

## تعیین الگوی کشت بهینه با هدف پایداری آب زیرزمینی

اکبر علی پور، کامران داوری<sup>۱\*</sup>، محمد موسوی بایگی، محمود صبحی و عزیزا... ایزدی

دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

akbaralipoor.at@gmail.com

استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

k.davary@gmail.com

استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

mousavib@um.ac.ir

استاد گروه اقتصاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.

Msabuhi39@yahoo.com

محقق مرکز تحقیقات آب دانشگاه سلطان قابوس، مسقط، عمان.

Az.izady@gmail.com

### چکیده

آب زیرزمینی بزرگ‌ترین منبع آب شیرین در دسترس بر روی کره زمین بوده که در بسیاری از کشورها به دلیل اضافه برداشت در معرض خطر نابودی قرار گرفته است. تعیین الگوی کشت بهینه ای که همراه با کاهش تخصیص منابع آب منجر به کاهش درآمد کشاورزان نشود، می‌تواند راهکاری مناسب در راستای پایداری آب زیرزمینی باشد. در پژوهش حاضر روشی ارائه شده که علاوه بر پایداری آب زیرزمینی، کاهش درآمد کشاورزان به حداقل برسد. برای این منظور، ابتدا چهار سناریوی برداشت از آبخوان تعریف و با استفاده از مدل "سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری نیشابور" برای هر سناریو، تغییرات سطح آب زیرزمینی محاسبه شد. همچنین با استفاده از پرسش‌نامه، بهره‌وری اقتصادی آب از ۲۴۲ حلقه چاه کشاورزی و برای نه محصول غالب دشت نیشابور در سال ۱۳۹۵ برآورد شد. برای حداقل‌سازی کاهش درآمد کشاورزان، بازتخصیص آب به محصولات مختلف و تعیین سطح زیرکشت هر کدام، بر اساس بهره‌وری اقتصادی هر محصول انجام شد. با توجه به تغییرات سطح آب و شرایط موجود، سناریوی برداشت به اندازه آب تجدیدپذیر (۴۱۴/۹ میلیون مترمکعب)، به عنوان سناریوی برتر گزیده شد. در صورت اجرایی شدن این سناریو، برای پایداری آب زیرزمینی میزان ۲۲۷/۵ میلیون مترمکعب از تخصیص کاسته می‌شود. نتایج نشان داد، کاهش تخصیص آب منجر به کاهش ۲۷۰۶۱ هکتار سطح زیرکشت و کاهش حدود ۸۳/۵ میلیارد تومان درآمد خواهد شد. برای جبران کاهش درآمد، استفاده از کشت‌های جایگزین پسته و زعفران با توجه به بالاترین بهره‌وری اقتصادی و مصرف آب کمتر پیشنهاد شد. در الگوی پیشنهادی ۱۸۰۰۰ هکتار زعفران یا ۴۴۷۳ هکتار پسته جایگزین کشت‌های فعلی می‌شود و جالیز و چغندر قند بیشترین درصد کاهش سطح زیرکشت را دارند.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری اقتصادی آب، آب تجدیدپذیر، مدل DSS، دشت نیشابور

<sup>۱</sup> - آدرس نویسنده مسئول: مشهد، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

\*- دریافت: فروردین ۱۳۹۸ و پذیرش: شهریور ۱۳۹۸

## مقدمه

منابع آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین و ارزان‌ترین منابع آب به‌شمار می‌روند که بهره‌برداری اصولی از آن‌ها می‌تواند در توسعه پایدار فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی یک منطقه، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نقش به‌سزایی داشته باشد. بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع خسارت جبران‌ناپذیری مانند افت شدید و غیرقابل برگشت سطح آب زیرزمینی، کاهش دبی چاه‌ها و قنوت‌ها را به دنبال داشته است (ایزدی و همکاران، ۱۳۸۷)؛ بنابراین، در دنیا با توجه به آسیب‌پذیری آبخوان‌ها تلاش برای احیا و پایداری این منابع ارزشمند از اهمیت فراوانی برخوردار است. نظام کشاورزی با مزیت اقتصادی پایدار، مبتنی بر سیاست‌های کلان کشور، دانش بومی کشاورزان و بهره‌گیری بهینه از ظرفیت‌های منطقه‌ای می‌تواند تعیین‌کننده الگوی کشت مناسب باشد. داشتن برنامه الگوی کشت علمی و تناسب نوع محصولات با شرایط اقلیمی، پایداری تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی را تضمین می‌کند و سبب می‌شود از استعدادهای هر منطقه به درستی مورد استفاده قرار گرفته و بهره‌وری افزایش خواهد یافت اما علی‌رغم این اهمیت، تقریباً تمام دولت‌ها از تدوین الگوی کشت بخش کشاورزی خبر داده‌اند اما هیچ‌گاه این الگو به شکل رسمی رونمایی نشده است (حسینی سعدی و گلکار، ۱۳۹۵).

در خصوص الگوی کشت مطالعات گوناگونی در داخل و خارج کشور انجام شده است. در یک پژوهش میدانی علیزاده و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی بهینه‌سازی الگوی کشت با هدف تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی پرداختند. آن‌ها برای دستیابی به هدف فوق از روش‌های حل بهینه‌سازی برنامه‌ریزی خطی و غیرخطی چندهدفی آرمانی در قالب ساختارهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که با به‌کارگیری الگوی مشخص‌شده در دوره برنامه‌ریزی ده ساله علاوه بر دستیابی به اهداف چندگانه، سبب کاهش

