Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Water and Soil Conservation

Print ISSN: 2322-2069
Online ISSN: 2322-2794

(OPEN ACCESS)

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

Seyed Mostafa Hosseini[1], Ali Keramatzadeh[*2], Farshid Eshraghi[3], Masoud Enayat[4]

1. M.Sc. Student of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: mostafa.hosseini_s00@gau.ac.ir
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Agricultural Economics, Faculty of Agricultural Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. E-mail: alikeramatzadeh@gau.ac.ir
3. Associate Prof., Dept. of Agricultural Economics, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: farshid.eshraghi@ut.ac.ir
4. Ph.D. in Geology, Expert of the Regional Water Company of Golestan, Gorgan, Iran. E-mail: enayat@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 04.21.2025
Revised: 05.24.2025
Accepted: 06.08.2025

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

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.

Cite this article: Hosseini, Seyed Mostafa, Keramatzadeh, Ali, Eshraghi, Farshid, Enayat, Masoud. 2026. Evaluating the Welfare Effects of Groundwater Level Decline on Paddy Farmers in Golestan Province. *Journal of Water and Soil Conservation*, 32 (4), 129-152.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/jwsc.2025.23556.3800
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۶۹
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۹٤

بررسی اثرات رفاهی کاهش سطح آب‌زیرزمینی بر شالی‌کاران استان گلستان

سید مصطفی حسینی[۱]، علی کرامت‌زاده[۲*]، فرشید اشراقی[۳]، مسعود عنایت[٤]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده مدیریت کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mostafa.hosseini_s00@gau.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مدیریت کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: alikeramatzadeh@gau.ac.ir

۳. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: farshid.eshraghi@ut.ac.ir

٤. دکتری زمین‌شناسی، کارشناس شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گلستان، گرگان، ایران. رایانامه: enayat@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰٤/۰۲/۰۱
تاریخ ویرایش: ۱٤۰٤/۰۳/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱٤۰٤/۰۳/۱۸

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

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 بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی را در پی داشته است. آمار نشان می‌دهد که حدود ٤٦٪ از تولیدات محصولات زراعی جهان از اراضی آبی به دست می‌آید ولی در ایران در سال زراعی ۱٤۰۲-۱٤۰۱ از حدود ۸۳ میلیون تن انواع محصولات زراعی برداشت شده، ۷۵ میلیون تن (۹۰/۱٦٪) متعلق به اراضی آبی است. منابع آب زیرزمینی یکی از مهم‌ترین منابع تـأمین آب در نواحی که با کمبود آب سطحی مواجه است، می‌باشد. 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. برداشت بیش از اندازه از آب زیرزمینی در بخش کشاورزی و کاهش سطح آبخوان‌ها در سال‌های اخیر در اکثر آبخوان‌های کشور به ویژه استان گلستان، یکی از چالش‌های پیش‌روی مدیران و سیاست‌گذاران می‌باشد. از آن‌جایی‌که اقتصاد استان گلستان متکی بر بخش کشاورزی است و نهاده آب نیز به عنوان نهاده اصلی در تولید محصولات کشاورزی جایگاه ویژه‌ای در توسعه پایدار بخش کشاورزی دارد، بنابراین کاهش سطح منابع آب زیرزمینی علاوه‌بر پیامدهای محیط زیستی باعث کاهش رفاه کشاورزان در استان گلستان می‌گردد. در استان گلستان حدود ۸٦٪ 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 شالی‌کاران استان گلستان پرداخته شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه جهت بررسی اثرات رفاهی کاهش سطح آب زیرزمینی بر شالی‌کاران 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، فرم‌های مختلف تابعی (تابع لگاریتمی- خطی، خطی- لگاریتمی، تابع کاب- داگلاس، تابع ترانسندنتال، تابع ترانسلوگ و تابع درجه دوم) تخمین زده شد. مناسب‌ترین شکل تابع نیز از طریق آزمون‌های اقتصاد سنجی انتخاب گردید. در این مطالعه اطلاعات هزینه تولید محصول برنج (شلتوک) (۱٦۸ شالی‌کار) و اطلاعات چاه‌های آب کشاورزی (۱۳۱ چاه عمیق با کشت غالب شلتوک) در سال زراعی ۱٤۰۲-۱٤۰۱ 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 استان از طریق گزارش‌های سازمان جهاد کشاورزی و اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای استان گلستان جمع‌آوری شد. جامعه‌آماری پرسشنامه هزینه تولید برنج، کل شالی‌کاران استان گلستان و جامعه‌آماری پرسشنامه چاه‌های آب، کل چاه‌های عمیق (با نظر به این‌که در استان گلستان چاه‌های عمیق سهم عمده برداشت (حدود ٦۰٪) 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 به‌عنوان تابع برتر هزینه استحصال آب چاه انتخاب گردید. بر اساس 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. 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 به‌ازای کاهش یک متر سطح آب زیرزمینی، رفاه شالی‌کاران معادل ٤۲۰ میلیون ریال کاهش می‌یابد. با توجه به این‌که، سطح و حجم آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق استان گلستان به‌طور میانگین در سال ۱٤۰۲ نسبت به سال ۱٤۰۱ به ترتیب، ۲/۷۱ متر و ۳۱ میلیون مترمکعب کاهش داشته است و به‌ازای هر متر کاهش سطح آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق استان گلستان معادل ۱۱/٤٦ میلیون مترمکعب حجم آب زیرزمینی کاهش می‌یابد، میزان کاهش حجم آب هر چاه عمیق به‌ازای یک متر کاهش سطح آب زیرزمینی معادل ۳۷۷۳ مترمکعب و مقدار کاهش رفاه به‌ازای هر مترمکعب ۱۱۱۳۱٦ ریال می‌باشد. براساس میانگین مصرف آب برنج (۸۳٦۹ مترمکعب در هر هکتار)، متوسط مقدار کاهش رفاه به‌ازای هر هکتار معادل ۹۳۱/٦۱ 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 باید 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 حقابه 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.

