

Analysis of Factors Influencing Groundwater Withdrawal Rates in the Agricultural Wells: A Case Study in Golestan Province

A. Keramatzadeh* , S. M. Hosseini, F. Eshraghi, and M. Enayat

Associate Prof., of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. alikeramatzadeh@gau.ac.ir

MSc student of Agricultural Economics, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. hsmh24ll@gmail.com

Associate Prof., of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. eshraghi@gau.ac.ir

Ph.D. Graduate, Department of Engineering Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. enayat@gmail.com

Received: April 2025 and Accepted: July 2025

Abstract

This study investigates the factors influencing groundwater extraction by farmers and users in Golestan Province. Data were collected from 131 agricultural deep wells during the 2022–2023 crop year using stratified random sampling and structured questionnaires. Various functional forms of groundwater extraction were analyzed, with the Cobb-Douglas function identified as the best-fitting model. The findings indicate that a 1% decrease in the discharge rate of agricultural wells leads to a 0.97% reduction in water extraction. Similarly, a 1% reduction in land area per well results in a 0.03% decrease in water use. Reducing daily operation time by 1% lowers water extraction by 0.95%, while a 1% decrease in the number of annual operation days reduces extraction by 0.96%. Interestingly, due to the low cost of electricity, the relationship between electricity expenses and groundwater extraction is positive. Therefore, unless electricity costs become a more substantial share of total production expenses, increasing electricity prices alone are unlikely to curb over-extraction. The study concludes that policymakers should employ a combination of economic and technical measures to effectively implement the groundwater balancing plan in Golestan Province's aquifers.

Keywords: Aquifer, Water Resource Management, Regression Model, Agricultural Electricity Cost

* - Corresponding Author's email: alikeramatzadeh@gau.ac.ir
<https://doi.org/10.22092/jwra.2025.369146.1075>

بررسی عوامل مؤثر بر میزان برداشت آب زیرزمینی در چاه‌های کشاورزی:

مطالعه موردی استان گلستان

علی کرامت‌زاده* , سیدمصطفی حسینی، فرشید اشراقی و مسعود عنایت

دانشیار، گروه مهندسی اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

alikeramatzadeh@gau.ac.ir

دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

hsmh24ll@gmail.com

دانشیار، گروه مهندسی اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

eshraghi@gau.ac.ir

دانش آموخته دکتری، گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

enayat@gmail.com

دریافت: فروردین ۱۴۰۴ و پذیرش: تیر ۱۴۰۴

چکیده

این پژوهش به بررسی عوامل مؤثر بر میزان برداشت آب زیرزمینی توسط کشاورزان و بهره‌برداران در استان گلستان پرداخته است. اطلاعات چاه‌های عمیق کشاورزی استان در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ از طریق تکمیل تعداد ۱۳۱ پرسشنامه با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای جمع‌آوری شد. سپس عوامل مؤثر بر میزان برداشت آب چاه در استان گلستان از طریق فرم‌های مختلف توابع برآورد و پس از ارزیابی فرم تابع کاب-داگلاس به‌عنوان فرم برتر انتخاب گردید. نتایج نشان داد کاهش یک درصدی دبی چاه‌های کشاورزی در منطقه، منجر به کاهش ۰/۹۷ درصد در میزان برداشت آب از چاه‌ها توسط بهره‌برداران و کشاورزان منطقه می‌شود. با کاهش یک درصدی از اراضی تحت پوشش هر چاه، برداشت آب از چاه به میزان ۰/۰۳ درصد کاهش می‌یابد. همچنین، الزام بهره‌برداران به کاهش یک درصدی ساعت استفاده از چاه در طول روز، میزان برداشت آب از چاه را ۰/۹۵ درصد کاهش و کاهش یک درصدی تعداد روزهای استفاده از چاه در طول سال میزان برداشت آب از چاه را ۰/۹۶ درصد کاهش می‌دهد. ولی به دلیل پایین بودن هزینه برق مصرفی، ارتباط میان هزینه برق مصرفی و میزان برداشت آب چاه مثبت است و تا زمانی که سهم هزینه برق مصرفی از کل هزینه تولید افزایش نیابد، افزایش قیمت برق منجر به کاهش برداشت آب زیرزمینی نخواهد شد؛ بنابراین سیاست‌گذاران حوزه منابع آب می‌توانند از ترکیبی از ابزارهای مختلف اقتصادی و فنی برای دستیابی به طرح تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی در آبخوان‌های استان استفاده کنند.

واژه‌های کلیدی: آبخوان، مدیریت منابع آب، مدل رگرسیونی، هزینه برق مصرفی کشاورزی

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: alikeramatzadeh@gau.ac.ir



مقدمه

بخش کشاورزی تکیه‌گاه اساسی در تأمین نیازهای اقتصادی و امنیت غذایی کشور بوده و نهاده آب نیز به‌عنوان نهاده اصلی در تولید محصولات کشاورزی، جایگاه ویژه‌ای در توسعه پایدار بخش کشاورزی و توسعه اقتصادی سایر بخش‌ها دارد (کرامت‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵). سهم بخش کشاورزی از آب مصرفی در سطح دنیا معادل ۶۹ درصد، در خاورمیانه معادل ۸۴ درصد و در ایران معادل ۹۲ درصد است (مرزبان و همکاران، ۱۳۹۸). آمارها نشان می‌دهد که حدود ۴۶ درصد از تولیدات محصولات زراعی جهان از اراضی آبی به دست می‌آید. ولی در ایران در سال زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ از حدود ۸۴ میلیون تن انواع محصولات زراعی برداشت شده، حدود ۷۶ میلیون تن (۹۰/۱۶ درصد) متعلق به اراضی آبی است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۴۰۳). این آمار بیانگر وابستگی شدید تولیدات محصولات زراعی ایران به منابع آب است. از یک سو، ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک کره زمین قرار گرفته و کشاورزی در این مناطق بیشتر به منابع آب‌های زیرزمینی وابسته است (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۶) و از سوی دیگر نیز 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 به‌ویژه، منابع آب زیرزمینی شده است (کرامت‌زاده و همکاران، ۱۴۰۲).