کسری ذخایر مخزن آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه خواهد شد. سینگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۱) از مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده نمودند تا الگوی بهینه کشت را با هدف بیشینه کردن درآمد خالص در منطقه‌ای از پاکستان برآورد کنند. در این مدل، میزان زمین و کم‌ترین سطح کشت گندم و برنج برای نیازهای غذایی کشاورزان به عنوان محدودیت‌های مدل در نظر گرفته شد که بر اساس نتایج حاصله سودآورترین کشت منطقه، کشت محصول گندم تعیین شد. روابده<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۰) اقدام به بهینه‌سازی الگوی کشت در اراضی شمالی و جنوبی رشته کوه اردن نمودند. آن‌ها در مطالعه خود شرایط خشک‌سالی و محدودیت منابع آب را در نظر گرفتند و از یک مدل اقتصادی برای ارزیابی درآمد کشاورزان استفاده کردند. همچنین، برای بررسی بیلان عرضه و تقاضای آب، از سناریوهای مختلف مدیریتی استفاده کردند. نتایج کلی مطالعه آن‌ها نشان داد که بهره‌وری آب در قسمت جنوبی در مقایسه با قسمت شمالی پایین‌تر است. همچنین خشعی و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از مدل بیلان آب زیرزمینی و با روش فراکاوشی PSO الگو و تراکم کشت بهینه محصولات زراعی دشت نیشابور را تعیین نمودند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، می‌توان با کاهش ۳۶ درصدی سطح زیر کشت اغلب محصولات بهاره و افزایش ۳۶ درصدی سطح زیر کشت گندم، جو و کلزا بیشترین درآمد را از آب استحصالی از آبخوان دشت نیشابور کسب نمود. در بین محصولات بهاره ذرت و گوجه‌فرنگی نسبت به دیگر محصولات بهاره، بیشترین سهم را در افزایش سطح داشت. نتایج نشان داد که با افزایش ۲۶۱۱۱ هکتار به محصولات پاییزه و کاهش ۱۶۱۷۶ هکتار از محصولات بهاره می‌توان ۷۱۶۶ هزار ریال به طور متوسط در هر هکتار درآمد بیشتری به‌دست آورد.

بانژاد و سیفی (۱۳۸۵) به کنترل سطح آب زیرزمینی به وسیله تغییر الگوی کشت در دشت همدان-بهار پرداختند. آن‌ها برای ایجاد توسعه پایدار کشاورزی و

کشت محصولات کشاورزی با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی در استان تهران پرداختند. نتایج مدل نشان داد که با تغییر در الگوی کشت محصولات و استفاده از فن کم‌آبیاری، در بهینه‌ترین حالت، سود اقتصادی بخش کشاورزی استان تهران ۲۳/۵ درصد در مقایسه با شرایط فعلی الگوی کشت و آبیاری، افزایش می‌یابد. بنی‌اسدی و همکاران (۱۳۹۶)، به بررسی تغییر الگوی کشت و میزان استخراج منابع آب زیرزمینی با اعمال سیاست‌های کاهش مصرف آب در دشت ارزوئیه استان کرمان پرداختند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که از میان سیاست‌های یاد شده، سیاست کم‌آبیاری و همچنین ترکیب آن با سیاست کاهش دسترسی به منابع آب، دارای بهترین نتایج بوده‌اند.

آب زیرزمینی حیاتی‌ترین منبع آب شیرین در دسترس مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود و لازم است تا برداشت از این منبع حیاتی با میزان تغذیه آن متناسب شود؛ از این رو انتخاب الگوی کشت همراه با کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی برای جلوگیری از افت مستمر و تعادل بخشی آب زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. مرور مطالب پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد، اگر چه تصمیم‌گیری درباره الگوی کشت به عوامل مختلفی بستگی دارد و تا کنون پژوهش‌های زیادی در خصوص اصلاح الگوی کشت مبتنی بر افزایش بهره‌وری اقتصادی صورت گرفته است، اما اصلاح الگوی کشت اقتصادی، توأم با اتخاذ سیاست‌های کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی مورد توجه نبوده است؛ بنابراین لازم است تا در اتخاذ سیاست‌ها، کاهش میزان برداشت به منظور پایداری منابع آب زیرزمینی نیز مورد توجه و بررسی قرار گیرد. این پژوهش به این ضرورت توجه نموده و علاوه بر انتخاب الگوی کشت بهینه، سیاست‌های مختلف و اتخاذ سیاست مناسب کاهش برداشت را نیز مورد بررسی قرار داده است.

جلوگیری از نابودی کشاورزی این منطقه تغییر الگوی کشت از محصولات با نیاز آبی بالا مانند سیب‌زمینی و یونجه به محصولات با نیاز آبی کم‌تر مانند کلزا که هم از لحاظ درآمدزایی مشابه محصولات قبلی بوده و هم میزان آب کمتری مصرف کند ضروری دانستند، به طوری که با کشت کلزا به جای سیب‌زمینی و یونجه در هر هکتار حدود ۳۷۶۵ مترمکعب در مصرف آب صرفه‌جویی می‌شود و با توجه به سطح زیرکشت زیادی که به این محصولات اختصاص یافته، می‌توان تا حد زیادی جبران کسری‌های آب زیرزمینی منطقه را کرده و همچنان آب شرب مورد نیاز هم‌مدان را از این منطقه تأمین کرد.

عباسی و قدمی (۱۳۸۶) تأثیر بهینه‌سازی الگوی کشت را در کاهش مصرف آب و افزایش درآمد کشاورزان در دشت فریمان شهرستان تربت‌جام مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها مدلی با هدف حداکثرسازی درآمد حاصل از کشت محصولات کشاورزی و بهره‌برداری بهینه از منابع آب سطحی و زیرزمینی تهیه کردند و به این نتیجه رسیدند که با تغییر الگوی کشت در سال‌های مختلف، با وجود کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی، سود خالص حاصل، روند افزایشی دارد. کرامت‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) به بررسی مدیریت منابع آب از طریق تخصیص بهینه آب بین اراضی تحت آبیاری سد بارزو شیروان پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که با حذف برخی از محصولات با نیاز آبی بالا، از الگوی فعلی و جایگزینی محصولاتی با نیاز آبی کمتر و افزایش سطح زیرکشت محصولات دیگر، سود منطقه افزایش و مصرف آب کاهش می‌یابد.

منصوری و کهنسال (۱۳۸۶)، با بکارگیری مدل برنامه‌ریزی آرمانی ترتیبی، به تعیین الگوهای بهینه کشت و مقایسه آن‌ها به منظور دستیابی هم‌زمان به اهداف اقتصاد کشاورزی پرداختند. نتایج پژوهش یادشده نشان می‌دهد به منظور بهره‌برداری بهینه از منابع آب و تعیین الگوی کشت محصولات کشاورزی، لازم است مدلی با هدف حداکثرسازی سود اقتصادی ساخته شود. حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۱) به بهینه‌سازی تخصیص آب و الگوی

## مواد و روش‌ها

دشت نیشابور جزئی از حوزه آبریز کال‌شور نیشابور بوده که در دامنه جنوبی ارتفاعات بینالود و در شمال شرق کویر مرکزی واقع شده است و دارای اقلیم نیمه‌خشک است. وسعت کل حوضه ۷۳۵۰ کیلومترمربع است که ۳۱۶۰ کیلومترمربع آن را ارتفاعات و ۴۱۹۰ کیلومترمربع را دشت تشکیل می‌دهد. (ولایتی و توسلی، ۱۳۷۰).