استناد: حسینی، سید مصطفی، کرامت‌زاده، علی، اشراقی، فرشید، عنایت، مسعود (۱۴۰۴). بررسی اثرات رفاهی کاهش سطح آب‌زیرزمینی بر شالی‌کاران استان گلستان. *پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۳۲ (۴)، ۱۵۲-۱۲۹.
DOI: 10.22069/jwsc.2025.23556.3800

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

آب از ارزشمندترین منابع طبیعی مشترک است که به‌عنوان 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 به‌طور مستقیم و غیرمستقیم نهاده 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 ٤٦٪ از تولیدات محصولات زراعی جهان از اراضی آبی به دست می‌آید (٤) ولی در ایران در سال زراعی ۱٤۰۲-۱٤۰۱ از حدود ۸۳ میلیون تن انواع محصولات زراعی برداشت شده، ۷۵ میلیون تن (۹۰/۱٦٪) 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 (٦). ایران از جمله کشورهایی است که به‌دلیل کمبود منابع آب سطحی، حدود ٤۸ میلیارد مترمکعب (٥٤/۷٪) آب مصرفی در کشاورزی را از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌نماید (۷). برداشت بی‌رویه، خشک‌سالی‌های متوالی، حفر چاه‌های غیرمجاز و نبود قوانین بازدارنده، منابع آب‌زیرزمینی 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 ۱٤۰۱، حدود ٦۷٪ دشت‌های کشور (٤۱۰ دشت از ٦۰۹ دشت) با افت شدید و نگران‌کننده سطح آب مواجه‌اند، حدود ٤٥٪ دشت‌های کشور (۲۷٥ دشت از ٦۰۹ دشت) ازنظر برداشت آب ممنوعه، حدود ۲۲٪ دشت‌های کشور (۱۳٥ دشت از ٦۰۹ دشت) ازنظر برداشت آب ممنوعه بحرانی اعلام شده است. براساس این آمار دشت گرگان در استان گلستان، از دشت‌های ممنوعه 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، به‌طوری‌که در این دهه عمق آب حدود ۱۲ متر کاهش داشته است؛ اما در سال‌های (۹۲-۱۳۸۲) سطح آب مجدداً بالا آمده است، اما به‌طورکلی سطح آب در دشت گرگان افت داشته است. سطح و حجم آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق استان گلستان به‌طور میانگین در سال ۱٤۰۲ نسبت به سال ۱٤۰۱ به ترتیب، ۲/۷۱ متر و ۳۱ میلیون مترمکعب کاهش داشته است. بیش‌ترین کاهش سطح و حجم آب زیرزمینی در ماه‌های سال ۱٤۰۲ نسبت به ماه مشابه سال گذشته مربوط به خردادماه معادل ٤/۲ متر و ٤۸/٤ میلیون مترمکعب می‌باشد (۹). استان گلستان یکی از استان‌های در معرض خشک‌سالی است و طی سالیان اخیر برداشت بیش‌ازاندازه از آب‌زیرزمینی موجب کاهش شدید سطح ایستابی و افت کیفیت آب‌زیرزمینی 