استان گلستان یکی از استان‌های در معرض خشک‌سالی است و طی سالیان اخیر برداشت بیش از اندازه از منابع آب زیرزمینی موجب کاهش شدید سطح ایستابی و افت کیفیت آب زیرزمینی شده است (پاکدل و همکاران، ۱۳۹۹). بررسی سطح آب زیرزمینی در آبخوان دشت گرگان برای بازه زمانی ۳۰ ساله نشان می‌دهد که بیشترین افت صورت گرفته در سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۲ رخ داده است، به‌طوری‌که در این دهه، سطح آب زیرزمینی حدود ۱۲ متر کاهش داشته است. سطح و حجم آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق استان گلستان به‌طور 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 است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان، ۱۴۰۳). با توجه به روند کاهشی ذخیره آبخوان‌های استان گلستان و وابستگی کشاورزی استان به منابع آب زیرزمینی، کاهش سطح آبخوان‌ها یکی از چالش‌های پیش‌روی مدیران و سیاست‌گذاران در استان است. استحصال بی‌رویه آب زیرزمینی بر کیفیت، کمیت و مکان آب و به گونه‌ای بر دیگر مصرف‌کنندگان و محیط‌زیست اثر می‌گذارد. نتیجه این اثرات در طول زمان، افزایش هزینه‌های عمیق کردن چاه و شور شدن آب‌ها به دلیل کاهش سطح آب زیرزمینی است (لیندگرن، ۱۹۹۹). این موضوع موجب افزایش هزینه‌های مالی برداشت آب‌های زیرزمینی می‌شود. از جنبه سرمایه‌گذاری، افزایش هزینه‌های حفاری، لوله‌گذاری، موتورپمپ، از جنبه بهره‌برداری، افزایش هزینه انرژی بیشتر برای پمپاژ حجم معینی آب (افزایش هزینه‌های متغیر پمپاژ آب ناشی از افزایش عمق چاه) و همچنین از جنبه زیست‌محیطی چالش‌هایی همچون خشک شدن چاه‌های آب و فرونشست زمین را به دنبال دارد (سیدان و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به روند افزایشی کاهش سطح آب‌های زیرزمینی دشت گرگان و لزوم اجرای طرح تعادل-بخشی منابع آب زیرزمینی در استان گلستان، شناخت و بررسی اثر عوامل مؤثر بر میزان برداشت آب از چاه‌های عمیق کشاورزی در این استان می‌تواند کمک مؤثری به شناسایی سیاست‌های مناسب در راستای جلوگیری از برداشت بیش‌ازحد از آبخوان دشت گرگان و توقف روند افزایشی برداشت آب از منابع آب زیرزمینی کند. در این راستا، هدف این پژوهش، بررسی عوامل مؤثر بر میزان برداشت آب زیرزمینی توسط کشاورزان و بهره‌برداران در استان گلستان است.

توانا و صبوحی (۱۳۸۶) در مطالعه خود به بررسی راهکارهای کاهش بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی

در مزارع کشاورزی استان فارس و شناسایی عوامل ایجاد آثار جانبی برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی با استفاده از معادله تابع کاب-داگلاس پرداختند. نتایج نشان داد، احداث چاه در جایی از مزرعه که حداقل فاصله را نسبت به حدود زمین زراعی داشته باشد، از مصرف بیش از حد آب و در نتیجه ایجاد آثار جانبی منفی جلوگیری می‌کند. نتایج همچنین نشان داد که با افزایش قیمت آب نمی‌توان به هدف کاهش مصرف آب دست یافت و هزینه استحصال آب تأثیر چندانی بر بازده خالص مزرعه و در نتیجه دسترسی اقتصادی به منابع آب زیرزمینی ندارد اما می‌توان با افزایش نیروی کار در مزرعه و کاهش آب مصرفی، افت بازده خالص مزرعه ناشی از کاهش مصرف آب را جبران کرد.

صبوحی و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهش خود به ارزیابی راهکارهای مدیریت منابع آب زیرزمینی در دشت نریمانی در استان خراسان پرداختند. در این بررسی، راهکارهای مختلف مدیریت منابع آب زیرزمینی شامل برداشت آزاد (کنترل نشده)، کنترل بهینه برداشت از آب‌های زیرزمینی، سیاست مالیاتی، دخالت دولت، کنترل قانونی و همکاری دولت و تشکل‌های بهره‌برداران مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که راهکار بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و سیاست مالیاتی (مالیات بر اساس ارزش و مالیات به‌ازای هر واحد مصرف از منبع) نسبت به گزینه‌های دیگر امکان رسیدن به بهره‌برداری پایدار از آب‌های زیرزمینی را فراهم می‌کند. همچنین بر اساس نتایج این مطالعه، دولت می‌تواند از طریق اتخاذ سیاست مناسب مالیاتی هزینه‌های جانبی بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی را به خود بهره‌برداران منطقه منتقل نماید.

در مطالعه باقری و بخشوده (۱۳۸۹)، به بررسی انگیزه گرایش به حفر چاه غیرمجاز و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در دشت برازجان پرداختند. نتایج نشان داد که از نظر تأثیر سیاست‌های بازدارنده، بین دو گروه از بهره‌برداران، مجاز و غیرمجاز، اختلاف معنی‌داری وجود

دارد. هرچند که از نظر تأثیر سایر معیارها مانند نظارت و ساماندهی، سیاست تشویقی، رسانه‌های گروهی و آگاهی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین اثر متغیرهایی نظیر سن، میزان درآمد، میزان وام و میزان شرکت در کلاس‌های ترویجی بر گرایش به حفر چاه غیرمجاز معنی‌دار است.

در پژوهشی، رضایی و همکاران (۱۳۹۱) عوامل مؤثر بر بهره‌برداری از منابع آب و پایداری آن را در شرایط جغرافیایی متفاوت استان فارس بررسی کردند. نتایج نشان داد که متغیرهای تعداد اعضای خانوار، نظام بهره‌برداری از اراضی، سطح درآمد خانوار، دبی آب، هزینه تأسیسات انتقال آب و شاخص مدیریت تأثیر معناداری بر بهره‌برداری از منابع آب دارد.

یزدی و جبلی (۱۳۹۲) در مطالعه‌ای اثرات برداشت بی‌رویه و مدیریت بهره‌برداری پایدار از منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک در حوضه آبریز یزد و اردکان بررسی کردند. نتایج نشان داد که اثرات برداشت بی‌رویه آب در منطقه علاوه بر افت سطح آب زیرزمینی باعث نشست زمین و تغییر ویژگی‌های کمی و کیفی آب‌وخاک شده و در مهاجرت و تسریع روند تمرکزگرایی جمعیت و تخلیه روستاهای کویری نیز تأثیر بسزایی دارد.

با استفاده از مدل لوجیت^۱، اسد فلسفی‌زاده و همکاران (۱۳۹۳) به تعیین سهم عوامل مؤثر بر اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی در شهرستان مرودشت پرداختند. نتایج نشان داد که به ترتیب متغیرهای سطح درآمد و نوع کانال انتقال آب زیرزمینی دارای اثر مثبت و متغیرهای مجوز بهره‌برداری از منبع آب زیرزمینی، کارایی زیربرداری آب^۲، بازده آب (متغیر بازده آب از تقسیم حجم تحویلی آب به بازده برنامه‌ای در هر مزرعه محاسبه شد)، شرکت در کلاس‌های آموزشی، فاصله مزرعه تا منبع و سطح تسهیلات دارای اثر منفی و معنی‌داری بر متغیر اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی داشته است. اجرای سیاست‌های حمایتی از جمله ایجاد تسهیلات مناسب برای تجهیز

کانال‌ها و سامانه‌های آبیاری متناسب با شرایط توپوگرافی به‌منظور بهبود کارایی مزارع و اعمال پرداخت جریمه برای حفر چاه‌های غیرمجاز به‌عنوان راهکار مناسب برای کاهش اضافه برداشت در منطقه پیشنهاد شد.