بر اساس آمار اخذ شده مطالعات پایه منابع آب شرکت آب منطقه‌ای، متوسط بارش دوره آماری ۴۰ ساله اخیر نیشابور ۲۴۷ میلی‌متر و میانگین ۱۵ ساله اخیر ۲۴۲/۲ میلی‌متر و متوسط ۱۰ سال اخیر ۲۳۰/۵ میلی‌متر است. در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ (سال مبنا) تعداد ۲۰۷۴ حلقه چاه، ۹۲۴ رشته قنات و ۱۰۸۴ دهانه چشمه در دشت شناسایی شده است (شرکت آب منطقه‌ای، ۱۳۹۷). بر اساس آمار سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ حجمی معادل با ۶۲۸/۲ میلیون مترمکعب از منابع آب دشت نیشابور برداشت شده که از این میزان ۵۹۰/۳ میلیون مترمکعب آب زیرزمینی و ۳۷/۹ میلیون مترمکعب آب سطحی بوده است (مطالعات شرکت آب منطقه‌ای، ۱۳۹۷). بیان آب‌زیرزمینی در یک دوره‌ی ۲۵ ساله (مهر ۱۳۷۱ تا مهر ۱۳۹۶) نشان می‌دهد دشت نیشابور سالانه به طور متوسط ۱۳۷/۲۸ میلیون مترمکعب کسری مخزن داشته است و برداشت‌های مجاز بیش از آب تجدیدپذیر است؛ بنابراین به منظور کنترل افت، علاوه بر اقدامات حفاظتی و کنترلی، حجم برداشتی مجاز فعلی تا حد پایدار شدن آبخوان باید کاهش یابد. در این راستا، وزارت نیرو حجم آب تجدیدپذیر دشت‌ها را، مبنای برداشت از منابع آب زیرزمینی اعلام نموده است؛ بنابراین لازم است تا پس از اعمال این سیاست، پیش‌بینی تغییرات سطح ایستابی با استفاده از سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS) نیشابور (جودوی و همکاران، ۱۳۹۵) انجام شود. در این دشت بیش از ۹۱ درصد منابع آب برای کشاورزی استفاده می‌شود و کشاورزی یکی از مشاغل مهم و حیاتی

در این دشت است. بدیهی است که کاهش تخصیص آب از منابع آب‌زیرزمینی موجب کاهش سطح زیر کشت موجود شده و کاهش درآمد کشاورزان را به همراه خواهد داشت. اصلاح الگوی کشت و افزایش کاشت گیاهان پربازده اقتصادی و کم آب طلب، می‌تواند تا حدی کاهش درآمد کشاورزان را جبران کند.

در جدول (۱) آمار سطح زیر کشت ۱۱ محصول غالب کشت‌های زراعی و باغی نشان داده شده است (جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶). در این دشت محصولاتی زراعی همچون جو، گندم، پنبه، یونجه، زعفران، ذرت علوفه‌ای و هندوانه بذری، گوجه‌فرنگی، چغندر قند و سیب‌زمینی بیشترین سطح زیرکشت را در محصولات زراعی و در محصولات باغی درختان پسته، آلو، سیب، گیلاس و آلبالو بیشترین سطح زیر کشت را دارا هستند.

به منظور کنترل افت مستمر منابع آب‌زیرزمینی و همچنین جبران کسری مخازن آب‌زیرزمینی، باید به نحوی الگوی کشت و تخصیص منابع آب سیاست‌گذاری شود که هدف مزبور در اولویت قرار گیرد. بدین منظور، با توجه به نسبت آب برداشتی<sup>۱</sup> (W) به آب تجدیدپذیر<sup>۲</sup> (RW) چهار سناریوی تخصیص (برداشت) تعریف شد.

در سناریو اول، شرایط فعلی برداشت در نظر گرفته شد. در این سناریو، ۵۹۰/۳ میلیون مترمکعب آب زیرزمینی از آبخوان برداشت می‌شود، این حجم برداشت، معادل ۱/۴۲ برابر حجم آب تجدیدپذیر آب زیرزمینی (RW=۴۱۴/۹ میلیون مترمکعب) است. در سناریوی دوم تخصیص، حجمی برابر با حجم آب تجدیدپذیر به میزان ۴۱۴/۹ مترمکعب در سال در نظر گرفته شد. وزارت نیرو برابر مصوبه جلسه ۱۵ ام شورای عالی آب تصمیم گرفت در دشت‌ها صرفاً میزان ۷۵ درصد منابع آب تجدیدپذیر از آبخوان‌ها برداشت شود. این تصمیم به‌عنوان سناریوی سوم تخصیص این پژوهش در نظر گرفته شد (W=0/75 RW). این حجم معادل ۳۱۰ میلیون مترمکعب در سال است. سناریوی چهارم تخصیص، بر اساس شاخص کمیسیون

<sup>۲</sup> Renewable water

<sup>۱</sup> Withdrawal

چاه با پراکنش مناسب، پرسش‌نامه‌ای تهیه شد. این پرسش‌نامه از طریق مراجعه حضوری و با همکاری کشاورزان خبره و مطلع در هر چاه تکمیل شد. در این پرسش‌نامه اطلاعات مربوطه شامل دبی فعلی چاه، سطوح زیرکشت، مدار آب، حقایبه مالک، نوع کشت، هزینه تولید و درآمد هر محصول و همچنین میزان تمایل به تغییر الگوی کشت تکمیل شد. سپس بهره‌وری اقتصادی آب برای نه محصول غالب در دشت محاسبه شد.

