

قبل از انتشار

علمی - پژوهشی

بررسی اثرات رفاهی کاهش سطح آب زیرزمینی بر شالی کاران استان گلستان

سید مصطفی حسینی^۱، علی کرامت زاده^{۲*}، فرشید اشراقی^۳ و مسعود عنایت^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، mostafa.hosseini_s00@gu.ac.ir

۲- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، alikeramatzadeh@gu.ac.ir

۳- دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران، farshid.eshraghi@ut.ac.ir

۴- دکتری زمین شناسی، کارشناس شرکت سهامی آب منطقه ای استان گلستان، enayat@gmail.com

چکیده

سابقه و هدف: رشد فزاینده جمعیت و در پی آن، نیاز روزافزون به تولید محصولات کشاورزی و همچنین توسعه صنایع، گسترش شهرنشینی همراه با ارتقاء بهداشت و رفاه عمومی سبب افزایش تقاضای آب شده و برداشت بی رویه از منابع آب زیرزمینی را در پی داشته است. آمار نشان می دهد که حدود ۴۶٪ از تولیدات محصولات زراعی جهان از اراضی آبی به دست می آید ولی در ایران در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ از حدود ۸۳ میلیون تن انواع محصولات زراعی برداشت شده، ۷۵ میلیون تن (۹۰/۱۶٪) متعلق به اراضی آبی است. منابع آب زیرزمینی یکی از مهم ترین منابع تأمین آب در نواحی که با کمبود آب سطحی مواجه است، می باشد. برداشت بی رویه، خشکسالی های متوالی، حفر چاه های غیرمجاز و نبود قوانین بازدارنده، منابع آب زیرزمینی کشور را در برخی مناطق، با بحران مواجه نموده و تشدید افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان ها، بیش از نیمی از دشت های کشور را در زمره دشت های ممنوعه قرار داده است. برداشت بیش از اندازه از آب زیرزمینی در بخش کشاورزی و کاهش سطح آبخوان ها در سال های اخیر در اکثر آبخوان های کشور به ویژه استان گلستان، یکی از چالش های پیش روی مدیران و سیاست گذاران می باشد. از آنجایی که اقتصاد استان گلستان متکی بر بخش کشاورزی است و نهاده آب نیز به عنوان نهاده اصلی در تولید محصولات کشاورزی جایگاه ویژه ای در توسعه پایدار بخش کشاورزی دارد، لذا کاهش سطح منابع آب زیرزمینی علاوه بر پیامدهای محیط زیستی باعث کاهش رفاه کشاورزان در استان گلستان می گردد. در استان گلستان حدود ۸۶٪ از منابع آب زیرزمینی به کشت برنج (شلتوک) اختصاص دارد. بر این اساس در این مطالعه به بررسی اثرات رفاهی کاهش سطح آب زیرزمینی بر شالی کاران استان گلستان پرداخته شد.

مواد و روش ها: در این مطالعه جهت بررسی اثرات رفاهی کاهش سطح آب زیرزمینی بر شالی کاران استان گلستان، پس از تخمین تابع عرضه و تقاضای آب مصرفی در استان گلستان، میزان رفاه از طریق مساحت بین منحنی عرضه و تقاضای آب محاسبه شد. تابع تقاضای آب از تابع تولید محصول برنج و تابع عرضه آب نیز از هزینه نهایی استحصال آب استخراج شد. جهت تخمین تابع تولید برنج و تابع هزینه استحصال آب، فرم های مختلف تابعی (تابع لگاریتمی - خطی، خطی - لگاریتمی، تابع کاب-دآگلاس، تابع ترانسندنتال، تابع ترانسلوگ و تابع درجه دوم) تخمین زده شد. مناسب ترین شکل تابع نیز از طریق آزمون های اقتصاد سنجی انتخاب گردید. در این مطالعه اطلاعات هزینه تولید محصول برنج (شلتوک) (۱۶۸ شالی کار) و اطلاعات چاه های آب کشاورزی (۱۳۱ چاه عمیق با کشت غالب شلتوک) در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ از طریق پرسشنامه جمع آوری گردید و به دلایل قابلیت های کاهش جانبداری، تعمیم پذیری نتایج،

پایایی نتایج آماری و کاهش هزینه و زمان از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای در این مطالعه استفاده گردید و بخشی از اطلاعات که شامل اطلاعات منابع آبی استان گلستان، حوضه های آبخیز استان از طریق گزارش‌های سازمان جهاد کشاورزی و اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان جمع‌آوری شد. جامعه آماری پرسشنامه هزینه تولید برنج، کل شالی‌کاران استان گلستان و جامعه آماری پرسشنامه چاه‌های آب، کل چاه‌های عمیق (با نظر به اینکه در استان گلستان چاه‌های عمیق سهم عمده‌ی برداشت (حدود ۶۰٪) منابع آب زیرزمینی را دارند و همچنین بیشترین کاهش در سطح منابع آب زیرزمینی در چاه‌های عمیق اتفاق می‌افتد) که بیشتر از ۹۵٪ کاربرد در مصارف کشاورزی و کشت غالب شلتوک (برنج) دارند می‌باشد. با توجه به تفاوت اقلیم در محدوده مورد مطالعه جهت طبقه‌بندی در روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای از شاخص دومارتون استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تابع تولید کاب-داگلاس به عنوان تابع تولید برتر و تابع درجه دوم به عنوان تابع برتر هزینه استحصال آب چاه انتخاب گردید. بر اساس نتایج تابع تولید برتر (تابع تولید کاب-داگلاس)، کشت جزئی تولید نهاده آب معادل ۰/۷۳ محاسبه شد که بیانگر این است که اگر یک درصد مقدار آب مصرفی افزایش یابد، ۰/۷۳٪ تولید برنج (شلتوک) در استان گلستان افزایش می‌یابد. همچنین با توجه به نتایج تابع تولید برتر (کاب-داگلاس) و تابع برتر هزینه استحصال آب چاه (درجه دوم)، اثر کاهش در سطح سفره‌های آب زیرزمینی در استان گلستان بر رفاه کشاورزان شالی‌کار محاسبه گردید. نتایج بررسی اثرات رفاهی نشان داد که به ازای کاهش یک متر سطح آب زیرزمینی، رفاه شالی‌کاران معادل ۴۲۰ میلیون ریال کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه، سطح و حجم آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق استان گلستان به طور میانگین در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۱ به ترتیب، ۲/۷۱ متر و ۳۱ میلیون متر مکعب کاهش داشته است و به ازای هر متر کاهش سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق استان گلستان معادل ۱۱/۴۶ میلیون متر مکعب حجم آب زیرزمینی کاهش می‌یابد، میزان کاهش حجم آب هر چاه عمیق به ازای یک متر کاهش سطح آب زیرزمینی معادل ۳۷۷۳ متر مکعب و مقدار کاهش رفاه به ازای هر متر مکعب ۱۱۱۳۱۶ ریال می‌باشد. براساس میانگین مصرف آب برنج (۸۳۶۹ متر مکعب در هر هکتار)، متوسط مقدار کاهش رفاه به ازای هر هکتار معادل ۹۳۱/۶۱ میلیون ریال می‌باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد کاهش سطح آب زیرزمینی باعث کاهش رفاه شالی‌کاران در استان گلستان می‌شود. با توجه به نتایج مطالعه، برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی سبب افت سطح آب و به تبع آن کاهش رفاه کشاورزان می‌گردد که بایستی از طریق اجرای سیاست‌های مناسب در جهت کاهش مصرف آب زیرزمینی اقدام شود. اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی منجر به افزایش هزینه استحصال و کاهش سود کشاورزان می‌شود. با آگاه کردن کشاورزان از هزینه‌های اضافی برداشت بی‌رویه آب و زیانی که در مجموع متوجه آن‌ها می‌شود، می‌توان دیدگاه کشاورزان را نسبت به مصرف بی‌رویه اصلاح کرد و با معرفی روش‌های آبیاری مدرن و آب اندوز به جای روش‌های سنتی از مصرف بیش از حد منابع آب زیرزمینی جلوگیری کرد. همچنین دولت باید در طرح‌های حفظ و تغذیه سفره آب زیرزمینی توجه بیشتری نموده و با در نظر گرفتن رفاه کاهش یافته بهره‌برداران، حداقل به این میزان سالیانه در حفظ و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی سرمایه‌گذاری کند. همچنین پرداخت یارانه نکاشت و خرید حبابه آب زیرزمینی از کشاورزان از جمله طرح‌های مؤثر برای حفظ منابع آب زیرزمینی می‌باشند. اگر این سیاست‌ها توسط دولت به‌درستی اجرا شوند، می‌توانند ضمن حفظ معیشت کشاورزان، به کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی کمک نمایند.