مقامی مقیم و تقی‌پور (۱۳۹۸) به بررسی عوامل مؤثر در تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی دشت صفی‌آباد در شهرستان اسفراین پرداختند. سطح آب‌های زیرزمینی در دشت صفی‌آباد اسفراین طی سال‌های ۱۳۶۸ الی ۱۳۹۵ بیش از ۹ متر افت داشته است. عواملی چون خشک‌سالی، افزایش جمعیت، تبدیل شدن صفی‌آباد از روستا به شهر، بازدارنده نبودن جریمه‌های مربوط به تخلقات اضافه برداشت و مسائل فرهنگی سبب افزایش برداشت و عواملی نظیر استفاده از شیوه‌های نوین آبیاری، تغییر نوع کشت و استفاده از کتورهای هوشمند، باعث کاهش برداشت از آب های زیرزمینی شده است.

با استفاده از مدل توبیت^۳، مقیمی و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی عوامل مؤثر بر اضافه برداشت کشاورزان از منابع آب زیرزمینی در دشت زاوه-تربت حیدریه پرداختند. نتایج نشان داد که متغیرهای توضیحی نوع کشت غالب، مالکیت شخصی و مالکیت سهم‌بری چاه آب با اثر نهایی ۰/۳۵، ۰/۴۳ و ۰/۴۱، رابطه مستقیم و متغیرهای عمق چاه، نوع کانال انتقال آب و کشت محصولات کم‌آب رابطه معکوس با اضافه برداشت داشتند. رابطه متغیرهای فاصله مزرعه تا چاه، درآمد سالانه کشاورز و نوع کشت غالب با میزان اضافه برداشت، رابطه‌ای مستقیم معنی‌دار در سطح پنج درصد دارد.

ریاحی‌زمین و ترکمانی (۱۴۰۲) به بررسی تأثیر بهره‌برداری‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی بر رفاه کشاورزان گندم‌کار شهرستان مرودشت پرداختند. با استفاده از الگوهای اقتصادسنجی تابع تولید محصول با فرم‌های مختلف تخمین زده شد که در نهایت فرم ترانسلوگ به‌عنوان فرم برتر انتخاب شد. همچنین تابع هزینه استحصال آب برای چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق جهت تخمین تابع رفاه

برآورد شد. نتایج نشان داد که به علت برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، کاهش رفاه هر کشاورز برای چاه های عمیق و نیمه‌عمیق به ترتیب ۱۸۲۷۸۰ و ۲۹۴۹۱۰ میلیون ریال به ازای هر متر افت سطح سفره‌های آب زیرزمینی است. ایزرار و همکاران (۲۰۱۳) در دشت گانگار هند با هدف تجزیه و تحلیل برداشت آب‌های زیرزمینی به‌عنوان یک کالا در چارچوب اجتماعی منطقه، 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 زمینه حفر و عمیق کردن چاه، آثار زیست‌محیطی و اقتصادی-اجتماعی را به دنبال دارد.

میترو 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 مدل نشان داد که با افزایش محدودیت منابع آب زیرزمینی برای آبیاری، کاربری اراضی از زمین‌های آبی به زمین‌های عمدتاً دیم با کاهش سود خالص منطقه‌ای تغییر می‌کند. همچنین افزایش هزینه استحصال آب زیرزمینی برای آبیاری به میزان ۰/۱ یورو به ازای هر مترمکعب، منجر به کاهش متوسط حجم استحصال آب زیرزمینی به میزان ۱۷/۲ میلیون مترمکعب در مناطق خشک و ۶/۴ میلیون مترمکعب در مناطق مرطوب می‌شود. به تبع آن سود خالص منطقه‌ای برای تولید محصولات کشاورزی به‌طور متوسط ۳/۴ میلیون یورو در مناطق خشک و ۱/۶ میلیون یورو در مناطق مرطوب کاهش می‌یابد.

ابورمان و همکاران (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای به بررسی اثربخشی سیاست‌های مرتبط با آب‌های زیرزمینی در راستای کاهش برداشت بی‌رویه از این منابع در کشور اردن پرداختند. در این مطالعه، سیاست‌های آب‌های زیرزمینی در کشور اردن در دو بازه زمانی ۱۹۸۵-۱۹۹۸ (پیش از سیاست) و ۱۹۹۸-۲۰۱۵ (پس از سیاست) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که برخلاف انتظارات،

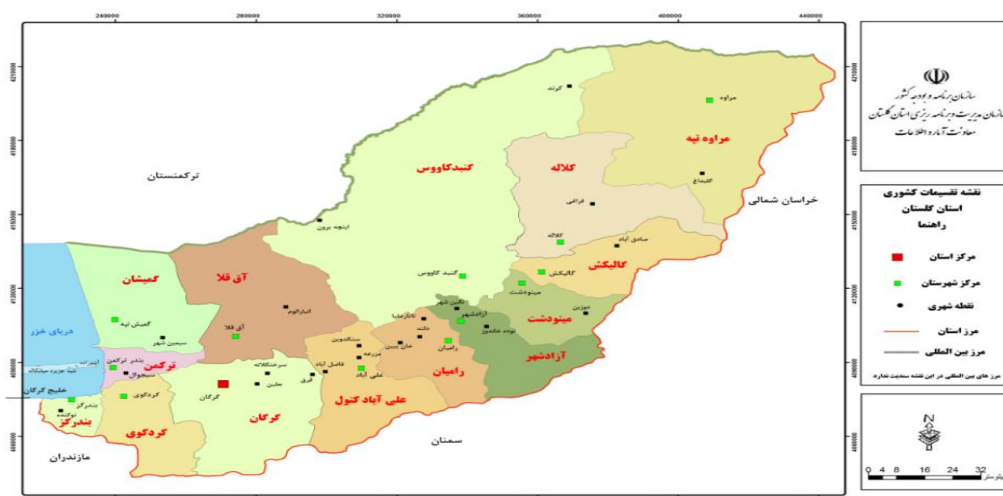
قانون‌گذاری ۱۹۹۸ تأثیر قابل توجهی بر میزان استحصال آب زیرزمینی نداشت و استحصال آب زیرزمینی برای استفاده در بخش کشاورزی پس از اعمال سیاست‌های کنترل مصرف بی‌رویه آب افزایش یافت. همچنین، نتایج نشان داد که نظارت پیشرفته بر میزان استحصال آب زیرزمینی از طریق نصب کنتورهای هوشمند، کشت محصولات آب‌بر، اصلاحات قانونی و افزایش تعرفه‌ها برای پایداری آب‌های زیرزمینی امری حیاتی است.