توسعه پایدار سازمان ملل تعریف شد. بر اساس این شاخص حجم برداشت از آبخوان برای جلوگیری از وضعیت بحران باید ۴۰ درصد حجم آب تجدیدپذیر باشد ( $W=0/4 RW$ ). این حجم معادل ۱۶۶ میلیون مترمکعب است. برای هر یک از این سناریوها با استفاده از داده‌های هواشناسی، هیدرولوژی، تخلیه و تغذیه آبخوان و سطوح زیرکشت در مدل DSS تغییرات سطح آب زیرزمینی نسبت به سال مبنا (۹۶-۱۳۹۵) برای سال آبی بعدی پیش‌بینی شد. برای بررسی الگوی کشت موجود در دشت در ۲۴۲ حلقه

جدول ۱- آمار سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی

نام محصول	سطح کشت (هکتار)	آب برداشتی (مترمکعب در هکتار)	عملکرد محصول (تن در هکتار)
گندم	۱۳۳۰۰	۶۵۴۸	۳/۷
جو	۱۵۹۹۵	۵۷۹۲	۳/۵
چغندر قند	۱۱۰۰	۱۴۹۹۰	۳۲
پنبه	۵۰۵۰	۱۱۰۸۴	۲/۵
ذرت	۳۶۷۹	۱۳۸۶۰	۱۱
سبزی و صیفی	۳۰۴۳	۱۱۰۸۴	۳۳
جالیز	۶۳۰	۹۵۷۲	۱۹
زعفران	۵۰۵۰	۳۰۰۰	۰/۰۰۴۶
یونجه	۵۲۰۰	۱۵۱۲۰	۱۱
پسته	۱۹۵۴۰	۶۰۴۸	۳
حبوبات	۳۳۲	۱۰۳۲۸	۱/۵
سایر باغات	۹۹۹۰	۱۲۰۹۶	۱۵

منبع: (جهاد کشاورزی نیشابور، ۱۳۹۶)

$$NBPD = \frac{NB}{TW} \quad (1)$$

<sup>۱</sup> NBPD سود خالص به ازای واحد حجم آب (تومان).

مفهوم بهره‌وری اقتصادی آب این است که بهره‌بردار به ازای مقدار آبی که مصرف می‌کند چقدر درآمد کسب می‌کند. به عبارت دیگر تنها مقدار تولید نباید معیار ارزش آب مصرفی قرار گیرد، بلکه باید به ارزش گیاه علاوه بر مقدار فیزیکی آن نیز توجه کرد. با توجه به داده‌های پرسش‌نامه بهره‌وری از رابطه زیر محاسبه شد (جوان و فال سلیمان، ۱۳۸۷).

درصد کاهش هر محصول در این حجم، حجم کاهش یافته آب برای هر محصول در سال مشخص شد.

$$\text{کاهش تخصیص آب محصول در سناریوی دوم} = \text{درصد کاهش محصول} * 10^6 * 227/5 \quad (5)$$

بر اساس میزان تخصیص کم شده و میزان آب مصرفی هر محصول در هکتار، مقدار کاهش سطح زیرکشت هر محصول از رابطه (۶) به دست آمده است.

$$\text{کاهش تخصیص آب محصول در سناریوی دوم} = \frac{\text{کاهش سطح کشت}}{\text{میزان آب مصرفی در هر هکتار}} \quad (6)$$

بر اساس نتایج رابطه (۶)، کشاورزان باید حدود ۲۷۰۶۱ هکتار از اراضی زیرکشت را کاهش دهند. این عمل قطعاً کاهش درآمد را برای آن‌ها به همراه دارد. برای محاسبه مقدار کاهش سود محصول به ازای کاهش تخصیص آب، کاهش سطح زیرکشت هر محصول در سود خالص آن ضرب شد و سود کاهش یافته محاسبه شد.

$$\text{محصول سود} * \text{کاهش سطح زیرکشت} = \text{محصول سود کاهش} \quad (7)$$

برای ارائه کشت‌های جایگزین به منظور جبران این رقم، اگر چه پارامترهایی از قبیل نوسانات بازار، سیاست‌های دولت و محدودیت‌هایی همچون تغییر کیفیت منابع آب و خاک برای انتخاب الگوی کشت بهینه موثر است، اما در این پژوهش فرض بر این است که این پارامترها روند فعلی را داشته باشند. لذا بر اساس این فرض، اصلاح الگوی کشت فعلی پیشنهاد شد. در شکل (۳) شمای کلی روش پژوهش نشان داده شده است.

NB<sup>۱</sup> سود خالص در هر هکتار (تومان) که از تفاوت درآمد محصول و هزینه‌ها به دست می‌آید (تومان). TW<sup>۲</sup> حجم آب مصرف شده در هکتار (مترمکعب).

برای محاسبه نسبت درصد کاهش سطح زیرکشت هر یک از محصولات از رابطه (۴) استفاده شد. برای این منظور ابتدا درصد سود خالص هر محصول نسبت به سود خالص کل دشت با استفاده از رابطه (۲) برآورد شد.

$$(2) \quad \text{درصد سود خالص} = \frac{\text{سود خالص هر محصول}}{\text{سود خالص کل}} \times 100$$

سپس، با تقسیم عدد یک بر درصد سود خالص هر محصول، نسبت عکس کاهش سطح زیرکشت به دست آمده (رابطه ۳) و با گنجاندن نتایج رابطه (۳) در رابطه (۴)، درصد کاهش سطح زیرکشت هر یک از محصولات کشت شده فعلی حاصل شد. نتایج به طور خلاصه در جدول (۳) آمده است.

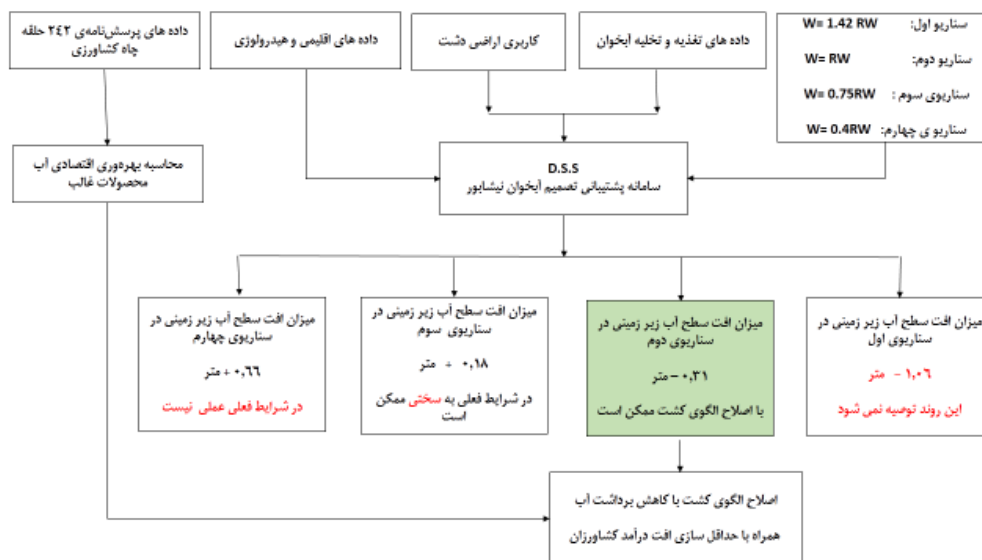
$$(3) \quad \text{نسبت عکس کاهش سطح زیر کشت} = \frac{1}{\text{درصد سود خالص}}$$

$$(4) \quad \text{نسبت عکس کاهش سطح زیرکشت} = \frac{\text{درصد سود خالص}}{\text{درصد کاهش سطح زیر کشت}}$$