واژه‌های کلیدی: کشت قیمتی تقاضا، کشت جزئی تولید، آب‌های زیرزمینی، رفاه اجتماعی، هزینه استحصال آب

مقدمه

آب از ارزشمندترین منابع طبیعی مشترک است که به عنوان نهاده اصلی در تولید محصولات کشاورزی جایگاه ویژه‌ای در توسعه پایدار بخش کشاورزی و توسعه اقتصادی سایر بخش‌ها دارد (۱). در اقتصاد سنتی، آب به عنوان یک عامل تولیدی در حساب‌های ملی وارد نمی‌شود ولی در واقعیت، آب به طور مستقیم و غیر مستقیم نهاده‌ی اولیه بسیاری از کالاها و خدمات است (۲). رشد فزاینده جمعیت و در پی آن، نیاز به افزایش تولید محصولات کشاورزی و همچنین رشد صنایع، گسترش شهرنشینی همراه با ارتقاء بهداشت و رفاه عمومی سبب افزایش مصرف آب به ویژه، منابع آب زیرزمینی شده است (۳). آمار نشان می‌دهد که حدود ۴۶٪ از تولیدات محصولات زراعی جهان از اراضی آبی به دست می‌آید (۴) ولی در ایران در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ از حدود ۸۳ میلیون تن انواع محصولات زراعی برداشت شده، ۷۵ میلیون تن (۹۰/۱۶٪) متعلق به اراضی آبی است (۵). این آمار بیانگر وابستگی شدید تولیدات محصولات زراعی ایران به منابع آب می‌باشد و اگر نقش آب در توسعه و پیشرفت کشور در نظر گرفته نشود، رشد و توسعه اقتصادی و همچنین امنیت غذایی کشور با مشکلات جدی مواجه خواهد شد. منابع آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تأمین آب در مناطق خشک به‌ویژه در نواحی که با کمبود آب سطحی مواجه است، می‌باشد (۶). ایران از جمله کشورهایی است که به دلیل کمبود منابع آب سطحی، حدود ۴۸ میلیارد مترمکعب (۵۴/۷٪) آب مصرفی در کشاورزی را از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌نماید (۷). برداشت بی‌رویه، خشک‌سالی‌های متوالی، حفر چاه‌های غیرمجاز و نبود قوانین بازدارنده، منابع آب زیرزمینی کشور را در برخی مناطق، با بحران مواجه نموده و تشدید افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌ها، بیش از نیمی از دشت‌های کشور را در زمره دشت‌های ممنوعه قرار داده است. بر اساس آمار ارائه‌شده تا پایان اسفندماه سال ۱۴۰۱، حدود ۶۷٪ دشت‌های کشور (۴۱۰ دشت از ۶۰۹ دشت) با افت شدید و نگران‌کننده سطح آب مواجه‌اند، حدود ۴۵٪ دشت‌های کشور (۲۷۵ دشت از ۶۰۹ دشت) از نظر برداشت آب ممنوعه، حدود ۲۲٪ دشت‌های کشور (۱۳۵ دشت از ۶۰۹ دشت) از نظر برداشت آب ممنوعه‌ی بحرانی اعلام شده است. بر اساس این آمار دشت گرگان در استان گلستان، از دشت‌های ممنوعه‌ی کشور از نظر برداشت آب می‌باشد (۸). سطح آب زیرزمینی در آبخوان دشت گرگان برای بازه زمانی ۳۰ ساله نشان می‌دهد که بیشترین افت صورت گرفته در سال‌های (۸۲-۱۳۷۲) رخ داده است، به طوری که در این دهه عمق آب حدود ۱۲ متر کاهش داشته است؛ اما در سال‌های (۹۲-۱۳۸۲) سطح آب مجدداً بالا آمده است، اما به طور کلی سطح آب در دشت گرگان افت داشته است. سطح و حجم آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق استان گلستان به طور میانگین در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۱ به ترتیب، ۲/۷۱ متر و ۳۱ میلیون مترمکعب کاهش داشته است. بیشترین کاهش سطح و حجم آب زیرزمینی در ماه‌های سال ۱۴۰۲ نسبت به ماه مشابه سال گذشته مربوط به خردادماه معادل ۴/۲ متر و ۴۸/۴ میلیون مترمکعب می‌باشد (۹). استان گلستان یکی از استان‌های در معرض خشک‌سالی است و طی سالیان اخیر برداشت بیش‌ازاندازه از آب زیرزمینی موجب کاهش شدید سطح ایستابی و افت کیفیت آب زیرزمینی در استان گلستان شده است (۱۰). با توجه به روند کاهشی ذخیره آبخوان‌های استان گلستان و وابستگی کشاورزی استان به آب، کاهش سطح آبخوان‌ها یکی از چالش‌های پیش‌روی مدیران و سیاست‌گذاران در استان می‌باشد. پمپاژ بیش از حد منابع آب زیرزمینی برای دستیابی کشاورزان به سودهای کوتاه‌مدت اقتصادی انجام می‌شود. این امر موجب افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی شده است. در نتیجه، چالش‌هایی همچون خشک شدن چاه‌های آب، افزایش هزینه پمپاژ آب و افزایش هزینه‌های حفاری و لوله‌گذاری و نشست زمین را در استان به دنبال دارد. این امر به نوبه خود منجر به کاهش دسترسی

به آب و کاهش تولیدات کشاورزان می‌شود. از آنجایی که اقتصاد روستا بر پایه کشاورزی است و کشاورزی نیز وابسته به آب است، کاهش سطح آب‌های زیرزمینی رفاه کشاورزان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش رفاه کشاورزان نیز معضلات اجتماعی نظیر مهاجرت، فقر، بیکاری و بزهکاری را در پی دارد (۱۱)؛ بنابراین کاهش درآمد و رفاه کشاورزان وضعیت استان را با بحران جدی مواجه می‌کند، زیرا بخش کشاورزی ۱۸/۳۶٪ (۱۴۲۵۵ میلیارد ریال) سهم ارزش افزوده استان را بعد از بخش خدمات (۵۲۸۲۰ میلیارد ریال، حدود ۶۷٪) در اختیار دارد (۱۲). با توجه به اهمیت موضوع رفاه کشاورزان و سهم ۱۶ درصدی شلتوک (بیشترین سطح زیرکشت بعد از گندم) از سطح زیرکشت اراضی آبی استان و استفاده حدود ۸۵/۵ درصدی منابع آب زیرزمینی برای کشت برنج (شلتوک) در استان، در این مطالعه به بررسی اثرات رفاهی کاهش سطح آب زیرزمینی بر کشاورزان شالی‌کار در استان گلستان پرداخته شد.

با توجه به اهمیت منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی، مطالعاتی در زمینه‌ی بررسی اثرات اقتصادی کاهش سطح آب زیرزمینی بر رفاه کشاورزان در داخل و خارج کشور صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها اشاره می‌گردد. آچاریا و باربیر (۲۰۰۰) با استفاده از تخمین توابع تولید، هزینه و تابع رفاه اجتماعی به ارزش‌گذاری آب‌های زیرزمینی و اندازه‌گیری اثر تغییر در سطح آب‌های زیرزمینی بر رفاه اجتماعی کشاورزان (گندم‌کاران و سبزی‌کاران) در اراضی شمال نیجریه پرداختند. نتایج نشان داد که میزان کاهش رفاه در منطقه به ازای هر هکتار گندم و سبزی به ترتیب ۶۱۸/۲ و ۴۰/۴ دلار و به ازای هر کشاورز سبزی‌کار ۵/۳۲ دلار و برای کشاورزانی که گندم و سبزی می‌کنند ۳۳۰/۷ دلار می‌باشد (۱۳). بوسورث و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از تخمین تابع هزینه‌ی تأمین آب، قیمت هر متر مکعب آب را در سال‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۹ به ترتیب معادل ۰/۰۰۴۲ و ۰/۰۲۱ دلار برآورد کردند. بر اساس نتایج این مطالعه قیمت آب در این کشور حدود ۵۰٪ هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری (O&M)^۱ برآورد گردیده و نتیجه گرفتند که با افزایش قیمت آب در این منطقه، بهره‌وری آب افزایش می‌یابد (۱۴). تهامی‌پور و همکاران (۲۰۰۵) از طریق تخمین تابع تولید به بررسی تأثیر تغییر در سطح آب زیرزمینی بر سطح رفاه اجتماعی تولیدکنندگان پسته شهرستان زرنند پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که با کاهش هر متر از سطح آب زیرزمینی، سود اجتماعی بهره‌برداران ۴۳۰۰۱۲ ریال کاهش می‌یابد (۱۵). تقی‌زاده و سلطانی (۲۰۱۳) از طریق تخمین تابع هزینه و تابع رفاه اجتماعی به بررسی تأثیر اضافه برداشت آب زیرزمینی بر رفاه کشاورزان گندم‌کار شهرستان فسا پرداختند. نتایج نشان داد، رفاه کشاورزان به طور چشمگیری با افت سطح آب‌های زیرزمینی کاهش یافته است. میزان تغییر در رفاه در ازای تغییر در کاهش سطح آب زیرزمینی با فرض ثابت بودن سایر نهاده‌ها برابر ۱۲۴۹۸۴۰ ریال برای هر متر به دست آوردند (۱۶). ایزرار و همکاران (۲۰۱۳) با هدف تجزیه و تحلیل برداشت آب‌های زیرزمینی در دشت گانگار هند به این نتیجه رسیدند که اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی علاوه بر تحمیل بار اضافی اقتصادی به بهره‌برداران از طریق افزایش هزینه پمپاژ و سرمایه‌گذاری در زمینه‌ی حفر و عمیق کردن چاه، آثار زیست محیطی و اقتصادی- اجتماعی را به دنبال دارد (۱۷). سیدان و همکاران (۲۰۱۶) اثرات رفاهی برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی را با برآورد تابع رفاه اجتماعی در دشت همدان- بهار بررسی نمودند. نتایج نشان داد، مقدار کاهش رفاه سالیانه به ازای هر متر کاهش عمق آب زیرزمینی برای هر بهره‌بردار در کشت گندم و سیب‌زمینی به ترتیب برابر با ۱۸۷۵۴۳۰۰ و ۳۵۶۷۲۸۰۰ ریال و زیان ناشی از کاهش آب زیرزمینی در کل محدوده مورد بررسی معادل ۵۲ میلیارد ریال می‌باشد (۱۸). بنی‌اسدی و همکاران (۲۰۱۶) کاهش رفاه اجتماعی ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی را برای گندم‌کاران دشت ارزوئیه کرمان از طریق تخمین تابع تولید درجه دوم تعمیم یافته گندم و تابع هزینه خطی بررسی نمودند. نتایج نشان داد، به ازای هر متر کاهش سطح آب زیرزمینی، رفاه کشاورزان حدود ۱۲۵ میلیون ریال کاهش می‌یابد و همچنین میزان کاهش رفاه به ازای هر متر مکعب آب برابر با ۲۰۹/۷ ریال می‌باشد (۱۱).