لامبرت و همکاران (۲۰۲۵) در مطالعه‌ای به بررسی الگوهای بهینه کشت و تخصیص بهینه آب‌های زیرزمینی تحت محدودیت‌های برداشت در ایالت اکلاهما در آمریکا پرداختند. در این مطالعه، استفاده از آب‌های زیرزمینی در یک دوره ده‌ساله تحت تأثیر نرخ‌های مختلف برداشت آب، نرخ‌های تنزیل و قیمت‌های انرژی با استفاده از یک مدل هیدرو-اقتصادی پویا^۴ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که اگرچه نرخ‌های بالاتر برداشت آب ممکن است منافع اقتصادی کوتاه‌مدت داشته باشند، اما در نهایت تخلیه سریع‌تر سفره‌های آب زیرزمینی را تسریع می‌کنند که این امر هزینه‌های آبیاری در آینده را افزایش و سود بلندمدت را کاهش می‌دهد. مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی نه تنها از تخلیه سریع سفره‌های آب جلوگیری می‌کند، بلکه در بلندمدت می‌تواند سودآوری کشاورزان را نیز بهبود بخشد.

هرچند استان گلستان از مستعدترین استان‌های کشور برای فعالیت‌های کشاورزی به شمار می‌رود ولی مطالعات چندانی در خصوص وضعیت منابع آب زیرزمینی و دلایل کاهش سطح آبخوان‌ها در این استان صورت نگرفته است. بررسی پژوهش‌های انجام شده در زمینه مدیریت منابع آب زیرزمینی نشان می‌دهد که برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی یکی از اصلی‌ترین دلایل کاهش سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌هاست. لذا، بررسی عوامل مؤثر بر میزان برداشت آب زیرزمینی و ارائه راهکارهای مدیریت میزان برداشت از این منابع از اهمیت بالایی برخوردار است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، استان گلستان واقع در شمال کشور است که از شمال به جمهوری ترکمنستان، از شرق به استان خراسان شمالی، از جنوب به استان سمنان و از غرب به استان مازندران و دریای خزر محدود می‌شود. استان گلستان دارای چهارده شهرستان به نام‌های آزادشهر، آق‌قلا، گرگان، گنبد، بندرترکمن، گمیشان، رامیان، کردکوی، بندرگز، گالیکش، علی‌آبادکتول، کلالة، مراوه‌تپه و مینودشت و ۲۷ بخش، ۳۵ شهر، ۶۰ دهستان و ۱۰۴۰ آبادی است (شکل ۱) (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۳).



شکل ۱- نقشه تقسیمات کشوری استان گلستان

درصد مساحت استان را شامل می‌شوند و از لحاظ پتانسیل تأمین منابع آب نیز حوضه گرگانرود ۷۴ درصد، اترک ۱۲ درصد، قره‌سو ۱۱ درصد، خلیج گرگان سه درصد و نکارود یک درصد منابع آب استان را تأمین می‌کنند (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۹۹).

استان گلستان مطابق شکل (۲) دارای پنج حوضه آبریز شامل حوضه‌های آبریز اترک سفلی، گرگانرود، قره‌سو، شرق خلیج گرگان و نکارود علیا است. از لحاظ وسعت، حوضه گرگانرود ۵۰ درصد، اترک ۳۶ درصد، قره‌سو هشت درصد، نکارود پنج درصد و خلیج گرگان دو



شکل ۲ - نقشه حوضه‌های آبریز استان گلستان

(۱۵ درصد) از طریق چشمه و ۱۳ میلیون مترمکعب (۱ درصد) از طریق قنات برداشت می‌شود (شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گلستان، ۱۴۰۱).

با توجه به اینکه در استان گلستان چاه‌های عمیق سهم عمده‌ای (حدود ۶۰ درصد) در برداشت منابع آب زیرزمینی را دارند و بیشتر از ۹۵ درصد آن‌ها در بخش کشاورزی کاربرد دارد (شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان، ۱۳۹۹) و همچنین بیشترین کاهش در سطح منابع آب زیرزمینی از طریق چاه‌های عمیق اتفاق می‌افتد، لذا جامعه آماری تحقیق حاضر، کل چاه‌های عمیق استان گلستان است.

در این بررسی، اطلاعات چاه‌های آب کشاورزی استان گلستان در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ از طریق پرسشنامه جمع‌آوری شد 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 شد. پرسشنامه چاه‌های آب شامل اطلاعات مربوط به سال حفر، عمق چاه، هزینه برق

استان گلستان دارای پتانسیل منابع آب سالانه معادل ۲۴۸۵ میلیون مترمکعب هست که از این میزان ۵۰/۳ درصد آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات) و ۴۹/۷ درصد آب سطحی (رودخانه، آب‌بندان و سد) است. بر اساس نتایج آماربرداری سراسری منابع و مصارف آب سطحی و زیرزمینی استان گلستان در سال آبی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در کل استان گلستان در مجموع تعداد ۴۶۲۶۹ منبع آب زیرزمینی وجود دارد که شامل ۳۹۷۵۶ حلقه چاه (۸۵/۹ درصد)، ۶۱۶۱ دهنه چشمه (۱۳/۳ درصد) و ۳۵۴ رشته قنات (۰/۸ درصد) است. 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 درصد) از منابع آب سطحی و ۹۳۹ میلیون مترمکعب (۷۸ درصد) از منابع آب زیرزمینی است. از کل میزان برداشت منابع آب زیرزمینی در استان، حدود ۱۰۱۶ میلیون مترمکعب (۸۴ درصد) از طریق چاه، ۱۸۱ میلیون مترمکعب

$$D = \frac{B^2}{4} \quad (۳)$$

که در آن‌ها، n حجم نمونه، N_i حجم کل جامعه λ_i ، σ_i واریانس طبقه λ_i ، W_i وزن طبقه λ_i ، D دامنه تغییرات و B مقدار خطای برآورد (معادل ۷/۵ درصد) است.

فرم توابع مورد استفاده در این پژوهش برای برآورد تابع میزان برداشت آب چاه در جدول (۱) ارائه شده است که در آن a_0 عرض از مبدأ تابع، a_i یا β_i ضرایب مربوط به متغیرهای مورد استفاده در تابع میزان برداشت آب از چاه و X_i بیانگر مقادیر متغیرها در توابع میزان برداشت از آب چاه است. پس از برآورد توابع میزان برداشت از آب چاه، به منظور انتخاب بهترین شکل تابع از آزمون‌های اقتصادسنجی و نقض فرض‌های اساسی رگرسیون کلاسیک استفاده شد. جدول (۲)، متغیرهای مورد استفاده برای برآورد فرم‌های مختلف تابع میزان برداشت از آب چاه را نشان می‌دهد.

مصرفی، دبی چاه، اراضی تحت پوشش چاه‌ها، تعداد روزهای کارکرد در سال و تعداد ساعات کارکرد در روز است. با توجه به تفاوت اقلیم در محدوده مورد مطالعه برای طبقه‌بندی در روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای از شاخص دومارتون^۱ استفاده شد. شاخص دومارتون شاخصی برای مشخص نمودن اقلیم یک منطقه بر اساس دما و بارندگی سالانه است:

$$I_{DM} = \frac{P}{T + 10} \quad (۱)$$

که در آن، P میانگین بارندگی سالانه برحسب میلی‌متر، T میانگین دمای سالانه هوا برحسب درجه سانتی‌گراد است (ارباب‌زایی‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۲).