علاوه بر کاهش تخصیص ۱۷۵/۴ میلیون مترمکعب در سناریوی دوم، بر اساس نتایج مدل به منظور پایداری آبخوان، باید ۵۲/۱ میلیون مترمکعب نیز از برداشت فعلی (۵۹۰/۳) کاسته شود، بنابراین در این سناریو برای پایداری آبخوان ۲۲۷/۵ میلیون مترمکعب آب از تخصیص فعلی برای کشاورزی کسر خواهد شد. با حاصل ضرب

<sup>۲</sup>. Total Water

<sup>۱</sup>. Net Benefit



شکل ۱ - شمای کلی روش پژوهش

مخزن، موجب افت سطح آب زیرزمینی به طور متوسط سالانه ۷۹ سانتی‌متر و در کل دوره ۲۰/۴۲ متر شده است. بدیهی است ادامه روند فعلی منجر به نابودی آبخوان طی سنوات آتی خواهد شد (مطالعات شرکت آب منطقه‌ای، ۱۳۹۶). نتایج به دست آمده تغییرات سطح آب زیرزمینی با مدل DSS در هر سناریو برای سال بعد در جدول (۲) نشان داده شده است.

## نتایج و بحث

دشت نیشابور به دلیل برداشت‌های بیش از آب تجدیدپذیر یکی از بحرانی‌ترین دشت‌های ممنوعه بحرانی کشور است. بر اساس تحلیل به دست آمده از آمار اخذ شده، این دشت طی ۲۵ سال گذشته، سالانه به طور متوسط حدود ۷۹ سانتی‌متر افت سطح آب زیرزمینی و ۱۳۷/۲۸ میلیون مترمکعب کسری مخزن داشته است. این مقدار کسری

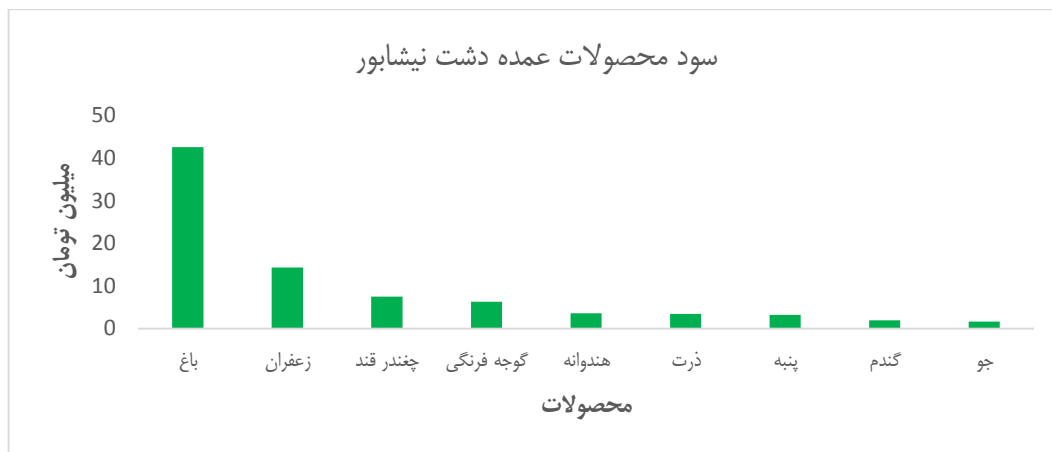
جدول ۲- پیش‌بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی در مدل DSS نیشابور

سناریو	میزان برداشت	تغییرات ذخیره آبخوان (میلیون مترمکعب در سال)	متوسط تغییرات سطح آب زیرزمینی (متر در سال)	بیان
سناریو ۱	$W=1/42RW$	-۱۸۱	-۱/۰۶	-
سناریو ۲	$W=RW$	-۵۲/۱	-۰/۳۱	-
سناریو ۳	$W=۰/۷۵RW$	۳۰/۵	+۰/۱۸	+
سناریو ۴	$W=۰/۴RW$	۱۱۳	+۰/۶۶	+

توجه به شرایط موجود، سناریوی دوم (برداشت به اندازه آب تجدیدپذیر) به عنوان سناریوی مناسب‌تر انتخاب شد. در این سناریو با وجود برداشت به اندازه حجم آب تجدیدپذیر، باز هم سطح آب زیرزمینی ۳۱ سانتی‌متر افت خواهد شد. برای جلوگیری از این افت باید ۵۲/۱ میلیون مترمکعب از تخصیص سناریوی دوم کسر شود؛ اما کاهش حجم برداشت، موجب کاهش درآمد کشاورزان خواهد شد.

بر اساس نتایج مدل در جدول (۲)، سناریوی اول و دوم موجب افت سطح آب زیرزمینی و سناریوی سوم و چهارم موجب بالا آمدگی آن می‌شود. سناریوی سوم و چهارم اگرچه موجب بالا آمدگی سطح آب شد، ولی عملیاتی شدن آن‌ها با توجه به شرایط موجود امکان‌پذیر به نظر نرسید. سناریوی اول نیز ادامه روند فعلی بود که منجر به بحرانی‌تر شدن وضعیت آبخوان خواهد شد؛ بنابراین با

برای به حداقل رساندن کاهش درآمد، ابتدا سود هر محصول (بهره‌وری اقتصادی آب) در نه محصول غالب، بر اساس داده‌های پرسش‌نامه ۲۴۲ حلقه چاه کشاورزی از رابطه (۱) محاسبه شد. نتایج حاصل در شکل (۲) ارائه شده است.



منبع: یافته‌های پژوهش

شکل ۲- برآورد سود در محصولات غالب دشت نیشابور

پس از محاسبه سود اقتصادی آب هر محصول، از عکس آن (رابطه ۳) برای توزیع منطقی کاهش تخصیص آب استفاده شد. نتایج این رابطه نشان می‌دهد، کمترین ضریب مربوط به کشت‌های پسته و زعفران و بیشترین آن مربوط به کشت‌های جو، گندم، پنبه و ذرت است (جدول ۳).

