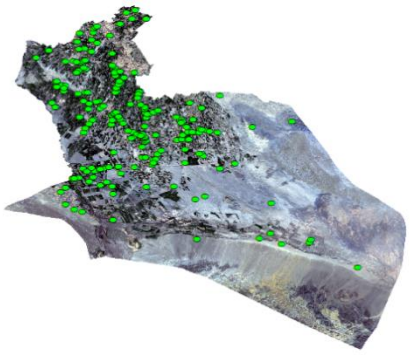
۱.۲.۲. تعیین تقویم زراعی منطقه و جمع‌آوری اطلاعات زمینی

برای تعیین بهترین زمان برای برداشت عکس‌های ماهواره‌ای ضروری است که تقویم زراعی منطقه مشخص باشد لذا تقویم زراعی منطقه جهت اطلاع از زمان تاریخ اوج سبزینگی و برداشت محصول، از جهاد کشاورزی شهرستان ورامین اخذ شده است که در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: تقویم زراعی گندم و جو برای منطقه ورامین

نام محصول	تاریخ شروع کاشت	تاریخ اوج سبزینگی	تاریخ شروع برداشت
گندم	اوایل مهر ماه	اوایل فروردین ماه	اوایل خرداد ماه
جو	اوایل مهر ماه	اواخر اسفند ماه	اواخر اردیبهشت ماه

در ادامه از ۳۰۰ (۳۰ درصد آموزش و ۷۰ درصد چک) نقطه با سامانه GPS و Google Earth برداشت انجام شد و نوع محصول کشت شده در این نقاط ثبت شدند (شکل ۲).



شکل ۲: وضعیت پخش نقاط GPS بر روی نقشه (نقاط سبز رنگ)

۲.۲.۲. شاخص NDVI و برآورد دقت روش سنجش از دور

برای شناسایی مناطق زیر کشت گندم و جو به کمک تصاویر ماهواره‌ای از شاخص NDVI که مخفف است یک شاخص پوشش گیاهی نرمال شده می‌باشد استفاده شد (D'Odorico et al., ۲۰۱۳). برای تعیین دقت روش سنجش از دور از فرمول Pahlavani و همکاران ۲۰۱۷ که شامل دو معیار دقت کلی و ضریب کاپا است استفاده شد. این معیارها که در تحقیقات زیادی برای برآورد دقت طبقه‌بندی کاربرد دارد، بیانگر تطابق بین واقعیت و مدل برآورد شده هستند.

۳.۲.۲. برآورد بر اساس روش سنجش از دور

تصاویر ماهواره‌ای سنجنده سنتینل-۲ در تاریخ‌های ۱۳۹۹/۰۸/۱۳ و ۱۴۰۰/۰۱/۰۸ و ۱۴۰۰/۰۲/۲۲ و ۱۴۰۰/۰۴/۳۰ و ۱۴۰۰/۰۶/۱۳ از سایت USGS اخذ گردید. برای انطباق تصاویر با واقعیت زمینی عمل تصحیح هندسی روی آن‌ها انجام شد. به این منظور از رابطه چند جمله‌ای درجه اول و عمل بازنمونه‌گیری تصویر با استفاده از روش نزدیک‌ترین همسایه انجام گردید. با استفاده از تقویم زراعی و تطبیق آن با تصاویر زمان‌های مختلف و استخراج شاخص NDVI برای هر تصویر و وضع قوانین مختلف بر اساس تقویم زراعی نقشه نهایی کاربری گندم و جو استخراج گردید که در شکل ۳ مراحل کار نشان داده شده است. مراحل و قوانین به دست آمده در این تحقیق به شرح ذیل می‌باشد:

۱) پیکسل‌هایی که در ۲ تصویر دارای مقدار شاخص NDVI کمتر از ۰ (صفر) هستند باید به‌عنوان کاربری آبی در نظر گرفته شوند.

۲) پیکسل‌هایی که حداقل در یک تصویر دارای مقدار شاخص NDVI بیش‌تر از ۰/۲۴ هستند باید به‌عنوان کاربری گیاهان در نظر گرفته شوند.

۳) در پیکسل‌هایی از کاربری گیاهان که تغییر مقدار شاخص NDVI بین فروردین تا اردیبهشت زیاد و سپس از اردیبهشت تا شهریور کم باشد به‌عنوان کاربری جنگل و باغ و گیاهان دائمی در نظر گرفته شوند.