برای تعیین حجم نمونه در روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای از روابط (۲) و (۳) استفاده شد و تعداد ۱۳۱ پرسشنامه چاه آب تکمیل شد.

$$n = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n N_i^2 \sigma_i^2}{W_i}}{N^2 D + \sum_{i=1}^n N_i^2 \sigma_i^2} \quad (۲)$$

جدول ۱ - فرم توابع استفاده شده برای برآورد تابع میزان برداشت از آب چاه

نام تابع	شکل تابع
نیمه لگاریتمی Semi-logarithmic	$\log(Y) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i X_i$
کاب-داگلاس Cobb-Douglas	$Y = a_0 \prod_i X_i^{a_i} \quad i = 1, \dots, n$
ترانسندنتال Transcendental	$Y = a_0 \prod_i X_i^{a_i} \cdot e^{\sum_i b_i X_i} \quad i = 1, \dots, n$
ترانسلوگ Translog	$Y = a_0 \prod_i X_i^{a_i} \prod_i x_i^{\frac{1}{2} \sum_j (b_{ij} \log X_j)} \quad i, j = 1, \dots, n$
درجه دوم Quadratic	$Y = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \gamma_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=2}^n \gamma_{ij} x_i x_j$

ماخذ: (گریفین و همکاران، ۱۹۸۷)

جدول ۲ - متغیرهای مورد استفاده در تابع میزان برداشت از آب چاه

متغیر	معرفی
Extracted water (W)	میزان آب استحصالی (مترمکعب)
Flow (DE)	دبی (لیتر بر ثانیه)
Well depth (R)	عمق چاه (متر)
Land under cultivation of wells (A)	اراضی تحت پوشش چاه‌ها (هکتار)
Number of operating hours per day (HO)	تعداد ساعت کارکرد در طول روز (ساعت)
Number of operating days per year (DA)	تعداد روزهای کارکرد در سال (روز)
Electricity cost (E)	هزینه برق (۱۰ ریال)

در این پژوهش نتایج توصیفی با استفاده از تحلیل‌های آماری ساده (حداکثر، میانگین و حداقل) و نتایج تحلیلی از طریق مدل‌های رگرسیونی چند متغیره ارائه شد. همچنین در این پژوهش میزان آب استحصالی هر چاه بر اساس زمین‌های تحت پوشش هر چاه (هکتار) و نیاز ناخالص آبی محصولات (با استفاده از نرم‌افزار نت وات^۱) تحت پوشش هر چاه محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج توصیفی چاه‌های آب کشاورزی استان گلستان بر اساس اطلاعات پرسشنامه‌ای شامل سال حفر،

عمق چاه (متر)، دبی چاه (لیتر بر ثانیه)، تعداد روزهای کارکرد در سال، تعداد ساعت کارکرد در طول روز و زمین تحت پوشش (هکتار) است که در جدول (۳) ارائه شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد، عمق چاه‌های آب کشاورزی مورد بررسی در استان گلستان به‌طور متوسط ۱۹۶ متر، متوسط دبی چاه ۱۱ لیتر بر ثانیه و به‌طور میانگین میزان استفاده از چاه ۹۰ روز در سال با ۲۰ ساعت کارکرد در طول روز است. همچنین، به‌طور میانگین زمین تحت پوشش هر چاه شش هکتار است.

جدول ۳ - اطلاعات توصیفی چاه‌های آب کشاورزی در استان گلستان

شرح	حداقل	میانگین	حداکثر
سال حفر چاه	1345	1388	1397
عمق چاه (متر)	110	196	320
دبی چاه (لیتر بر ثانیه)	2	11	40
تعداد روزهای کارکرد در سال	65	90	180
تعداد ساعت کارکرد در طول روز	6	20	23
زمین تحت پوشش هر چاه (هکتار)	1	6	20

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج تحلیلی بر اساس نتایج حاصل از برآورد فرم‌های مختلف توابع میزان برداشت آب چاه در استان گلستان نظیر خطی-لگاریتمی، لگاریتمی-خطی، کاب-

داگلاس، درجه دوم، ترانسندنتال و ترانسلوگ، در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۴ - نتایج برآورد توابع میزان برداشت آب چاه در استان گلستان

متغیر Variable	خطی _ لگاریتمی Lin-Log	لگاریتمی _ خطی Log-Lin	کاب _ داگلاس Cobb-Douglas	درجه دوم Quadratic	ترانسندنتال Transcendental	ترانسلوگ Translog
C عرض از مبدأ	477973.67***	8.23***	1.57***	79770.41***	-576912.09***	-0.32
DE	-	0.06***	-	-4223.59***	1244.04***	-
R	-	NS	-	NS	NS	-
A	-	0.04***	-	NS	8651.44***	-
HO	-	0.05***	-	-4337.31***	NS	-
DA	-	0.01***	-	-893.36***	NS	-
E	-	NS	-	NS	0.00053***	-
لگاریتم DE	65381.87***	-	0.97***	-	61777.56***	1.79***
لگاریتم R	-28937.45***	-	NS	-	NS	0.91***
لگاریتم A	NS	-	0.03***	-	-57887.97***	-0.78***
لگاریتم HO	54800.03***	-	0.95***	-	73356.47***	NS
لگاریتم DA	52840.16***	-	0.96***	-	78494.92***	1.31***
لگاریتم E	10096.41***	-	0.004*	-	-2477.69**	NS
مجذور DE	-	-	-	-39.93***	-	NS
مجذور R	-	-	-	NS	-	NS
مجذور A	-	-	-	-113.55***	-	NS
مجذور HO	-	-	-	NS	-	NS
مجذور DA	-	-	-	NS	-	NS
مجذور E	-	-	-	NS	-	NS
اثر متقابل DE و R	-	-	-	-1.63***	-	-0.16***
اثر متقابل DE و A	-	-	-	138.95***	-	NS
اثر متقابل DE و HO	-	-	-	220.67***	-	NS
اثر متقابل DE و DA	-	-	-	69.11***	-	NS
اثر متقابل DE و E	-	-	-	NS	-	NS
اثر متقابل R و A	-	-	-	3.93***	-	0.16***
اثر متقابل R و HO	-	-	-	2.52***	-	NS
اثر متقابل R و DA	-	-	-	-0.62***	-	-0.18***
اثر متقابل R و E	-	-	-	NS	-	NS
اثر متقابل A و HO	-	-	-	NS	-	NS
اثر متقابل A و DA	-	-	-	NS	-	NS
اثر متقابل A و E	-	-	-	NS	-	NS
اثر متقابل HO و DA	-	-	-	48.84***	-	0.19***
اثر متقابل HO و E	-	-	-	NS	-	NS
اثر متقابل DA و E	-	-	-	NS	-	NS

مجذور و اثرات متقابل ذکر شده متناسب با فرم‌های تابعی مختلف، متفاوت است. علائم *** و ** و * به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح 1، 5 و 10 درصد را نشان می‌دهد

جدول ۵ - انواع توابع میزان برداشت از آب چاه در استان گلستان از نظر خصوصیات و ویژگی‌های آزمون شده