نتایج شکل (۲) نشان می‌دهد زراعت‌های باغی (۲۰,۵۶۲,۱۰۵ تومان) و زعفران (۱۴,۳۴۴,۷۳۴ تومان) بیشترین سود خالص و جو (۱,۶۴۰,۱۶۳ تومان)، گندم (۱,۹۶۴,۲۶۵ تومان) و پنبه (۳,۲۰۵,۷۲۷ تومان) کمترین سود خالص را داشته‌اند. به عبارتی دیگر کشت باغات ۴۶ درصد، زعفران ۱۵ درصد و سایر کشت‌ها ۳۹ درصد سود کشاورزان را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۳- برآورد سود خالص و نتایج کاهش تخصیص در سناریوی دوم

محصول	سود خالص (میلیون تومان)	سود (درصد)	نسبت عکس کاهش سطح کشت	کاهش سطح کشت (درصد)	کاهش تخصیص آب (میلیون مترمکعب)
باغ	۴۲/۵۶	۴۶	۲/۲	۱	۰
زعفران	۱۴/۳۴	۱۵	۶/۵	۳	۰
سایر محصولات	۰/۸۶	۹	۱۰/۹	۵	۱۱/۳۷
چغندر قند	۷/۵	۸	۱۲/۴	۶	۱۳/۶۵
گوجه‌فرنگی	۶/۳	۷	۱۴/۸	۶	۱۳/۶۵
هندوانه	۳/۶	۴	۲۶	۱۱	۲۵/۰۳
ذرت	۳/۴	۴	۲۷	۱۲	۲۷/۳
پنبه	۳/۲	۳	۲۹	۱۲	۲۷/۳
گندم	۱/۹۶	۲	۴۷/۴	۲۰	۴۵/۵
جو	۱/۶۴	۲	۵۶/۸	۲۴	۵۴/۶

منبع: یافته‌های پژوهش



نتایج توزیع آن در جدول (۳) ارایه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد بیشترین حجم کاهش تخصیص آب مربوط به کشت‌های جو، گندم، پنبه و ذرت و کم‌ترین مربوط به زعفران و پسته (صفر) است.

برای تعیین میزان کاهش سطح زیرکشت هر محصول، از حل معکوس استفاده شد. با توجه به حجم آب کاهش‌یافته در هر محصول و میزان مصرف آب آن (مترمکعب در هکتار در سال) مساحت قابل کاشت با آن، از رابطه (۶) محاسبه شد. سپس این مساحت به‌عنوان مساحتی که باید کاهش یابد، برای هر محصول در نظر گرفته شد. نتایج کاهش سطح زیرکشت هر محصول در جدول (۴) نشان داده شده است.

با توجه به نتایج حاصل از جدول (۳)، میزان کاهش سطح زیرکشت برای محصولات باغی یک درصد و برای زعفران سه درصد برآورد شده است. از آنجا که سیاست مورد توجه این پژوهش جایگزینی کشت‌های پرآب طلب با دو محصول مزبور مورد توجه است، از کاهش تخصیص آب برای زعفران و پسته صرف‌نظر شد. در ادامه برای تعیین درصد کاهش سطح زیر کشت هر محصول از رابطه (۴) استفاده شد. نتایج به دست آمده جدول (۳) بیانگر این است که بیشترین درصد کاهش سطح زیرکشت مربوط به کشت‌های کم‌درآمد از جمله جو، گندم، پنبه و ذرت و کمترین مربوط به کشت‌های با سوددهی بیشتر از جمله باغات و زعفران است. با اعمال این درصدها در حجم ۲۲۷/۵ میلیون مترمکعب آب (رابطه ۵) کاهش تخصیص آب هر محصول تعیین شد.

جدول ۴- کاهش سطح زیرکشت محصولات غالب و تعیین مساحت کشت‌های جایگزین

نام محصول	کاهش سطح زیر کشت (هکتار)	سود کاهش‌یافته در ازای کاهش تخصیص آب (میلیارد تومان)	مساحت زعفران جایگزین جهت جبران افت سود (هکتار)	مساحت پسته جایگزین جهت جبران افت سود (هکتار)
گندم	۶۹۴۹	۱۳/۶۵	۲۹۴۲	۷۳۱
جو	۹۴۲۷	۱۵/۴۶	۳۳۳۲	۸۲۸
چغندر قند	۷۵۹	۵/۶۹	۱۲۲۶	۳۰۵
پنبه	۲۴۶۳	۷/۹۰	۱۷۰۲	۴۲۳
ذرت	۱۹۷۰	۶/۷۹	۱۴۶۲	۳۶۳
سبزی و صیفی	۱۰۲۶	۸/۷۸	۱۸۹۳	۴۷۰
جالیز	۲۶۱۴	۹/۳۸	۲۰۲۱	۵۰۲
زعفران	۰	۰	۰	۰
یونجه	۷۵۲	۶/۴۴	۱۳۸۸	۳۴۵
پسته و باغات	۰	۰	۰	۰
حبوبات	۱۱۰۱	۹/۴۳	۲۰۳۲	۵۰۵
جمع	۲۷۰۶۱	۵۱/۸۳	۱۷۹۹۸	۴۴۷۳

منبع: یافته‌های پژوهش

کاهش ۲۲۷/۵ میلیون مترمکعب ۲۷۰۶۱ هکتار شده است. سطح کاهش داده‌شده، درآمدی برای کشاورز داشته است که مقدار آن در هر محصول از رابطه (۷) محاسبه‌شده و

بر اساس نتایج جدول (۴) کشت‌های جو، گندم، پنبه و جالیز بیشترین کاهش سطح زیر کشت را دارند و مجموع کاهش سطح زیرکشت کل محصولات به ازای

تقسیم و مساحت کشت جایگزین زعفران و پسته محاسبه شد (جدول ۵). نتایج جایگزینی کشت‌ها نشان می‌دهد که کاشت ۱۷۹۹۸ هکتار زعفران یا ۴۴۷۳ هکتار پسته می‌تواند کاهش درآمد ناشی از ۲۷۰۶۱ هکتار کشت‌های فعلی را جبران کند. در جدول (۵) الگوی اصلاحی کشت پیشنهادی، مساحت و درصد کاهش کشت فعلی نشان داده شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که بیشترین درصد کاهش سطح زیرکشت (درصد کاهش سطح زیر کشت با کاهش تخصیص آب و حداقل افت درآمد با جایگزینی زعفران یا پسته) مربوط به کشت‌های جالیز و چغندر قند و پنبه و حبوبات است.