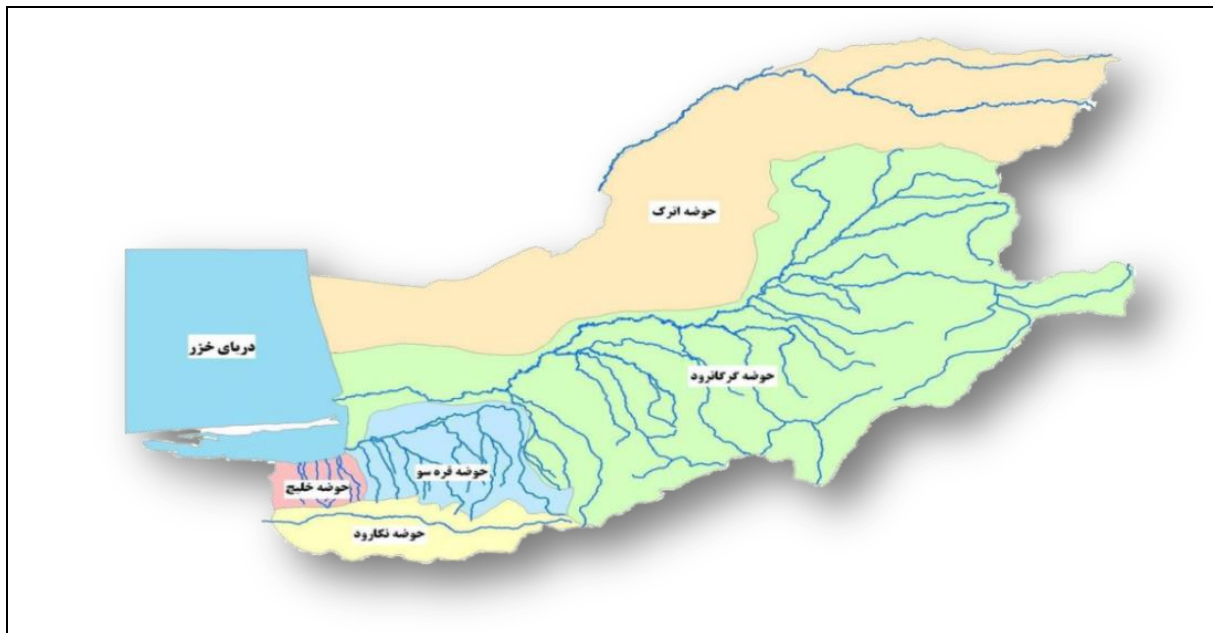
¹ Operation & Maintenance

آتوکورالا و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از تخمین تابع تولید محصول پیاز و تخمین تابع هزینه حفرچاه به بررسی کاهش رفاه اجتماعی ناشی از استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی در سریلانکا پرداختند. نتایج نشان داد، اگر سطح آب زیرزمینی حداقل ۳۰ فوت (۹/۱۴ متر) از عمق متوسط فعلی چاه کاهش یابد، میانگین هزینه تولید یک کیلوگرم پیاز بین ۱/۶۷ تا ۷/۴۳ روپیه (۰/۰۲ تا ۰/۰۸۹ دلار) افزایش می‌یابد (۱۹). سیدان و بهراملو (۲۰۱۸) از طریق تابع رفاه اجتماعی اجتماعی تأثیر اضافه برداشت آب از منابع آب زیرزمینی را بر رفاه کشاورزان در دشت ملایر بررسی نمودند. بر اساس نتایج میزان تغییر رفاه به‌ازای تغییر هر متر کاهش عمق آب زیرزمینی در کشت گندم و سیب‌زمینی به‌ترتیب برابر ۶۹۸۳ و ۷۶۳۴ هزار ریال برآورد گردید (۳). میتر و اشمید (۲۰۲۱) با استفاده از چارچوب مدل‌سازی یکپارچه به بررسی سیاست‌های منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی تحت تأثیرات سناریوی اقلیمی در اتریش پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که افزایش هزینه استحصال آب زیرزمینی برای آبیاری به میزان ۰/۱ یورو به ازای هر متر مکعب، منجر به کاهش متوسط حجم استحصال آب زیرزمینی به میزان ۱۷/۲ میلیون متر مکعب در مناطق خشک و ۶/۴ میلیون مترمکعب در مناطق مرطوب می‌شود. به تبع آن سود خالص منطقه‌ای برای تولید محصولات کشاورزی به طور متوسط ۳/۴ میلیون یورو در مناطق خشک و ۱/۶ میلیون یورو در مناطق مرطوب کاهش می‌یابد (۲۰). ریاحی‌زمین و ترکمانی (۲۰۲۳) با برآورد تابع تولید، تابع هزینه استحصال آب و تابع رفاه اجتماعی به بررسی تأثیر بهره برداری‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی بر رفاه کشاورزان گندم‌کار شهرستان مرودشت پرداختند. نتایج نشان داد که به علت برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، کاهش رفاه هر کشاورز برای چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق به ترتیب ۱۸۲۷۸۰ و ۲۹۴۹۱۰ میلیون ریال به ازای هر متر افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی می‌باشد (۲۱).

بررسی پژوهش‌های انجام شده در زمینه اثرات اقتصادی کاهش سطح آب زیرزمینی بر رفاه کشاورزان نشان داد که استحصال بی‌رویه آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح سفره آب زیرزمینی به کاهش دسترسی به آب و کاهش تولیدات و افزایش هزینه استحصال آب و به تبع آن کاهش درآمد کشاورزان منجر شده و این کاهش کیفیت و کمیت آب زیرزمینی سبب کاهش رفاه کشاورزان گردیده است. در مطالعات انجام شده اکثر مطالعات به تعیین ارزش اقتصادی آب پرداخته‌اند ولی در زمینه تعیین رابطه افت سطح آب زیرزمینی بر رفاه کشاورزان مطالعات محدودی انجام شده است. در مطالعات انجام شده نیز به دلیل سهولت، تابع هزینه استحصال آب به صورت خطی لحاظ شده است. همچنین در زمینه اثرات کاهش سطح آب زیرزمینی در استان گلستان هیچ مطالعه‌ای یافت نشد، لذا در این مطالعه به بررسی اثرات اقتصادی کاهش سطح آب زیرزمینی در استان گلستان با لحاظ تابع هزینه استحصال آب غیرخطی پرداخته شد که می‌تواند به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران حوزه منابع آب زیرزمینی برای اعمال سیاست‌های مختلف به‌منظور جلوگیری از برداشت بی‌رویه منابع آب زیرزمینی کمک نماید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش استان گلستان واقع در شمال کشور است که از شمال به جمهوری ترکمنستان، از شرق با استان خراسان شمالی، از جنوب با استان سمنان و از غرب با استان مازندران و دریای خزر محدود می‌شود. استان گلستان دارای ۱۴ شهرستان به نام‌های آزادشهر، آق‌قلا، گرگان، گنبد، بندرترکمن، گمیشان، رامیان، کردکوی، بندرگز، گالیکش، علی‌آباد کتول، کلاله، مراوه‌تپه و مینودشت و ۲۷ بخش، ۳۵ شهر، ۶۰ دهستان و ۱۰۴۰ آبادی است (شکل ۱) (۲۲).



شکل ۲- نقشه حوضه‌های آبخیز استان گلستان
Figure ۲. Map of watersheds of Golestan Province

منابع آبی استان در سال ۱۴۰۰ شامل منابع آب سطحی (رودخانه، آب‌بندان و سد) و منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) می‌باشد. از میزان کل پتانسیل منابع آب استان گلستان به طور متوسط و در سال‌های نرمال، ۴۹/۷٪ آن یعنی ۱۲۳۵ میلیون مترمکعب منابع آب سطحی و ۵۰/۳٪ آن یعنی ۱۲۵۰ میلیون مترمکعب منابع آب زیرزمینی می‌باشد. بر اساس نتایج آماربرداری سراسری منابع و مصارف آب سطحی و زیرزمینی استان گلستان در سال آبی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ در کل استان گلستان در مجموع تعداد ۴۶۲۶۹ منابع آبی زیرزمینی وجود دارد که شامل ۳۹۷۵۶ حلقه چاه (۸۵/۹٪)، ۶۱۶۱ دهنه چشمه (۱۳/۳٪) و ۳۵۴ رشته قنات (۰/۸٪) می‌باشد. همچنین در کل استان در مجموع (شرب، صنعت و کشاورزی) به میزان ۱۲۱۰ میلیون مترمکعب از منابع آب زیرزمینی و ۸۸۰ میلیون مترمکعب از منابع آب سطحی برداشت می‌شود که سهم بخش کشاورزی استان گلستان از کل میزان برداشت، ۸۰۲/۵ میلیون مترمکعب (۹۱٪) از منابع آب سطحی و ۹۳۹ میلیون مترمکعب (۷۸٪) از منابع آب زیرزمینی می‌باشد. از کل میزان برداشت منابع آب زیرزمینی در استان، حدود ۱۰۱۶ میلیون مترمکعب (۸۴٪) از طریق چاه، ۱۸۱ میلیون مترمکعب (۱۵٪) از طریق چشمه و ۱۳ میلیون مترمکعب (۱٪) از طریق قنات برداشت می‌شود (۲۳).