تابع	خطی - لگاریتمی Lin-Log	لگاریتمی - خطی Log-Lin	کاب - داگلاس Cobb-Douglas	درجه دوم Quadratic	ترانسندنتال Transcendental	ترانسلوگ Translog
تعداد کل ضرایب	6	6	6	27	12	27
تعداد ضرایب معنی‌دار	5	4	5	13	8	8
درصد ضرایب معنی‌دار	83.3	66.6	83.3	48.1	66.6	29.6
F statistic (Prob.)	186.14 (0.00)	220.98 (0.00)	26283.41 (0.00)	12232.03 (0.00)	2397.98 (0.00)	18741.40 (0.00)
R ²	0.88	0.87	0.99	0.99	0.99	0.99
آزمون نرمال بودن JB Statistics (Prob.)	167.59 (0.00)	193.16 (0.00)	285.23 (0.00)	1480.63 (0.00)	296.38 (0.00)	144.00 (0.00)
آزمون واریانس ناهمسانی White Test Statistics (Prob.)	3.36 (0.01)	3.63 (0.01)	1.84 (0.11)	2.28 (0.01)	5.61 (0.00)	1.99 (0.03)
آزمون خودهمبستگی Lagrange multiplier test (Prob.)	0.31 (0.57)	1.97 (0.16)	0.07 (0.78)	0.00 (0.98)	0.00 (0.96)	0.19 (0.66)
آزمون خطای تصریح Ramsey Reset test (Prob.)	1771.45 (0.00)	250.19 (0.00)	0.001 (0.97)	0.03 (0.87)	10.47 (0.00)	0.13 (0.72)
معیار آکائیک Akaike information criterion	21.97 (6)	-0.34 (3)	-5.20 (1)	17.01 (4)	19.09 (5)	-1.31 (2)
معیار شوارتز Schwarz criterion	22.10 (6)	-0.23 (3)	-5.07 (1)	17.32 (4)	19.28 (5)	-1.11 (2)

بعد از برآورد فرم‌های مختلف توابع، انجام آزمون‌های نقض فروض اساسی رگرسیون کلاسیک جهت انتخاب تابع برتر ضروری است که در جدول (۵) ارائه شده است.

همان‌گونه که در جداول ۴ و ۵ ملاحظه می‌شود، اکثر ضرایب تابع کاب-داگلاس با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار هستند. بیشترین تعداد ضرایب معنی‌دار متعلق به تابع درجه دوم با ۱۳ ضریب و بیشترین درصد ضرایب معنی‌دار متعلق به تابع کاب-داگلاس با ۸۳/۳ درصد است. در فرم‌های برآوردی از نظر آماره R^2 تعدیل‌شده به غیر از دو تابع لگاریتمی-خطی و خطی-لگاریتمی، سایر توابع مشابه یکدیگر بوده و برتری قابل توجهی نسبت به یکدیگر ندارند و ۹۹ درصد از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل توضیح داده می‌شود. برای آزمون نرمال

بودن جملات اخلاص از آماره جاکو برا استفاده شد و با توجه به سطح معنی‌داری آماره جاکو برا، هیچ کدام از توابع برآوردی، شرط نرمال بودن را ندارند که البته در نمونه‌های بزرگ ($n > 100$) این مشکل قابل اغماض است (گجراتی، ۱۹۹۵). با توجه به آماره آزمون وایت جهت بررسی ناهمسانی واریانس، به غیر از تابع کاب-داگلاس، سایر توابع مشکل ناهمسانی واریانس دارند. برای تشخیص خودهمبستگی بین اجزای اخلاص در مدل، از آزمون LM استفاده شد که آماره آزمون نشان‌دهنده عدم مشکل خودهمبستگی بین اجزای اخلاص هست. همچنین، با توجه به آماره آزمون ریست رمزی، به غیر از سه تابع لگاریتمی-خطی، خطی-لگاریتمی و ترانسندنتال سایر توابع مشکل خطای تصریح ندارند؛ بنابراین از میان توابع مختلف برآوردی، تابع کاب-داگلاس شرط عدم وجود

کاب-داگلاس کمترین معیار را نیز دارا است که می‌تواند به‌عنوان فرم برتر برای بررسی عوامل مؤثر بر میزان برداشت آب چاه استفاده شود.

خودهمبستگی، واریانس همسان، عدم وجود خطای تصریح، عدم وجود مشکل هم‌خطی (ضرایب همبستگی بین متغیرها کمتر از ۰/۸ است). (جدول ۶) و از لحاظ معیار آکائیک و شوارتز (معیار سنجش نیکویی برازش) نیز تابع

جدول ۶ - ماتریس ضرایب همبستگی عوامل مؤثر بر میزان برداشت آب

متغیر	DE	A	HO	DA	E
DE	1	0.78	-0.13	-0.28	0.32
A	0.78	1	0.13	0	0.35
HO	-0.13	0.13	1	0.01	0.05
DA	-0.28	0	0.01	1	0.10
E	0.32	0.35	0.05	0.10	1

برداشت آب از چاه به میزان ۰/۰۳ درصد کاهش می‌دهد. همچنین الزام بهره‌برداران به کاهش یک‌درصدی ساعت استفاده از چاه در طول روز، میزان برداشت آب از چاه را معادل ۰/۹۵ درصد کاهش و کاهش یک‌درصدی تعداد روزهای استفاده از چاه در طول سال میزان برداشت آب از چاه را معادل ۰/۹۶ درصد کاهش می‌دهد. همچنین ارتباط میان هزینه برق مصرفی و میزان برداشت آب چاه نیز مثبت و معنی‌دار است، به‌طوری‌که یک درصد کاهش در هزینه برق مصرفی (ناشی از میزان برق مصرفی) باعث می‌شود میزان برداشت آب از چاه‌های نمونه معادل ۰/۰۰۴ درصد کاهش یابد. نتایج کلی پژوهش حاضر با نتایج مطالعات توانا و صبحی (۱۳۸۶)، صبحی و همکاران (۱۳۸۶)، رضایی و همکاران (۱۳۹۱)، مقامی‌مقیم و تقی‌پور (۱۳۹۸)، مقیمی و همکاران (۱۳۹۹)، ابورمان و همکاران (۲۰۲۴) و لامبرت و همکاران (۲۰۲۵) مطابقت دارد. البته عوامل مؤثر بر برداشت از منابع آب زیرزمینی با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، شرایط فرهنگی، وضع اقتصادی و معیشتی کشاورزان، الگوی کشت منطقه و زمان انجام پژوهش متفاوت است.