نتایج در جدول (۴) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد بیشترین کاهش سود در ازای کاهش سطح زیرکشت گندم، جو، جالیز بوده است. همچنین نتایج این جدول نشان می‌دهد کاهش سطح ۲۷۰۶۱ هکتار از محصولات، ۸۳/۵ میلیارد تومان کاهش درآمد را به همراه خواهد داشت. برای جبران استفاده از کشت‌های جایگزین پسته و زعفران با بالاترین بهره‌وری اقتصادی و کمترین مصرف آب (کشت زعفران ۳۰۰۰ مترمکعب در هکتار در سال) و پسته (۶۰۴۸ مترمکعب در هکتار در سال) پیشنهاد شد. در ادامه برای تعیین مساحت کشت‌های جایگزین در راستای پایداری آب زیرزمینی و جبران کاهش درآمد، سود کاهش‌یافته هر محصول بر سود هر هکتار زعفران و یا پسته

جدول ۵ - الگوی کشت پیشنهادی و تغییرات مساحت کشت‌های محصولات غالب

محصول	کشت فعلی (هکتار)	کشت پیشنهادی با کاشت زعفران (هکتار)	کشت پیشنهادی با کاشت پسته (هکتار)	کاهش کشت با جایگزینی زعفران (درصد)	کاهش کشت با جایگزینی پسته (درصد)
گندم	۱۳۳۰۰	۳۴۱۰	۵۶۲۰	۷۴	۵۸
جو	۱۵۹۹۵	۳۲۳۶	۵۷۴۰	۸۰	۶۴
چغندر قند	۱۱۰۰	۰	۳۶	۱۰۰	۹۷
پنبه	۵۰۵۰	۸۸۵	۲۱۶۴	۸۲	۵۷
ذرت	۳۶۷۹	۲۴۷	۱۳۴۶	۹۳	۶۳
سبزی و صیفی	۳۰۴۳	۱۲۴	۱۵۴۶	۹۶	۴۹
جالیز	۶۳۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰
زعفران	۵۰۵۰	۱۱۳۲۴	۱۹۵۴۰	۰	۰
یونجه	۵۲۰۰	۳۰۶۰	۴۱۰۳	۴۱	۲۱
پسته و باغات	۱۹۵۴۰	۱۹۵۴۰	۱۹۵۴۰	۰	۰
حبوبات	۳۳۲	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

#### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به شرایط موجود آبخوان بحرانی نیشابور، کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی به منظور متعادل‌سازی منابع آب زیرزمینی اجتناب‌ناپذیر است؛ اما کاهش برداشت منجر به کاهش سطح زیرکشت و نهایتاً کاهش درآمد کشاورزان می‌شود. در این پژوهش سیاست تغییر الگوی کشت به گونه‌ای تحلیل شد که در اثر کاهش

برداشت، کاهش درآمد کشاورزان به حداقل ممکن برسد. هر چند اعمال این‌گونه سیاست‌ها به تنهایی، راهکار رهایی از بحران آبخوان‌ها نیست و احتمالاً بروز مشکلات اجتماعی در زمان اجرا را به‌همراه خواهد داشت، لذا به منظور اجرایی شدن این پژوهش، ظرفیت‌سازی لازم در نهادهای مردمی از جمله تعاونی‌ها و تشکل‌های آب‌بران به منظور پذیرش شرایط جدید باید انجام پذیرد. آگاه‌سازی،

نتایج با پیش‌بینی‌ها مقایسه شود؛ از سویی با توجه با اجرایی شدن تخصیص‌ها بر اساس میزان آب تجدیدپذیر می‌توان از روش این پژوهش در دیگر دشت‌ها، پیش‌بینی از وضعیت آتی تغییرات هر آبخوانی را داشت و برای پایداری آبخوان اقدام نمود. در ادامه این پژوهش، بررسی اثر تغییرات اقلیم و قیمت‌گذاری آب همراه با اصلاحات الگوی کشت بر تغییرات سطح آب زیرزمینی می‌تواند مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

آموزش، توانمندسازی، تأمین زیرساخت‌ها همراه با ابزارها و سیاست‌های تشویقی و تنبیهی مناسب، مانند بیمه رایگان محصولات کم‌آب طلب و پربازده، ارائه یارانه‌های مناسب، خرید تضمینی محصولات، ارائه بذره‌های مناسب و خدمات مهندسی و مشاوره‌ای به صورت ویژه در کشت گیاهان دارای بهره‌وری اقتصادی می‌تواند این مشکلات را به حداقل برساند. همچنین پیشنهاد می‌شود تغییرات الگوی کشت هرساله جمع‌آوری و مجدداً وارد مدل DSS شده تا