برای بررسی اثرات رفاهی کاهش سطح آب زیرزمینی از روش تابع تولید و روش تابع رفاه اجتماعی استفاده می‌گردد. اگر تولید محصول i ام (برنج) تابعی از نهاده‌ی آب (W_i) و نهاده‌های متغیر دیگر همچون کود، سم، نیروی کار، بذر مصرفی و ماشین‌آلات ($x_{i1}, \dots, x_{ij}$) در نظر گرفته شود. شکل کلی تابع تولید ذکر شده به صورت رابطه ۱ می‌باشد (۱۳).

$$y_i = f(x_{ij}, W_i(R)) \quad j = 1, \dots, n \quad (1)$$

در این رابطه $W_i(R)$ نهاده آب است که نشان می‌دهد آب استخراج شده از چاه تابعی از عمق آب چاه‌ها (سطح سفره آب زیرزمینی) است. پس از برآورد تابع تولید، برای ایجاد تابع رفاه اجتماعی باید تابع هزینه تصریح گردد که تابع هزینه به صورت رابطه ۲ می‌باشد (۱۳).

$$C_i = C_{x_j} X_j + C_W(R) W_i \quad j = 1, \dots, n \quad (2)$$

در این رابطه C_i کل هزینه تولید محصول i ام (برنج)، C_{x_j} یک بردار اکیدا مثبت $C_{x_1}, \dots, C_{x_j}$ است که قیمت نهاده‌های

متغیر $x_1, \dots, x_j$ را نشان می‌دهد. $C_w(R)$ نیز بیانگر هزینه استحصال آب است که تابعی از سطح آب‌های زیرزمینی یا عمق چاه (R) می‌باشد.

با فرض ثابت بودن قیمت سایر نهاده به جزء آب منحنی تقاضای معکوس برای تولید محصول i ام (برنج) به صورت رابطه ۳ می‌باشد که P_i قیمت به ازای y_i است (۱۵).

$$P = P_i(y_i) \quad (۳)$$

اگر S_i رفاه اجتماعی ناشی از تولید محصول در نظر گرفته شود، آنگاه رفاه به عنوان ناحیه زیر منحنی معکوس تقاضای محصول و بالای منحنی هزینه نهاده‌های تولید تعریف می‌شود که به صورت رابطه ۴ می‌باشد (۱۳).

$$S_i = \int_0^{y_i} P_i(y_i) dy - C_{x_j} X_j - C_w(R) W_i \quad j = 1, \dots, n \quad (۴)$$

رابطه ۴ مازاد تولیدکنندگان را به عنوان شاخصی از سود یا رفاه اجتماعی اندازه‌گیری می‌کند که تابعی از میزان مصرف نهاده آب و سایر نهاده‌های تولید و هزینه آب می‌باشد (۱۳).

$$S_i = S_i(x_{i1}, \dots, x_{ij}, W_i(R); C_w(R)) \quad (۵)$$

با مشتق‌گیری از رابطه ۵ نسبت به نهاده‌ی آب W_i و سایر نهاده‌های تولید x_{ij} و اعمال شرط اول حداکثرسازی (F.O.C) مقادیر بهینه نهاده‌های تولید از جمله نهاده آب به دست می‌آید (۱۳).

$$\frac{\partial S_i}{\partial x_{ij}} = P_i(y_i) \frac{\partial y_i}{\partial x_{ij}} - C_{x_j} = 0 \quad (۶)$$

$$\frac{\partial S_i}{\partial w_i} = P_i(y_i) \frac{\partial y_i}{\partial w_i} - C_w(R) = 0 \quad (۷)$$

این مقادیر بهینه مقادیری است که در ازای آن‌ها رفاه اجتماعی حداکثر می‌شود و رابطه‌های ۶ و ۷ شرایط استاندارد بهینگی است و نشان می‌دهد که کارایی اجتماعی در استفاده از نهاده‌ها، هنگامی اتفاق می‌افتد که مقدار ارزش تولید نهایی (VMP) هر نهاده مساوی با قیمت آن‌ها باشد. اما زمانی این اصل صادق است که هر یک از کشاورزان گیرنده قیمت باشند و در تعیین قیمت بازار دخالتی نداشته باشند (فرض در نظر گرفته شده در این مطالعه). بنابراین، رابطه ۸ توابع تقاضای سایر نهاده‌های تولید (غیر از نهاده آب) و رابطه ۹ تابع تقاضای نهاده آب و رابطه ۱۰ تابع تولید محصول i ام و رابطه ۱۱ تابع رفاه اجتماعی می‌باشد (۱۳).

$$X_{ij}^* = X_{ij}^*(C_{x_j}, C_w(R), R) \quad (۸)$$

$$w_i^* = w_i^*(C_{x_j}, C_w(R), R) \quad (۹)$$

$$y_i^* = y_i^*(X_i^*, \dots, w_i^*(R)) \quad (۱۰)$$

$$S_i^* = S_i^*(X_{ij}^*, \dots, w_i^*(R), C_w(R)) \quad (۱۱)$$

با فرض ثابت نگه داشتن سایر نهاده‌های تولید در سطح بهینه و ثابت بودن قیمت‌های نهاده و ستانده (به جز نهاده آب)، با استفاده از نظریه پوش^۲ می‌توان اثر تغییر در سطح آب‌های زیرزمینی را بر رفاه تولیدکننده مطابق رابطه ۱۲ بررسی نمود (۱۳).

$$\frac{dS_i}{dR} = \left(P_i(y_i^*) \frac{\partial y_i}{\partial w_i} - C_w \right) \left(\frac{\partial w_i}{\partial C_w} \cdot \frac{\partial C_w}{\partial R} + \frac{\partial w_i}{\partial R} \right) - W_i^* \left(\frac{\partial C_w}{\partial R} \right) \quad (۱۲)$$

طبق رابطه ۱۲ خالص تغییرات رفاه از طریق اثر تغییر در سطح سفره آب‌های زیرزمینی بر ارزش خالص تولید محصول i ام منهای هزینه‌ی استخراج منابع آب زیرزمینی برآورد می‌گردد. تغییرات نهایی در سطح سفره‌های آب زیرزمینی نیز هزینه‌های کل پمپاژ آب $(\partial C_w / \partial R)$ را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین اثر تغییر در نهاده‌ی آب به واسطه‌ی تغییر در سطح آب‌های

² Envelope theorem

زیرزمینی به هر دو صورت مستقیم ($\partial W_i / \partial R$) و غیر مستقیم، از طریق اثر نهایی تغییر در هزینه‌های پمپاژ روی نهاده‌ی آب و اثر نهایی تغییر در سطح آب زیرزمینی روی هزینه استحصال ($(\partial W_i / \partial C_w)(\partial C_w / \partial R)$) محاسبه می‌شود (۱۳).
 برای محاسبه اثر نهایی تغییر در هزینه‌های پمپاژ روی نهاده‌ی آب ($\partial W_i / \partial C_w$) می‌توان از کشش قیمتی تقاضای نهاده آب استفاده نمود (۱۵).

$$E_{DX_w} = \frac{\partial W_i}{\partial C_w} * \frac{\bar{C_w}}{\bar{W_i}} \quad (13)$$

$$E_{DX_w} = \frac{\partial X_w}{\partial r_6} * \frac{r_6}{X_w} = \frac{-\beta_6 P_Y Y}{r_6 X_w} \quad (14)$$

C_w متوسط هزینه استحصال آب چاه، W_i متوسط مقدار آب مصرف شده توسط بهره‌برداران و E_{DX_w} کشش قیمتی تقاضای نهاده آب می‌باشد که در رابطه ۱۴ محاسبه گردید.

در رابطه ۱۴ r_6 قیمت نهاده آب، P_Y قیمت محصول، Y میزان متوسط تولید محصول (عملکرد) و X_w میزان آب مصرفی در تولید محصول (متر مکعب در هکتار) می‌باشد. با جایگزین کردن مقادیر عددی اثرات مستقیم و غیرمستقیم میزان تغییر رفاه محاسبه می‌گردد.

در این مطالعه اطلاعات هزینه تولید محصول برنج و چاه‌های آب کشاورزی استان گلستان در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ از طریق پرسشنامه جمع‌آوری گردید و به دلایل قابلیت‌های کاهش جانبداری، تعمیم‌پذیری نتایج، پایایی نتایج آماری و کاهش هزینه و زمان از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای در این مطالعه استفاده گردید و بخشی از اطلاعات که شامل اطلاعات منابع آبی استان گلستان، حوضه‌های آبخیز با استفاده از گزارش‌های سازمان جهاد کشاورزی و از اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان جمع‌آوری شد.

جامعه آماری پرسشنامه هزینه تولید برنج، کل شالی‌کاران استان گلستان و جامعه آماری پرسشنامه چاه‌های آب، کل چاه‌های عمیق (با نظر به اینکه در استان گلستان چاه‌های عمیق سهم عمده‌ی برداشت (حدود ۶۰٪) منابع آب زیرزمینی را دارند و همچنین بیشترین کاهش در سطح منابع آب زیرزمینی در چاه‌های عمیق اتفاق می‌افتد) که بیشتر از ۹۵٪ کاربرد در مصارف کشاورزی و کشت غالب شلتوک (برنج) دارند هستند.