نتیجه‌گیری

استحصالی بی‌رویه منابع آب زیرزمینی یکی از چالش‌های مهم در دشت‌های کشور به شمار می‌رود. در حال حاضر با توجه به روند افزایشی کاهش سطح آب‌های

با توجه به نتایج تابع برتر (کاب-داگلاس)، تابع عوامل مؤثر بر میزان برداشت آب در چاه‌های نمونه استان گلستان به‌صورت رابطه (۴) است.

$$\text{Log}(W) = 1.57 + 0.97 \text{Log}(DE) + 0.03 \text{Log}(A) + 0.95 \text{Log}(HO) + 0.96 \text{Log}(DA) + 0.004 \text{Log}(E) \quad (4)$$

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، متغیرهای لگاریتم دبی چاه، لگاریتم اراضی تحت پوشش چاه‌ها، لگاریتم تعداد ساعت کارکرد در طول روز، لگاریتم تعداد روزهای کارکرد در سال و لگاریتم هزینه برق مصرفی تأثیر مثبت و معنی‌داری بر میزان برداشت آب از چاه دارند و متغیر لگاریتم عمق چاه به علت معنی‌دار نشدن از مدل حذف شده است. متغیر عمق چاه با توجه به اینکه اکثر کشاورزان برای افزایش یا کاهش میزان استحصال آب از چاه ساعات برداشت آب را کم یا زیاد می‌کنند، تأثیر معنی‌داری بر میزان استحصال آب از چاه ندارد و این متغیر در مطالعات توانا و صبحی (۱۳۸۶)، رضایی و همکاران (۱۳۹۱) و مقیمی و همکاران (۱۳۹۹) هم معنی‌دار نشده است. ضرایب در تابع کاب-داگلاس که همان کشش‌ها هستند نشان می‌دهند که با ثابت بودن سایر متغیرها، کاهش یک‌درصدی دبی چاه‌های کشاورزی در منطقه مورد مطالعه منجر به کاهش ۰/۹۷ درصد در میزان برداشت آب از چاه توسط بهره‌برداران و کشاورزان منطقه می‌گردد، این مقدار در مطالعه رضایی و همکاران (۱۳۹۱) ۱/۴۴ درصد است. با کاهش یک‌درصدی از اراضی تحت پوشش هر چاه،

زیرزمینی دشت گرگان و لزوم اجرای طرح تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی در استان گلستان، شناخت و بررسی اثر عوامل مؤثر بر میزان برداشت آب از آبخوان‌های استان می‌تواند کمک مؤثری به شناسایی سیاست‌های مناسب در راستای جلوگیری از برداشت بیش‌ازحد از آبخوان دشت گرگان و توقف روند افزایشی برداشت آب از منابع آب زیرزمینی کند. در این پژوهش، به منظور بررسی عوامل مؤثر بر میزان برداشت آب زیرزمینی در استان گلستان از فرم‌های مختلف توابع برای تخمین تابع میزان برداشت آب چاه در منطقه مورد مطالعه استفاده شد. نتایج مقایسه فرم‌های مختلف توابع که به وسیله آزمون‌های مختلف (ناهمسانی واریانس بر اساس آزمون وایت، نرمال بودن جملات اخلال بر اساس آماره جاکو برا، خطای تصریح بر اساس آزمون ریست رمزی، خودهمبستگی بر اساس آزمون LM و عدم وجود مشکل هم خطی با بررسی ماتریس همبستگی) انجام شد نشان داد که فرم تابع کاب-داگلاس فرم برتر است. نتایج تابع برتر کاب-داگلاس نشان داد که با کاهش میزان برق مصرفی، دبی چاه‌های کشاورزی (مجوز برداشت)، ساعت کارکرد در طول روز و تعداد روزهای کارکرد در طول سال، میزان استحصال آب توسط بهره‌برداران و کشاورزان استان گلستان کاهش می‌یابد. به دلیل پایین بودن هزینه برق مصرفی، ارتباط میان هزینه برق مصرفی و میزان برداشت آب چاه مثبت است و تا زمانی که سهم هزینه برق مصرفی از کل هزینه تولید افزایش نیابد، افزایش قیمت برق منجر به کاهش برداشت آب زیرزمینی نخواهد شد. بر اساس نتایج با کاهش مجوز برداشت آب، کشاورزان می‌توانند با تغییر الگوی کشت به سمت محصولات سوق یابند که نیاز آبی کمتر و بازده بالاتری دارد. همچنین در صورت سودآور نبودن تولید محصولات می‌توانند از طریق ایجاد بازار آب، با کاهش استحصال آب، فرصت استفاده کارای منابع آب زیرزمینی را برای کشاورزان دیگر یا بهره‌برداران

سایر بخش‌ها نظیر صنعت فراهم نمایند. با این راهکارها علاوه بر حفظ درآمد کشاورزان، برداشت آب زیرزمینی کاهش یافته و پایداری منابع آب نیز محقق می‌گردد؛ بنابراین سیاست‌گذاران حوزه منابع آب می‌توانند از ترکیبی از ابزارهای مختلف اقتصادی و فنی به منظور دستیابی به طرح تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی در آبخوان‌های استان استفاده کنند. با توجه به نتایج پیشنهاد می‌شود که دولت سیاست‌های حمایتی خود را در حوزه منابع آب زیرزمینی در استان گلستان تغییر داده و بخشی از یارانه انرژی برق را به صورت تدریجی حذف کند و این حمایت را با ایجاد تسهیلات کم بهره و مناسب جهت تجهیز کانال‌ها و سامانه‌های آبیاری متناسب با شرایط منطقه اعمال کند. همچنین دولت می‌تواند از طریق کاهش صدور پروانه بهره‌برداری حفر چاه، جلوگیری از حفر چاه‌های غیرمجاز و نصب کنتورهای هوشمند برای کنترل میزان حجم آب استحصالی چاه، از برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی جلوگیری کند. اجرای سیاست‌های دستوری کاهش یا کنترل میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی، نیاز شدید به سامانه‌های نظارتی قوی دارد و البته، نیازمند برخورد جدی با متخلفان نیز است. بر اساس سند راهبردی احیا و تعادل بخشی آب‌های زیرزمینی کشور، علاوه بر اقدامات کوتاه مدت نظیر تشکیل کارگروه احیا و تعادل بخشی، تعیین شاخص‌های نهایی و انتخاب دشت پایلوت، مهم‌ترین اقدامات میان مدت شامل پایداری حوضه آبریز و ایجاد و استقرار بازار محلی آب است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