۴) پیکسل‌هایی که در تصویر شهریور ماه دارای مقدار شاخص NDVI بیش‌تر از ۰/۲۴ هستند جزو کاربری گندم و جو نیستند و باید از نقشه حذف شوند.

۵) پیکسل‌هایی جزو کاربری گندم و جو هستند که مقدار شاخص NDVI فروردین ماه بیش‌تر از تیر ماه و در اردیبهشت ماه بیش‌تر از شهریور ماه باشند.

۶) پیکسل‌هایی که در تصویر آبان ماه دارای مقدار شاخص NDVI بیش‌تر از ۰/۲۴ هستند جزو کاربری گندم و جو نیستند و باید از نقشه حذف گردند.

شکل ۳: فلوچارت انجام کار بخش سنجش از دور

۳.۲. محاسبه سطح زیر کشت به روش نمونه‌گیری

برای محاسبه سطح زیر کشت به روش نمونه‌گیری در شهرستان مورد مطالعه همزمان با طرح آمارگیری زراعت در سال ۱۴۰۰ که در کل کشور در حال اجرا بود این طرح انجام شد.

۱.۳.۲. روش نمونه‌گیری

چارچوب مورد استفاده برای نمونه‌گیری در این طرح سرشماری کشاورزی سال ۱۳۹۳ بود. در این طرح از روش «نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای طبقه‌بندی‌شده» استفاده شده است. واحدهای نمونه‌گیری مرحله اول در شهرستان بر اساس متغیر «مساحت کل اراضی زراعی» طبقه‌بندی شدند. برای طبقه‌بندی، شهرها/ آبادی‌هایی که مقدار متغیر مذکور در آن‌ها بیش‌تر از یک معیار معین بود در طبقه سرشماری قرار گرفتند. سایر شهرها/ آبادی‌ها بر اساس متغیر «مساحت کل اراضی زراعی» و با استفاده از روش طبقه‌بندی دالنیوس حداکثر به ۷ طبقه تقسیم شدند. در ادامه، بهره‌برداران بزرگ دارای فعالیت پرورش گندم و جو در شهرها/ آبادی‌های نمونه، سرشماری شدند و از بهره‌برداران کوچک دارای فعالیت زراعت، یک نمونه به‌روش سیستماتیک انتخاب شد.

۲.۳.۲. روش تعیین اندازه نمونه

برای تعیین اندازه نمونه، با استفاده از شبیه‌سازی به ازای اندازه نمونه‌های مختلف مرحله‌های اول و دوم، برای پارامترهای مختلف طرح، خطای نسبی محاسبه شد. با توجه به ملاحظات اجرایی طرح، تعداد ۳۳ شهر/ آبادی و تعداد ۲۵۸ بهره‌بردار دارای فعالیت زراعت به‌ترتیب به‌عنوان اندازه نمونه مرحله اول و اندازه نمونه مرحله دوم در نظر گرفته شد.

۳.۳.۲. وزن‌دهی نمونه‌ها

وزن‌دهی نتایج این طرح برای واحدهای نمونه‌گیری مرحله اول و دوم در دو مرحله انجام شد و در ادامه مطابق فرمول‌های Cochran (۱۹۷۷) واریانس و خطای نسبی محاسبه شد.

نتایج

نتایج حاصل از برآورد سطح زیر کشت به هر دو روش در جدول ۲ خلاصه شده است.

جدول ۲: مقایسه دو روش برآورد سطح زیرکشت گندم وجو

شرح	روش نمونه‌گیری (هکتار)	روش سنجش از دور (هکتار)	میزان اختلاف	درصد اختلاف
سطح زیر کشت گندم	۱۳۵۳۸	-	-	-
سطح زیر کشت جو	۱۰۰۲۸	-	-	-
مجموع	۲۳۵۶۶	۲۰۸۰۷	۲۷۵۹	۱۱/۷

میزان خطای برآورد به روش سنجش از دور ۵/۸ درصد و خطای برآورد به روش نمونه‌گیری ۱۹/۸ درصد محاسبه شد.