با توجه به تفاوت اقلیم در محدوده مورد مطالعه جهت طبقه‌بندی در روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای از شاخص دومارتون^۳ استفاده شد. شاخص دومارتون شاخصی برای مشخص نمودن اقلیم یک منطقه براساس درجه حرارت و بارندگی سالانه است که مطابق رابطه ۱۵ تعیین می‌شود.

$$I_{DM} = \frac{P}{T+10} \quad (15)$$

در رابطه فوق، P میانگین بارندگی سالانه برحسب میلی‌متر، T میانگین درجه حرارت سالانه هوا برحسب درجه سانتی‌گراد است (۲۴). برای تعیین حجم نمونه در روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای از رابطه ۱۶ استفاده و تعداد ۱۳۱ پرسشنامه چاه آب کشاورزی و ۱۶۸ پرسشنامه هزینه تولید محصول برنج تکمیل گردید.

$$n = \frac{\sum_{i=1}^n N_i^2 \sigma_i^2 / W_i}{N^2 D + \sum_{i=1}^n N_i^2 \sigma_i^2} \quad D = \frac{B^2}{4} \quad (16)$$

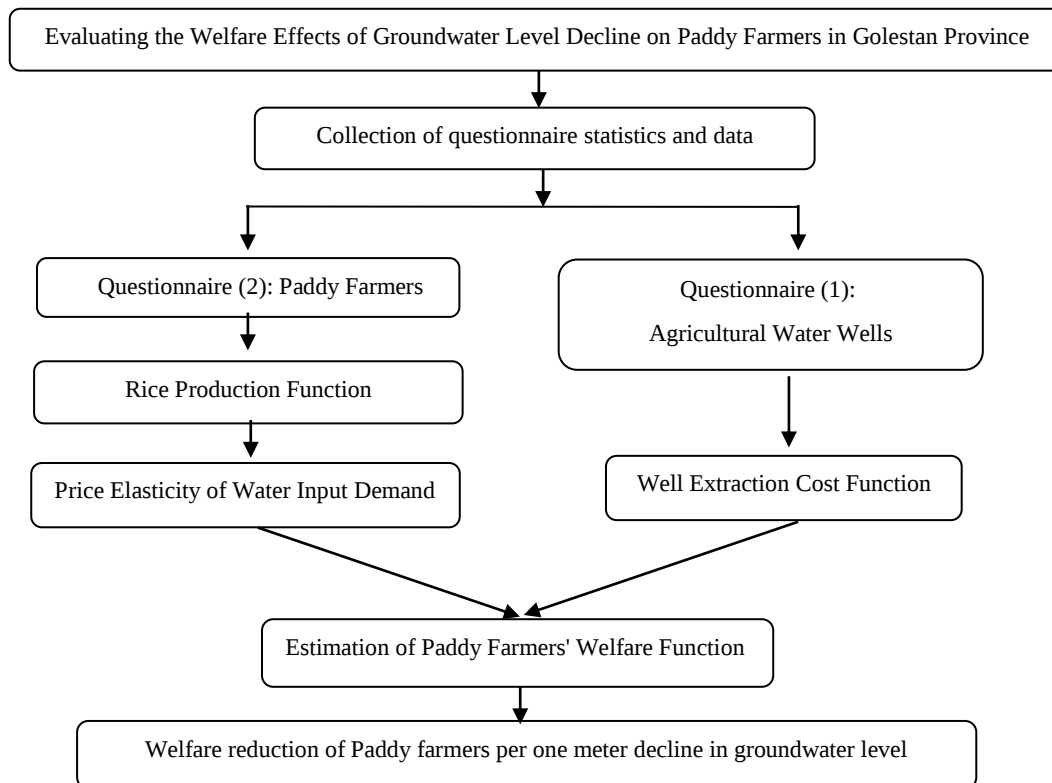
در این رابطه n حجم نمونه، N_i حجم کل جامعه i ام، σ_i واریانس طبقه i ام، W_i وزن طبقه i ام D دامنه تغییرات و B مقدار خطای برآورد (معادل ۷/۵٪) می‌باشد.

در این مطالعه جهت محاسبه میزان آب استحصالی از هر چاه آب از رابطه ۱۷ استفاده گردید (۲۵).

$$W = D * H * DE * 3.6 \quad (17)$$

³ De Martonne

در این رابطه W بر حسب مترمکعب، D تعداد روزهای کارکرد در سال، H تعداد ساعت کارکرد در طول روز و DE دبی چاه آب (لیتر بر ثانیه) می‌باشد. نمای کلی روش انجام پژوهش در شکل (۳) تشریح شده است.



شکل ۳- نمای کلی روش انجام پژوهش

Figure 3. Overview of the research methodology.

نتایج و بحث

اطلاعات توصیفی چاه‌های آب کشاورزی (تعداد ۱۳۱ پرسشنامه) شامل سال حفر، عمق (متر)، دبی (لیتر بر ثانیه)، تعداد روزهای استفاده در سال، کارکرد در سال (ساعت) و زمین تحت پوشش (هکتار) (کشت غالب شلتوک) است که در جدول ۱ ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، عمق چاه‌های آب کشاورزی به‌طور متوسط ۱۹۶ متر، متوسط دبی چاه ۱۱ لیتر بر ثانیه، به‌طور میانگین میزان استفاده از چاه ۹۰ روز در سال با ۱۸۴۱ ساعت کارکرد می‌باشد. همچنین به‌طور میانگین زمین تحت پوشش هر چاه ۶ هکتار است.

جدول ۱- اطلاعات توصیفی چاه‌های آب کشاورزی در استان گلستان

Table 1. Descriptive information of agricultural water wells in Golestan Province

حداکثر High	میانگین Average	حداقل Low	شرح Description
1397	1388	1345	سال حفر چاه Year of drilling the well
320	196	110	عمق چاه (متر) Well depth
40	11	2	دبی چاه (لیتر بر ثانیه) Flow
180	90	65	تعداد روزهای کارکرد در سال Number of operating days per year
20	6	1	زمین تحت پوشش هر چاه (هکتار)

Land under cultivation per well

ماخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج تحلیل توصیفی شالی‌کاران (تعداد ۱۶۸ پرسشنامه) در منطقه مورد مطالعه با استفاده از میانگین، حداکثر و حداقل در جدول ۲ ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد سن کشاورزان شالی‌کار از ۲۵ تا ۷۲ سال متفاوت است و این افراد به طور متوسط سنی معادل ۴۹ سال دارند که نشان می‌دهد اکثر بهره‌برداران میان سال هستند. تجربه بهره‌برداران از ۵ تا ۴۵ سال متفاوت است و این افراد به طور متوسط تجربه‌ای معادل ۲۳ سال دارند که نشان‌دهنده با تجربه بودن کشاورزان شالی‌کار منطقه است. تحسیلات کشاورزان به طور متوسط ۷/۸ سال است که نشان می‌دهد شالی‌کاران منطقه مورد مطالعه از سطح سواد نسبتاً مناسبی برخوردار هستند و متوسط سطح زیر کشت محصول برنج ۵/۸۹ هکتار است که نشان‌دهنده کشت بالای این محصول در شهرستان‌ها و روستاهای واقع در استان گلستان می‌باشد.

دول ۲- اطلاعات توصیفی شالی‌کاران استان گلستان

Table 2. Descriptive information about Paddy farmers in Golestan Province

حداکثر High	میانگین Average	حداقل Low	شرح Description
72	49	25	سن (سال) Year of drilling the well
45	23	5	تجربه (سال) Well depth
15	7.8	1	تحسیلات (سال) Flow
203	5.89	0.15	سطح زیر کشت (هکتار) Number of operating days per year

ماخذ: یافته‌های تحقیق

در این مطالعه به دلیل اهمیت شکل تابعی تابع تولید، از شش فرم تابع تولید شامل، تابع تولید لگاریتمی-خطی، خطی-لگاریتمی، تابع تولید کاب-داگلاس، تابع تولید ترانسندنتال، تابع تولید ترانسلوگ و تابع تولید درجه دوم در تولید محصول برنج (شلتوک) استفاده شد که مناسب‌ترین شکل تابع نیز از طریق آزمون‌های اقتصادسنجی تابع کاب-داگلاس انتخاب گردید و نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- نتایج برآورد تابع تولید منتخب (کاب-داگلاس) محصول برنج در استان گلستان و نتایج آزمون فروض کلاسیک تابع

Table 3. Results of the estimation of the selected production function (Cobb-Douglas) of Paddy production in Golestan province and the results of the test of the classical assumptions of the function

کاب _ داگلاس Cobb-Douglas	متغیر Variable
-0.127	عرض از مبدا (C)
NS	لگاریتم بذر (S) Seed
-0.058*	لگاریتم نیروی کار (L) Labor
0.37***	لگاریتم کود نیتروژن (اوره) (N) Nitrogen fertilizer
NS	لگاریتم کود فسفات (Ph) Phosphate fertilizer
NS	لگاریتم کود پتاسه (K) Potash fertilizer
-0.06***	لگاریتم علف کش (H) Herbicide
0.058**	لگاریتم حشره کش (P) Pesticide
-0.157***	لگاریتم قارچ کش (F) Fungicide

0.731***	لگاریتم میزان آب مصرفی (W) Water
0.127***	لگاریتم ماشین آلات (M) Machinery
10	تعداد کل ضرایب
	The total number of coefficients
7	تعداد ضرایب معنی‌دار
	Number of significant coefficients
70	درصد ضرایب معنی‌دار
	percentage of significant coefficients
672.68 (0.000)	F statistic (Prob.)
0.99	R ²
3.76 (0.15)	آزمون نرمال بودن
	JB Statistics (Prob.)
0.75 (0.63)	آزمون واریانس ناهمسانی
	White Test Statistics (Prob.)
2.25	آماره دوربین واتسون
	Durbin-Watson stat
2.28 (0.13)	آزمون خطای تصریح
	Ramsey Reset test (Prob.)
0.071	معیار آکائیک و شوارتز
	Akaike information criterion

علامت *** و ** و * به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد را نشان می‌دهد.