فهرست منابع

۱. ارباب‌زایی مقدم، آتنا، کرامت‌زاده، علی، اشراقی، فرشید و شیرانی بیدآبادی، فرهاد. ۱۴۰۲. برآورد ارزش اقتصادی آب در تولید محصول چغندر قند در استان گلستان. نشریه چغندر قند، ۱(۳۹)، صص. ۱-۱۰۱.
DOI: 10.22092/jsb.2023.360462.1313.۱۱۴
۲. اسد فلسفی‌زاده، ندا، صبوحی‌صابونی، محمود و مسنن مظفری، مهدیه. ۱۳۹۳. تعیین سهم عوامل مؤثر بر اضافه برداشت منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: شهرستان مرو دشت). اقتصاد کشاورزی، ۳(۳)، صص. ۱۰۳-۱۱۶.
۳. باقری، مهرداد و بخشوده، محمد. ۱۳۸۹. هزینه‌های جانبی برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و تعیین عوامل مؤثر بر آن در شهرستان ممسنی. اقتصاد کشاورزی، ۴(۱)، صص. ۷۹-۹۹.
۴. پاکدل، مریم، قره‌محمودلو، مجتبی، جندقی، نادر، فتح‌آبادی، ابوالحسن و نیک‌قوجق، یعقوب. ۱۳۹۹. بررسی عوامل مؤثر بر تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت گرگان. هفتمین همایش علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی و منابع طبیعی/ایران. تهران.
۵. توانا، حمید و صبوحی، محمود. ۱۳۸۶. راهکارهای کاهش بهره‌برداری منابع آب زیرزمینی در کشاورزی. اولین همایش سازگاری با کم‌آبی، تهران.
۶. رضایی، محمد رضا، محمدی، حمید و کرمی، آیت‌الله. ۱۳۹۱. بررسی عوامل مؤثر بر بهره‌برداری از منابع آب و پایداری آن در شرایط جغرافیایی متفاوت در استان فارس. مجله محیط‌شناسی (مجموعه پژوهش‌های محیط-زیست)، ۴(۴)، صص. ۶۷-۷۸. DOI: 10.22059/jes.2013.29864
۷. ریاحی‌زمین، ریحانه و ترکمانی، جواد. ۱۴۰۲. تأثیر بهره‌برداری‌های بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی بر رفاه کشاورزان: مطالعه موردی گندم‌کاران شهرستان مرو دشت. پانزدهمین کنفرانس بین‌المللی علوم صنایع غذایی، کشاورزی/ارگانیک و امنیت غذایی، سازمان بین‌المللی مطالعات دانشگاهی، تهران.
۸. سیدان، سید محسن، کهنسال، محمد رضا. و قربانی، محمد. ۱۳۹۵. بررسی آثار رفاهی بهره‌برداران بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی در دشت همدان - بهار. مجله اقتصاد کشاورزی، ۱۰(۳)، صص. ۱۲۹-۱۵۳.
DOI: 10.22034/iaes.2016.21431
۹. سیدان، سید محمد و بهراملو، رضا. ۱۳۹۷. تأثیر اضافه برداشت آب از منابع آب زیرزمینی بر رفاه کشاورزان در دشت ملایر. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۲۲(۴)، صص. ۳۵۷-۳۷۰.
DOI: 10.29252/jstnar.22.4.357
۱۰. شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان. ۱۳۹۹. گزارش آماربرداری دور سوم.
۱۱. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گلستان. ۱۴۰۱. اداره آمار و اطلاعات، گزارش بررسی وضعیت منابع آب استان گلستان.
۱۲. شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گلستان. ۱۴۰۳. مطالعات پایه منابع آب، گروه تلفیق و بیلان، گزارشات بررسی وضعیت منابع آب استان گلستان.
۱۳. صبوحی، محمود، سلطانی، غلامرضا و زیبایی، منصور. ۱۳۸۶. بررسی اثر قیمت آب آبیاری بر منافع خصوصی و اجتماعی با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. نشریه علوم و صنایع کشاورزی، ۱(۲۱)، صص. ۵۳-
DOR: 20.1001.1.20086407.1388.1.1.4.9.۷۱

۱۴. کرامت‌زاده، علی، چیدری، امیرحسین و میرزایی، احمد. ۱۳۸۵. تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از مدل الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری: مطالعه موردی سد بارزو شیروان. *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۱۴(۵۴)، صص. ۳۵-۶۰. DOI: 10.30490/aead.2006.58914
۱۵. کرامت‌زاده، علی، قربانی نصرآبادی، خلیل، حسینی، سید مصطفی، ارباب‌زایی، آتنا و میرزایی، احمد. ۱۴۰۲. ارزش گذاری اقتصادی آب مصرفی در محصولات کشاورزی، بهینه‌یابی قیمت آب مصرفی و ارزیابی توجیه کشت با توجه به وضعیت بازدهی آن‌ها. طرح پژوهشی، وزارت امور اقتصاد و دارایی، اداره کل اقتصاد و دارایی، استان خراسان شمالی.
۱۶. مرزبان، حسین، صدرایی، احمد، زیبایی، منصور، ناظم‌السادات، سیدمحمدجعفر و کریمی، لیلا. ۱۳۹۸. بررسی وضعیت منابع و مصارف آب در ایران و راهکارهای بهبود وضعیت. آب و فاضلاب، ۳۰(۴)، صص. ۱۶-۳۲. DOI: 10.22093/wwj.2018.126649.2663
۱۷. مقامی مقیم، غلامرضا و تقی‌پور، علی‌اکبر. ۱۳۹۸. بررسی عوامل مؤثر در تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی دشت صفی‌آباد شهرستان اسفراین. *مجله علمی مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۸(۲۲)، صص. ۲۷-۴۲. DOI: 10.22052/deej.2018.7.22.11
۱۸. مقیمی، زهرا، کرباسی، علیرضا، محتشمی، تکتیم و علیزاده، امین. ۱۳۹۹. بررسی عوامل مؤثر بر اضافه برداشت کشاورزان از منابع آب زیرزمینی در دشت زاوه-تربت حیدریه. *نشریه پژوهش آب در کشاورزی*، ۳۴(۴)، صص. ۶۰۳-۶۱۴. DOI: 10.22092/jwra.2021.123502
۱۹. مرکز آمار ایران. ۱۴۰۳. سالنامه آماری کشور ۱۴۰۱.
۲۰. وزارت جهاد کشاورزی، آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۲-۱۴۰۱، جلد اول: محصولات زراعی.
۲۱. یزدی، مهدی و جبلی، منصور. ۱۳۹۲. بررسی اثرات برداشت بی‌رویه و مدیریت بهره‌برداری پایدار از منابع آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مطالعه موردی: حوزه آبریز یزد- اردکان). *اولین کنفرانس ملی هیدرولوژی مناطق نیمه‌خشک، سنندج، ایران*.
22. Abu Romman, Z., Al-Smadi, B. and Weshah, A. 2024. A statistical analysis of the effectiveness of groundwater-related policies in mitigating over-extraction in arid regions: Challenges and impacts. *Groundwater for Sustainable Development*, 26(1), pp. 7-15. DOI:10.1016/j.gsd.2024.101203
23. Griffin, R., Montgomery, J. and Edward Rister, M. 1987. Selecting functional form in production function analysis. *Western Journal of Agricultural Economics*, 12(2), pp. 216-227. DOI: 10.22004/ag.econ.32240
24. Gujarati, D. 1995. Basic econometrics. 3rd. United States Military Academy, West Point.
25. 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 of Geosciences*, Saudi Society for Geosciences.
26. Lambert, L, H., Yao, Y. and Levers, L, R. 2025. Optimal cropping patterns and intertemporal groundwater usage under extraction constraints in Oklahoma's panhandle. *Agricultural Water Management*, 313(1), pp.20-35. Doi: 10.1016/j.agwat.2025.109472
27. Lindgren, A. 1999. The value of water: A study of the Stamp Riet Aquifer in Namibia. Master Thesis, Umea University, Department of Economics.
28. Mitter, H. and Schmid, E. 2021. Informing groundwater policies in semi-arid agricultural production regions under stochastic climate scenario impacts. *Ecological Economics*, 180(1), pp. 34-52. Doi: 10.1016/j.ecolecon.2020.106908