### فهرست منابع

۱. امور منابع آب نیشابور. ۱۳۹۶. گزارش کارشناسی بازدید از شکاف‌های دشت نیشابور، صفحه‌های ۲ تا ۳.
۲. ایزدی ع.، داوری ک.، علیزاده ا. و قهرمان ب. ۱۳۸۷. کاربرد مدل داده‌های ترکیبی در پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی. مجله آبیاری و زهکشی ایران، دوره ۲، شماره ۲، صفحه‌های ۱۳۳ تا ۱۴۳.
۳. بانژاد ح.، و سیفی آ. ۱۳۸۵. کنترل سطح آب زیرزمینی به وسیله تغییر الگوی کشت در دشت همدان - بهار. صفحه‌های ۱ تا ۷. مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۱۲ الی ۱۴ اردیبهشت، دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران، اهواز.
۴. بنی‌اسدی م.، زارع مهرجردی م.، مهرابی بشرآبادی ح.، میرزایی خلیل آباد ح.، رضایی استخرویه ع.، و حسن‌وند م. ۱۳۹۶. بررسی تغییر الگوی کشت و میزان استخراج منابع آب زیرزمینی با اعمال سیاست‌های کاهش مصرف آب در دشت ارزوئیه استان کرمان. مجله اقتصاد کشاورزی، جلد ۱۱، شماره ۳، صفحه‌های ۱۱۱ تا ۱۲۹.
۵. جوان ج. و فال سلیمان م. ۱۳۸۷. بحران آب و لزوم توجه به بهره‌وری آب کشاورزی در نواحی خشک (مطالعه موردی دشت بیرجند)، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۱، صفحه‌های ۱۱۵ تا ۱۳۸.
۶. جودوی ع.، ضیایی ع.، داوری ک.، ایزدی ا.، شفیعی م.، مجیدی م.، انصاری ح. و قلی زاده سرابی ش. ۱۳۹۵. پیش‌بینی وضعیت منابع آب در حوزه‌های آبریز با ارائه سامانه پشتیبان تصمیم (DSS) توسط مدل‌سازی هم‌زمان منابع آب سطحی و زیرزمینی: مطالعه موردی حوزه آبریز نیشابور، صفحه‌های ۲۷۵ تا ۲۸۸. مجموعه مقالات همایش علل و راهکارهای مقابله با بحران کمی و کیفی منابع آب کشور، فرهنگستان علوم، تهران.
۷. جهاد کشاورزی. ۱۳۹۶. اداره تولیدات گیاهی. آمارنامه سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶. نیشابور.
۸. حسنی م. و گلکار ا. ۱۳۹۵. ارزیابی معیارهای الگوی کشت از منظر بهره‌وری آب. فصل‌نامه اندیشکده تدبیر آب ایران، چاپ اول. صفحه‌های ۱ تا ۲۵.
۹. حسین زاده م.، بنی حیب م. و اولاد قره‌گوز م. ۱۳۹۱. بهینه‌سازی تخصیص آب و الگوی کشت محصولات کشاورزی با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی مطالعه موردی استان تهران. صفحه‌های ۱ تا ۷. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، ۲۰ و ۲۱ شهریور، دانشگاه علوم و منابع طبیعی ساری، ساری.
۱۰. شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان. ۱۳۹۷. بانک اطلاعات معاونت مطالعات پایه منابع آب، آمار کمی منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) و سطحی محدوده مطالعاتی نیشابور با کد ۴۷۳۸.

۱۱. عباسی ع. و قدمی م. ۱۳۸۶. تأثیر بهینه‌سازی الگوی کشت در کاهش مصرف آب و افزایش درآمد، مطالعه موردی: دشت فریمان - تربت جام. صفحه‌های ۱ تا ۱۳. مجموعه مقالات ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج.
۱۲. کرامت زاده ع.، چیدری ا.، یوسفی ع. و بلالی ح. ۱۳۸۶. تخصیص بهینه آب و اولویت‌بندی مناطق مختلف در مصرف آب (مطالعه موردی سد بارزو). مجله اقتصاد کشاورزی، دوره ۱، شماره ۲، صفحه‌های ۱ تا ۲۳.
۱۳. منصوری ه. و کهنسال م. ۱۳۸۶. تعیین الگوی بهینه کشت زراعی براساس دو دیدگاه اقتصادی و زیست محیطی. مجله اقتصاد کشاورزی دوره ۱، شماره ۳، ویژه‌نامه ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، صفحه‌های ۱۳ تا ۲۰.
۱۴. ولایتی س. و توسلی س. ۱۳۷۰، منابع و مسائل آب استان خراسان، موسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.
15. Alizadeh, A., Majidi, N., Ghorbani, M. and Mohammadian, F. 2012. Cultivation pattern optimization to balance groundwater resource (case study: Mashhad-Chenaran plain). *Iran Irrigation and Drainage*, 1: 55- 68.
16. Rawabdeh, H., Shatanawi, M., Scardigno, A. and Todorovic, M. 2010. Optimization of the cropping pattern in Northern and Southern part of the Jordan Valley under drought conditions and limited water availability. *Economics of Drought and Drought Preparedness in a Climate Change Context. Options Méditerranéenes Série A*, 95: 199-206.
17. Khashei-siuki, A, Ghahreman, B. and Kouchakzadeh, M. 2010. Application of Agricultur water allocationand management by PSO optimization technic (Case study: Nayshabur Plaine) *Journal of Water and Soil*, 1: 292-303.

## Determination of Optimum Cropping Pattern for Groundwater Stability

**A. Alipoor, K. Davary<sup>1</sup>\*, M. Mosavy, M. Saboohi, and A. Izady**

PhD student, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad.  
**akbaralipoor.at@gmail.com**

Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad.  
**k.davary@gmail.com**

Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad.  
**mousavib@um.ac.ir**

Professor, Economic Department, Ferdowsi University of Mashhad.  
**Msabuhi39@yahoo.com**

Researcher at the Water Research Center, Sultan Qaboos University, Muscat, Oman.  
**Az.izady@gmail.com**

### Abstract

Groundwater is the largest source of freshwater available on Earth, which has been threatened with extinction in many countries due to overdraft. Determining the optimal cropping pattern along with a reduction in water resources allocation that does not lead to a reduction in farmers' income can be an appropriate strategy for groundwater sustainability. In the present study, a method has been proposed that, in addition to the sustainability of groundwater, minimizes farmers' loss of income. For this purpose, four groundwater use scenarios were first defined and groundwater level changes were calculated for each scenario using Neyshabur Decision Support System model. Also, economic productivity of water was estimated using a questionnaire for 242 agricultural wells and 9 dominant plants in Neyshabur plain, in 2016. To minimize farmers' income reduction, water was reallocated to different crops and the areas of cultivation were determined based on the ratio of economic productivity percentages of each crop. Due to changes in groundwater level and existing conditions, the scenario in which groundwater use was set equal to renewable water (414.9 M.m<sup>3</sup>) was selected as the best scenario. Implementation of this scenario would reduce the allocation of 227.5 M.m<sup>3</sup> for groundwater sustainability. The results showed that the reduction of water allocation would result in a decrease of 27061 hectares of cultivated land area and a decrease of about 83.5 billion Tooman (local currency) in revenue. In order to compensate for the decrease in income, alternative crops of pistachio and saffron were suggested due to their higher economic efficiency and lower water consumption. In the proposed pattern, 18,000 hectares of saffron or 4473 hectares of pistachio replace the current crops that have the highest percentage of cultivated land in summer vegetables and sugar beet.

**Keywords:** DSS model, Neyshabour Plain, Economic productivity of water, Renewable water

---

<sup>1</sup> - Corresponding author: Professor, Water Engineering Department, Ferdowsi University of Mashhad

\*- Received: April 2019, and Accepted: August 2019