میزان هزینه‌های دو طرح با مفروضات زیر محاسبه شد. هزینه طرح نمونه‌گیری شامل هزینه مأمور آمارگیر (روزانه ۳ میلیون ریال)، هزینه خودرو (روزانه ۵ میلیون ریال) و هزینه تهیه طرح فنی است زمان اختصاص یافته برای تهیه طرح موضوعی و فنی در این روش

حدود ۳۲۰ ساعت (هزینه هر ساعت ۴۰۰ هزار ریال) بوده است، هزینه کل اجرای طرح نمونه‌گیری حدود ۴۵۸ میلیون ریال برآورد شد. این اعداد بر مبنای میانگین هزینه برآورد شده از اجرای طرح‌های آماری در سال ۱۴۰۰ می‌باشد. هزینه‌های طرح سنجش از دور با فرض ۳۰ روز کاری برای تهیه طرح فنی و تهیه و آماده‌سازی گزارش، هزینه خودرو برای ۳ روز مراجعه به مزارع برای ثبت طول و عرض جغرافیایی محل کاشت محصولات برآورد شد. هزینه خودرو و مراجعه به مزارع مطابق روش نمونه‌گیری در نظر گرفته شده است. هزینه کل برآورد سطح کاشت به‌روش سنجش از دور حدود ۱۲۰ میلیون ریال برآورد شد مقایسه هزینه برآورد سطح کاشت گندم و جو به دو روش سنجش از دور و آمارگیری نمونه‌ای نشان می‌دهد، هزینه روش سنجش از دور، تقریباً یک چهارم هزینه روش آمارگیری نمونه‌ای و مراجعه حضوری است. همانطور که ملاحظه می‌شود، بیشتر صرفه‌جویی‌ها در هزینه خودرو و دستمزد مامور بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که با استفاده از روش سنجش از دور برای محاسبه سطح زیر کشت گندم و جو علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌ها می‌توان نتایج به دقت بالاتری نسبت به روش‌های نمونه‌گیری دست یافت هر چند این روش محدودیت‌های فنی و اجرایی بخصوص در زمانی که در سطح بسیار گسترده اجرا شود دارد، بنابراین برای استفاده از این روش در سطح ملی نیاز به مطالعات و بررسی‌های بیشتری دارد. در مرحله اول پیشنهاد می‌شود از روش سنجش از دور برای صحت‌سنجی و برآورد دقت روش‌های نمونه‌گیری در برآورد سطح زیر کشت استفاده گردد و در مرحله دوم شاید این روش بعد از بررسی‌های بیشتر بتواند جایگزین مراجعه حضوری و پر کردن پرسشنامه برای اندازه‌گیری سطح زیر کشت برخی محصولات در سطح ملی شود.

مراجع

علیپور، ف.، آق‌خانی، م. ح.، عباسپورفرد، م. ح. و سپهر، ع. (۱۳۹۳). تفکیک محدوده و تخمین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی به کمک تصاویر ماهواره‌ای. ماشین‌های کشاورزی، ۴(۲)، ۲۴۴-۲۵۴.

علیزاده، پ.، کامکار، ب.، شتایی، ش.، و کاظمی، ح. (۱۳۹۷). برآورد تغییرات سطح زیر کشت گندم و سویا با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در غرب استان گلستان. پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۳۱، ۶۱-۴۱.

موسوی، س. ا.، عباس‌زاده‌طهرانی، ن. و جانعلی‌پور، م. (۱۳۹۹). برآورد سطح زیرکشت گندم دیم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ (مطالعه موردی: منطقه سجاسرود شهرستان خدابنده استان زنجان)، پژوهش و فناوری محیط زیست، ۷(۵)، ۷۷-۹۰.

Cochran, W. G. (۱۹۷۷). Sampling Techniques, ۳rd Edition, John Wiley & Sons, New York.

D'Odorico, P., Gonsamo, A., Damm, A., & Schaepman, M. E. (۲۰۱۳). Experimental evaluation of Sentinel-۲ spectral response functions for NDVI time-series continuity. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, ۵۱(۳), ۱۳۳۶-۱۳۴۸.

Jindo, K., Kozan, O., Iseki, K., Maestrini, B., van Evert, F. K., Wubengeda, Y., Arai, E., Edemir Shimabukuro, Y., Sawada, Y., & Kempenaar, C. (۲۰۲۱). Potential utilization of satellite remote sensing for field-based agricultural studies. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, ۸(۵۸).

Pahlavani, P., Askarian Omran, H., & Bigdeli, B. (۲۰۱۷). A multiple land use change model based on artificial neural network, Markov chain, and multi objective land allocation. Earth Observation and Geomatics Engineering, ۱(۲), ۸۲-۹۹.

United Nations, (٢٠٢٤), Report of the Food and Agriculture Organization of the United Nations on agricultural and rural statistics, United Nations, E/CN.٣/٢٠٢٤/١٢.