ماخذ: یافته‌های تحقیق

همانگونه که در جدول ۳ ملاحظه می‌گردد مقدار آماره دوربین واتسون^۴، عدم خود همبستگی^۵ بین اجزای اخلال در مدل را نشان می‌دهد. مقدار آماره آزمون وایت جهت بررسی ناهمسانی واریانس معنی‌دار نبوده و فرض صفر رد نمی‌شود، لذا تابع دارای واریانس همسان می‌باشد. برای آزمون نرمال بودن جملات اخلال از آماره جاکر برآ استفاده شده است. با توجه به سطح معنی‌داری این آماره، تابع کاب-داگلاس شرط نرمال بودن را دارد. مقدار آماره آزمون ریسست رمزی نشان دهنده عدم خطای تصریح در مدل برآوردی می‌باشد و از لحاظ معیار آکائیک و شوارتز نیز تابع کاب-داگلاس (۰/۰۷۱) کمترین معیار را دارد. همچنین مقدار عامل افزایش واریانس^۶ متغیرها در تابع کاب داگلاس کوچکتر از ۱۰ بوده که بیانگر عدم وجود مشکل همخطی در تابع کاب-داگلاس است، لذا تابع تولید کاب-داگلاس به عنوان تابع تولید برتر محصول برنج انتخاب گردید.

نتایج برآورد تابع هزینه استحصال آب چاه در جدول ۴ ارائه شده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد اکثر ضرایب تابع درجه دوم هزینه استحصال آب چاه در سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ معنی‌دار هستند. متغیرهای دبی چاه، هزینه سوخت، مجذور میزان آب استحصال، مجذور عمق چاه، مجذور دبی چاه و اثر متقابل میزان آب استحصال در عمق چاه تاثیر مثبت ولی متغیرهای میزان آب استحصال، عمق چاه، اثر متقابل آب استحصال در دبی چاه، اثر متقابل عمق چاه و دبی چاه و اثر متقابل عمق چاه در هزینه سوخت تاثیر منفی بر هزینه استحصال آب دارند. متغیرهای مجذور هزینه سوخت، اثر متقابل آب استحصال در هزینه سوخت و اثر متقابل دبی در هزینه سوخت به علت معنی‌دار نشدن از مدل حذف شده است. مقدار آماره دوربین واتسون نشان می‌دهد در فرم برآوردی، بین اجزای اخلال خود همبستگی وجود ندارد. همچنین تولید درجه دوم شرط

⁴ Durbin-Watson stat

⁵ Autocorrelation

⁶ Jarque-Bera (JB)

نرمال بودن اجزای اخلاص، واریانس همسان، عدم وجود خطای تصریح و عدم وجود مشکل هم خطی (ضرایب همبستگی بین متغیرها کمتر ۰/۸ می باشد). را نیز دارا است که می تواند به عنوان فرم برتر جهت تخمین تابع هزینه استحصال آب استفاده گردد.

جدول ۴- نتایج برآورد تابع منتخب (درجه دوم) هزینه استحصال آب چاه در استان گلستان و نتایج آزمون فروض کلاسیک تابع

Table 4. Results of estimating the selected function (Quadratic) of the cost of well water extraction in Golestan province and results of testing the classical assumptions of the function

متغیر	درجه دوم
Variable	Quadratic
عرض از مبدا (C)	65735765**
آب استحصالی (W) Extracted water	-927.55*
عمق چاه (R) Well depth	-612043.6
دبی (DE) Flow	5811598.5*
هزینه سوخت (F) Fuel cost	3.46***
مجذور W	0.0091***
مجذور R	2690.3***
مجذور De	446777.2***
مجذور F	NS
اثر متقابل W و R	6.461***
اثر متقابل De و W	-132.8***
اثر متقابل F و W	NS
اثر متقابل De و R	-37604.8***
اثر متقابل F و R	-0.0116**
اثر متقابل F و De	NS
تعداد کل ضرایب	14
The total number of coefficients	
تعداد ضرایب معنی دار	11
Number of significant coefficients	
درصد ضرایب معنی دار	78.5
percentage of significant coefficients	
F statistic (Prob.)	34.75 (0.000)
R ²	0.76
آزمون نرمال بودن	0.96 (0.61)
JB Statistics (Prob.)	
آزمون واریانس ناهمسانی	1.59 (0.108)
White Test Statistics (Prob.)	
آماره دوربین واتسون	1.95
Durbin-Watson stat	
آزمون خطای تصریح	1.55 (0.157)
Ramsey Reset test (Prob.)	

علائم *** و ** و * به ترتیب معنی دار بودن در سطح ۱، ۵ و ۱۰ درصد را نشان می دهد.

ماخذ: یافته های تحقیق

با توجه به نتایج، انتخاب تابع تولید کاب داگلاس به عنوان فرم تابع تولید برتر محصول برنج (شلتوک) و تابع درجه دوم به عنوان فرم برتر تابع هزینه استحصال آب چاه در استان گلستان، اثر تغییر در سطح سفره‌های آب زیرزمینی (افزایش عمق چاه) بر رفاه کشاورزان شالی‌کار بر اساس رابطه ۱۲ محاسبه گردید.

رابطه ۱۲ که اثر تغییر در سطح آب‌های زیرزمینی (افزایش عمق چاه) را بر رفاه کشاورزان برآورد می‌کند، از چند جز تشکیل شده است. مقدار $P_i(y_i^*) \frac{\partial y_i}{\partial W_i}$ که در واقع همان ارزش تولید نهایی آب (VMP) است و با استفاده از نتایج تخمین تابع تولید برنج (شلتوک) محاسبه گردید. با استفاده از روابط ۱۳ و ۱۴ می‌توان مقدار عبارت $\frac{\partial W_i}{\partial C_w}$ را محاسبه کرد. این مقدار برای محصول برنج (شلتوک) معادل $-0/00107$ است. این عدد نشان می‌دهد که با افزایش یک واحد هزینه پمپاژ آب، میزان استفاده از آب در محصول برنج (شلتوک) معادل $0/00107$ متر مکعب در هکتار کاهش می‌یابد. تغییر در توانایی دسترسی به آب در اثر کاهش سطح آب‌های زیرزمینی (افزایش عمق چاه) به دو صورت مستقیم، تغییر در توانایی فیزیکی دسترسی به آب $(\frac{\partial W_i}{\partial R})$ و به صورت غیر مستقیم از راه اثر نهایی تغییر در هزینه پمپاژ نهاده آب $(\frac{\partial C_w}{\partial R} \cdot \frac{\partial W_i}{\partial C_w})$ مطابق نتایج جدول ۵ وارد محاسبات گردید. مقدار عبارت $(\frac{\partial W_i}{\partial R})$ برابر صفر در نظر گرفته می‌شود، چون فرض بر این است تغییر در عمق چاه، به زیر سطح قابل دسترس لوله‌های فروخته در چاه، در طول یک فصل رشد غیر محتمل است (۲۶).

جدول ۵- پارامترهای رابطه‌ی اثر تغییر در سطح آب‌های زیرزمینی را بر رفاه کشاورزان (واحد ۱۰ ریال)

Table 5. Parameters of the relationship between the effect of changes in groundwater levels on farmers' welfare (unit 10 Rials)

مقدار value	پارامتر Parameters
15296.1	$P_i(y_i^*) \frac{\partial y_i}{\partial W_i}$
66226174	C_w
-0.00107	$\frac{\partial W_i}{\partial C_w}$
402495.95	$\frac{\partial C_w}{\partial R}$
0	$\frac{\partial R}{\partial W_i}$
70950	$\frac{\partial R}{W_i^*}$

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با استفاده از محاسبات انجام شده (جدول ۵) و رابطه ۱۲ نتایج کاهش رفاه کشاورزان شالی‌کار به صورت زیر محاسبه شده است.

$$\frac{dS_i}{dR} = (15296.1 - 66226174) (-0.00107 * 402495.95 + 0) - 70950 * (402495.95)$$

$$\frac{dS_i}{dR} = -42004737.75$$

جدول ۶- تغییرات رفاه ناشی از افت سطح آب زیرزمینی

Table 6. Changes in welfare due to groundwater level decline

مبلغ Amount	شرح Description
420.05	کاهش رفاه به ازای یک متر کاهش سطح آب زیرزمینی در چاه‌های نمونه (میلیون ریال) Welfare loss per one-meter drop in groundwater level in sample wells (million Rials)
3773	میزان کاهش حجم آب هر چاه نمونه به ازای کاهش یک متر سطح آب زیرزمینی (متر مکعب) The amount of water volume reduction per sample well for each one-meter drop in groundwater level (cubic meters)
111316	مقدار کاهش رفاه به ازای هر متر مکعب آب (ریال) Welfare loss per cubic meter of water (Rials)

با توجه به نتایج جدول ۶، به ازای کاهش یک متر سطح آب زیرزمینی، رفاه شالی کاران معادل ۴۲۰ میلیون ریال کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه، سطح و حجم آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق استان گلستان به طور میانگین در سال ۱۴۰۲ نسبت به سال ۱۴۰۱ به ترتیب، ۲/۷۱ متر و ۳۱ میلیون مترمکعب کاهش داشته است و به ازای هر متر کاهش سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق استان گلستان معادل ۱۱/۴۶ میلیون مترمکعب حجم آب زیرزمینی کاهش می‌یابد، میزان کاهش حجم آب هر چاه عمیق به ازای یک متر کاهش سطح آب زیرزمینی معادل ۳۷۷۳ مترمکعب و مقدار کاهش رفاه به ازای هر مترمکعب ۱۱۱۳۱۶ ریال می‌باشد. براساس میانگین مصرف آب شالی کاران ۸۳۶۹ مترمکعب در هر هکتار، متوسط مقدار کاهش رفاه به ازای هر شالی کار در یک هکتار معادل ۹۳۱/۶۱ میلیون ریال است، یعنی با کاهش یک متر سطح آب زیرزمینی معادل ۹۳۱/۶۱ میلیون ریال به ازای هر هکتار رفاه شالی کاران کاهش می‌یابد یا هر هکتار اضافه کشت محصول برنج (شلتوک) منجر به کاهش رفاه هر شالی کار به میزان ۹۳۱/۶۱ میلیون ریال می‌شود.

نتیجه‌گیری کلی

براساس نتایج تابع تولید برتر (تابع تولید کاب-داگلاس)، کشش جزئی تولید نهاده آب معادل ۰/۷۳ محاسبه شد که بیانگر این است که اگر یک درصد مقدار آب مصرفی افزایش یابد، ۰/۷۳٪ تولید برنج (شلتوک) در استان گلستان افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج تابع تولید برتر (کاب-داگلاس) و تابع برتر هزینه استحصال آب چاه (درجه دوم)، اثر کاهش در سطح سفره‌های آب زیرزمینی در استان گلستان بر رفاه کشاورزان شالی کار محاسبه گردید. نتایج نشان داد، با افزایش عمق چاه، هزینه استحصال آب افزایش می‌یابد به طوری که به ازای هر متر افزایش عمق چاه (کاهش سطح ایستابی آب) هزینه استحصال آب معادل ۴/۰۲ میلیون ریال به ازای هر چاه افزایش می‌یابد از طرف دیگر به ازای کاهش یک متر سطح آب زیرزمینی (برای هر یک از چاه‌های نمونه) رفاه شالی کاران معادل ۴۲۰ میلیون ریال کاهش می‌یابد. بنابراین کاهش سطح آب زیرزمینی باعث کاهش رفاه شالی کاران در استان گلستان می‌شود. نتیجه این پژوهش با نتایج مطالعات داخلی، تهامی‌پور و همکاران (۲۰۰۵) (۱۵)، تقی‌زاده و سلطانی (۲۰۱۳) (۱۶)، سیدان و همکاران (۲۰۱۶) (۱۸)، بنی‌اسدی و همکاران (۲۰۱۶) (۱۱)، سیدان و بهراملو (۲۰۱۸) (۳) و ریاحی‌زمین و ترکمانی (۲۰۲۳) (۲۱) و مطالعات خارجی، آچاریا و باربیر (۲۰۰۰) (۱۳)، ایزرار و همکاران (۲۰۱۳) (۱۷) و آتوکورالا و همکاران (۲۰۱۷) (۱۹) مطابقت دارد و نتایج این مطالعات نشان دهنده‌ی کاهش رفاه کشاورزان بر اثر کاهش سطح آب زیرزمینی می‌باشد. تفاوت در ارزش ریالی کاهش رفاه به ازای کاهش هر متر سطح آب زیرزمینی ناشی از سال مطالعه، نرخ تورم، منطقه مورد مطالعه، اقلیم و محصول مورد نظر می‌باشد. مقدار کاهش رفاه به ازای هر متر مکعب ۱۱۱۳۱۶ ریال و متوسط مقدار کاهش رفاه به ازای هر شالی کار در یک هکتار معادل ۹۳۱/۶۱ میلیون ریال می‌باشد یعنی با کاهش یک متر سطح آب زیرزمینی معادل ۹۳۱/۶۱ میلیون ریال به ازای هر هکتار رفاه شالی کاران کاهش می‌یابد یا هر هکتار اضافه کشت محصول برنج (شلتوک) منجر به کاهش رفاه هر شالی کار به میزان ۹۳۱/۶۱ میلیون ریال می‌شود. با توجه به نتایج مطالعه، برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی سبب افت سطح آب و به تبع آن کاهش رفاه کشاورزان می‌گردد که بایستی از طریق اجرای سیاست‌های مناسب در جهت کاهش مصرف آب زیرزمینی اقدام شود. اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی منجر به افزایش هزینه استحصال و کاهش سود کشاورزان می‌شود. با آگاه کردن کشاورزان از هزینه‌های اضافی برداشت بی‌رویه آب و زیانی که در مجموع متوجه آن‌ها می‌شود، می‌توان دیدگاه کشاورزان را نسبت به مصرف بی‌رویه اصلاح کرد و با معرفی روش‌های آبیاری مدرن و آب اندوز به جای روش‌های سنتی از مصرف بیش از حد منابع آب زیرزمینی جلوگیری

کرد. همچنین دولت باید در طرح‌های حفظ و تغذیه سفره آب زیرزمینی توجه بیشتری نموده و با در نظر گرفتن رفاه کاهش یافته بهره‌برداران حداقل به این میزان سالیانه در حفظ و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی سرمایه‌گذاری کند. پرداخت یارانه نکاشت (پرداخت غرامت به کشاورزان برای کاهش یا توقف کشت برنج در مناطقی که با بحران آب مواجه هستند) و خرید حقه آب زیرزمینی از کشاورزان شالیکار (خرید حقوق آب کشاورزان توسط دولت یا نهادهای ذی‌ربط به‌منظور کاهش استحصال آب) از جمله طرح‌های مؤثر برای حفظ منابع آب زیرزمینی می‌باشند. اگر این سیاست‌ها توسط دولت به‌درستی اجرا شوند، می‌توانند ضمن حفظ معیشت کشاورزان، به کاهش فشار بر منابع آب زیرزمینی کمک کنند. البته موفقیت چنین طرح‌هایی نیازمند مشارکت فعال کشاورزان، شفافیت در توزیع یارانه‌ها و نظارت مستمر دولت می‌باشد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از شرکت آب منطقه‌ای گلستان که موجبات تسهیل دسترسی به کشاورزان و جمع‌آوری داده‌های این تحقیق را فراهم نموده‌اند تشکر می‌نمایند. همچنین از داوران این مقاله که با نظرات خود موجب بهبود متن حاضر شده‌اند تشکر می‌نمایند.

داده‌ها، اطلاعات و دسترسی

داده‌های این تحقیق مربوط به پایان نامه کارشناسی ارشد آقای سید مصطفی حسینی در رشته اقتصاد کشاورزی می‌باشد که از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول قابل دسترسی می‌باشند.

تعارض منافع

در این مقاله تضاد منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تایید همه نویسندگان است.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در این مقاله به این شرح است: سید مصطفی حسینی (نویسنده اول): آماده‌سازی داده‌ها، انجام محاسبات، تهیه پیش نویس مقاله؛ علی کرامت‌زاده (نویسنده دوم): استاد راهنمای پایان نامه و ارائه طرح تحقیق و روش شناسی، راهنمایی تخمین مدل و تجزیه و تحلیل نتایج، نظارت بر تحقیق و اصلاح و نهایی سازی مقاله؛ فرشید اشراقی (نویسنده سوم): استاد مشاور پایان نامه و مشارکت در طرح و روش تحقیق و تخمین مدل و تفسیر نتایج و اصلاح مقاله؛ مسعود عنایت (نویسنده چهارم): استاد مشاور پایان نامه و مشارکت در جمع‌آوری و آماده سازی داده‌ها، انجام محاسبات و بازبینی مقاله.

اصول اخلاقی

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این اثر عملی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تایید همه آنها می‌باشد.

حمایت مالی

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد صورت گرفته است.

منابع مورد استفاده

1. Keramatzadeh, A., Chizari A. and Mirzaei, A. 2006. Determining the economic value of Irrigation water using the model of the optimal cultivation pattern of the integration of agriculture and horticulture. *Agricultural Economics and Development*. 14: 54. 35-60. (In Persian)
2. Yousefi, A., Hassan-Zade, M., & Keramat-Zade, A. (2014). The welfare effect of water market allocation in Iranian economy. *Iran-Water Resources Research*, 10(1), 15–25. (In Persian)
3. Seyedan, S. M. and Bahramlu, R. 2018. The effect of over-harvesting water from Groundwater sources on farmers' well-being in Malair Plain. *Journal of water and soil sciences (agricultural sciences and techniques and natural resources)*. 22: 4. 370-357. (In Persian)
4. FAO. 2023. "Water Use in Agriculture." AQUASTAT Report.
5. Ministry of Agricultural Jihad, Economic Planning Deputy, Information and Communication Technology Center. 1403. *Agricultural statistics of 2023-2022, first volume, crops*. (In Persian)
6. Malmir, M., Javadi, S., Moridi, A., Neshat, A. and Razdar, B. 2021. A new combined framework for sustainable development using the DPSIR approach and numerical modeling. *Geoscience Frontiers*. 12: 4. 101-169.
7. Planning and Budget Organization, Center for Development and Foresight Research, *Studies on the National Land Use Planning Document (Water Sector)*, Winter 2021. (In Persian)
8. Ministry of Energy, Iran Water Resources Management Company, Deputy for Protection and Operation. *Forbidden plains of the country*, March 2023. (In Persian)
9. Golestan Province Regional Water Joint Stock Company, *Basic Studies of Water Resources (Consolidation and Balance Group)*, 2024. (In Persian)
10. Pakdel, M., Qara Mahmoudlu, M., Jandaghi, N., Fathabadi, A. and Nik Qojaq, Y. 2020. Investigating the factors affecting the changes in the underground water level of Gorgan Plain. *The 7th Scientific Research Conference on the Development and Promotion of Agricultural Sciences and Natural Resources of Iran*. Tehran. (In Persian)
11. Bani-Asadi, M., Zare-Mohrjerdi, M., Mehrabi-Boshrahadi, H., Mirzaei, H. and Rezaei-Estakhroyeh, A. 2016. Social welfare reduction due to groundwater level decline (Case study: Wheat farmers in Arzuieh Plain). *Agricultural Economics and Development*, 26: 102. 165–194. (In Persian)
12. Statistical Research and Training Center, Economic Statistics Research Group, Statistical Center of Iran. 2021. *Report on the Economic Structure of the Country's Provinces and Their Share and Role in Gross Domestic Product Based on Provincial Accounts Statistics (2011–2021)*, Fall 2021. (In Persian)
13. Acharya, G. and Barbier, E. 2000. Valuing groundwater recharge through agricultural production in the Hadejia-Nguru wetlands in northern Nigeria. *Agricultural Economics*. 22: 3. 247-259. Doi:10.1016/S0169-5150(99)00054-7.
14. Boswrth, B., Cornish, G., Perry C. and Steenburgen F.V. 2002. *Water changing in irrigated agriculture*. HR Wallingford publication, report OD, 145.
15. TahamiPour, M., Mehrabi-Boshrahadi, H. and Karbasi, A. 2005. The impact of groundwater level decline on the social welfare of producers (Case study: Pistachio growers in Zarand County). *Agricultural Economics and Development*, 13: 49. 97–116. (In Persian)
16. Taghizadeh, S. and Soltani, Gh. 2013. The impact of groundwater over-extraction on farmers' welfare (Case study: Wheat farmers in Fasa County). *Journal of Agricultural Economics Research*, 5: 1. 1-22. (In Persian)
17. Izrar, A., Abdulaziz, A. and Al- Othman, R. 2013. Is shrinking groundwater resources leading to socioeconomic and environmental degradation in Central Ganga plain, India, *Arab Journal Geosci*, Saudi Society for Geosciences.
18. Seyedan, S. M., Kohansal, M., and Ghorbani, M. 2016. Investigating the welfare impact of over-utilization of groundwater resources in the Hamedan-Bahar Plain. *Journal of Agricultural Economics*. 10: 3. 129-153. (In Persian)
19. Athukorala, W., Wilson, C. and Managi, S. 2017. Social welfare losses from groundwater over extraction for small-scale agriculture in Sri Lanka: Environmental concern for land use. *Journal of Forest Economics*. 29: 1. 47-55. Doi: 10.1016/j.jfe.2017.04.002

20. Mitter, H. and Schmid, E. 2021. Informing groundwater policies in semi-arid agricultural production regions under stochastic climate scenario impacts. *Ecological Economics*. Volume 180. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2020.106908.
21. Riahi-Zamin, R. and Torkmani, J. 2023. The impact of excessive groundwater exploitation on farmers' welfare: A case study of wheat farmers in Marvdasht County. 15th International Conference on Food Science, Organic Agriculture and Food Security, International Organization for Academic Studies, Tehran. (In Persian)
22. National Planning and Budget Organization, Statistical Center of Iran. 2024. National Statistical Yearbook 2022. (In Persian)
23. Ministry of Energy, Golestan Province Regional Water Joint Stock Company, Statistics and Information Department, Report on the Status of Water Resources in Golestan Province, 2022. (In Persian)
24. Arbabzaie-Moghaddam, A., Keramatzadeh, A., Eshraghi, F. and Shirani-Bidabadi, F. 2023. Estimating the economic value of water in sugar beet production in Golestan Province. *Sugar Beet Journal*. 1 (39): 101-114. (In Persian)
25. Ebrahimnejad, H., Keramatzadeh, A., Eshraghi, F., Rezaei, A. 2021. Investigation of factors affecting physical and economic water efficiency in orange production in Ghaemshahr County. *Journal of Water Research in Agriculture*. Volume 35. Number 3. 25-36. (In Persian)
26. Deocaluwe, B., Patry, A. and Savard, L. 2004. When water is no longer heaven sent: comparative pricing analysis in an AGE model. Retrieved from <http://econpapers.hhs.se>.

Evaluating the Welfare Effects of Groundwater Level Decline on Paddy Farmers in Golestan Province

Seyed Mostafa Hosseini¹, Ali Keramatzadeh^{2*}, Farshid Eshraghi³, Masoud Enayat⁴

- 1- MSc student of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. Gorgan, Iran. mostafa.hosseini_s00@gau.ac.ir
- 2- Associate Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. Gorgan, Iran. alikeramatzadeh@gau.ac.ir
- 3- Associate Professor of Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, University of Tehran, Tehran, Iran. farshid.eshraghi@ut.ac.ir
- 4- Ph.D in Geology, Expert of the Regional Water Company of Golestan. Gorgan, Iran. enayat@gmail.com

Abstract

Background and objectives: The rapid population growth, along with the increasing need for agricultural production, industrial development, urban expansion, and the improvement of public health and welfare, has led to a significant rise in water demand and has consequently resulted in the excessive extraction of groundwater resources. Statistics indicate that about 46% of the world's crop production comes from irrigated lands, whereas in Iran, out of approximately 83 million tons of various crops harvested in the 2022-2023 agricultural year, 75 million tons (90.16%) were obtained from irrigated lands. Groundwater resources are one of the most important sources of water supply in areas facing surface water shortages. Excessive harvesting, continues droughts, illegal well drilling, and the lack of preventive laws have put the country's groundwater resources in crisis in some areas, and the intensification of the decline in groundwater levels in aquifers has placed more than half of the country's plains in the category of forbidden plains. Excessive harvesting of groundwater for agriculture and the decline in aquifer levels in recent years, have posed significant challenges for policymakers and managers, particularly in most of the country's aquifers, especially in Golestan Province. Since Golestan's economy relies heavily on agriculture and water is a key input in agricultural production, playing a vital role in the sustainable development of the sector, the depletion of groundwater resources not only has environmental consequences but also reduces the welfare of farmers in Golestan Province. In Golestan Province, about 86% of groundwater resources are allocated to rice (paddy) cultivation. Accordingly, this study evaluated the welfare effects of declining groundwater levels on Paddy farmers in Golestan Province.

Materials and methods: In this study, to investigate the welfare effects of groundwater level reduction on Paddy farmers in Golestan Province, after estimating the supply and demand function of water consumption in Golestan Province, the level of welfare is calculated through the area between the water supply and demand curves. The water demand function is derived from the rice production function, while the water supply function is extracted from the marginal cost of water extraction. To estimate the rice production function and the water extraction cost function, various functional forms (log-linear, linear-log, Cobb-Douglas,

transcendental, translog, and quadratic functions) were estimated. The most suitable functional form was selected through econometric tests. In this study, rice production cost data (from 168 Paddy farmers) and agricultural well data (131 deep wells with rice as the dominant crop) for the 2022-2023 crop year were collected via questionnaires. To reduce bias, enhance generalizability, ensure statistical reliability, and minimize costs and time, stratified random sampling was employed. Additionally, part of the data, including water resource information for Golestan Province and watershed basins, was gathered from reports by the Agricultural Jihad Organization and the Golestan Regional Water Company. The statistical population for the rice production cost questionnaire included all Paddy farmers in Golestan Province, while the well water questionnaire targeted all deep wells (considering that deep wells account for about 60% of groundwater extraction in Golestan Province and experience the most significant decline in groundwater levels). Over 95% of these wells are used for agricultural purposes, primarily for rice cultivation. Due to climatic variations in the study area, the De Martonne index was used for stratification in the stratified random sampling method.

Results: The results indicated that the Cobb-Douglas function was selected as the superior production function, while the quadratic function was chosen as the superior cost function for well water extraction. Based on the results of the best production function (Cobb-Douglas production function), the elasticity of water input was calculated to be 0.73, indicating that a 1% increase in water consumption leads to a 0.73% increase in rice production (paddy) in Golestan Province. Using the superior production function (Cobb-Douglas) and the superior groundwater extraction cost function (quadratic function), the impact of declining groundwater levels on the welfare of Paddy farmers in Golestan Province was estimated. The findings on welfare effects revealed that for every one-meter decline in groundwater levels, the welfare of Paddy farmers decreases by 420 million Rials. Given that the average groundwater level and volume in Golestan Province's deep aquifers decreased by 2.71 meters and 31 million cubic meters, respectively, in 2023 compared to 2022, and for every one-meter drop in groundwater levels in deep aquifers, the groundwater volume decreases by 11.46 million cubic meters. The amount of water loss per deep well per meter of groundwater level decrease is 3,773 cubic meters, and the amount of welfare loss per cubic meter is 111,316 rials. Based on the average water consumption of Paddy farmers of 8,369 cubic meters per hectare, the average amount of welfare loss per Paddy farmer per hectare is 61.931 million rials.

Conclusion: The results showed that as well depth increases, water extraction costs increased, with each additional meter of well depth (decline in water table) increasing extraction costs by 4.02 million rials. For every one-meter drop in groundwater levels, farmers' welfare decreases by 420 million rials. Thus, the decline in groundwater levels reduces the welfare of Paddy farmers in Golestan Province. The study's findings indicate that excessive groundwater extraction leads to a drop in water levels and, consequently, a decline in farmers' welfare. Appropriate policies must be implemented to reduce groundwater consumption. Over-extraction of groundwater increases extraction costs and reduces farmers' profits. By raising farmers' awareness of the additional costs and overall losses caused by unsustainable water extraction, their perspective on excessive water use can be reformed. Introducing modern and water-efficient irrigation methods instead of traditional practices can help prevent overconsumption of groundwater resources. The government should also pay more attention to plans to preserve and nourish groundwater aquifers and, taking into account the reduced welfare of users, invest at least this amount annually in preserving and nourishing groundwater aquifers. Subsidy payments for fallow land and purchasing groundwater rights

from farmers are among the effective schemes for preserving groundwater resources. If these policies are properly implemented by the government, they can help reduce pressure on groundwater resources while safeguarding farmers' livelihoods.

Keywords: *Price Elasticity of Demand, Elasticity of production, Groundwater, Social welfare, The cost of water extraction*