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 به‌نوبه خود منجر به کاهش دسترسی به آب و کاهش تولیدات کشاورزان می‌شود. ازآن‌جایی‌که اقتصاد روستا بر پایه کشاورزی است و کشاورزی نیز وابسته به آب است، کاهش سطح آب‌های زیرزمینی رفاه کشاورزان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. کاهش رفاه کشاورزان نیز معضلات اجتماعی مانند 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 ۱۸/۳٦٪ (۱٤۲٥٥ میلیارد ریال) سهم ارزش افزوده استان را بعد از بخش خدمات (٥۲۸۲۰ میلیارد ریال، حدود ٦۷٪) در اختیار دارد (۱۲). با توجه به اهمیت موضوع رفاه کشاورزان و سهم ۱٦ درصدی شلتوک (بیش‌ترین سطح زیرکشت بعد از گندم) از سطح زیرکشت اراضی آبی استان و استفاده حدود ۸٥/٥ درصدی منابع آب‌زیرزمینی برای کشت برنج (شلتوک) در استان، در این مطالعه به بررسی اثرات رفاهی کاهش سطح آب‌زیرزمینی بر کشاورزان شالی‌کار در استان گلستان پرداخته شد.

با توجه به اهمیت منابع آب‌زیرزمینی در بخش کشاورزی، مطالعاتی درزمینه‌ی بررسی اثرات اقتصادی کاهش سطح آب‌زیرزمینی 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 به‌ازای هر هکتار گندم و سبزی به‌ترتیب ٦۱۸/۲ و ٤۰/٤ دلار و به‌ازای هر کشاورز سبزی‌کار ٥/۳۲ دلار و برای کشاورزانی که گندم و سبزی کشت می‌کنند ۳۳۰/۷ دلار می‌باشد (۱۳). بوسورث و همکاران (۲۰۰۲) با استفاده از تخمین تابع هزینه تأمین آب، قیمت هر مترمکعب آب را در سال‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۹ به ترتیب معادل ۰/۰۰٤۲ و ۰/۰۲۱ دلار برآورد کردند. بر اساس نتایج این مطالعه قیمت آب در این کشور حدود ٥۰٪ هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری (O&M[1]) برآورد گردیده و نتیجه گرفتند که با افزایش قیمت آب در این منطقه، بهره‌وری آب افزایش می‌یابد (۱٤). تهامی‌پور و همکاران (۲۰۰٥) از طریق تخمین تابع تولید به بررسی تأثیر تغییر در سطح آب زیرزمینی بر سطح رفاه اجتماعی تولیدکنندگان پسته شهرستان زرند پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که با کاهش هر متر از سطح آب زیرزمینی، سود اجتماعی بهره‌برداران ٤۳۰۰۱۲ ریال کاهش می‌یابد (۱٥). 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 به‌طور 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 ۱۲٤۹۸٤۰ ریال برای هر متر به‌دست آوردند (۱٦). 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 عمیق‌کردن

1- Operation & Maintenance

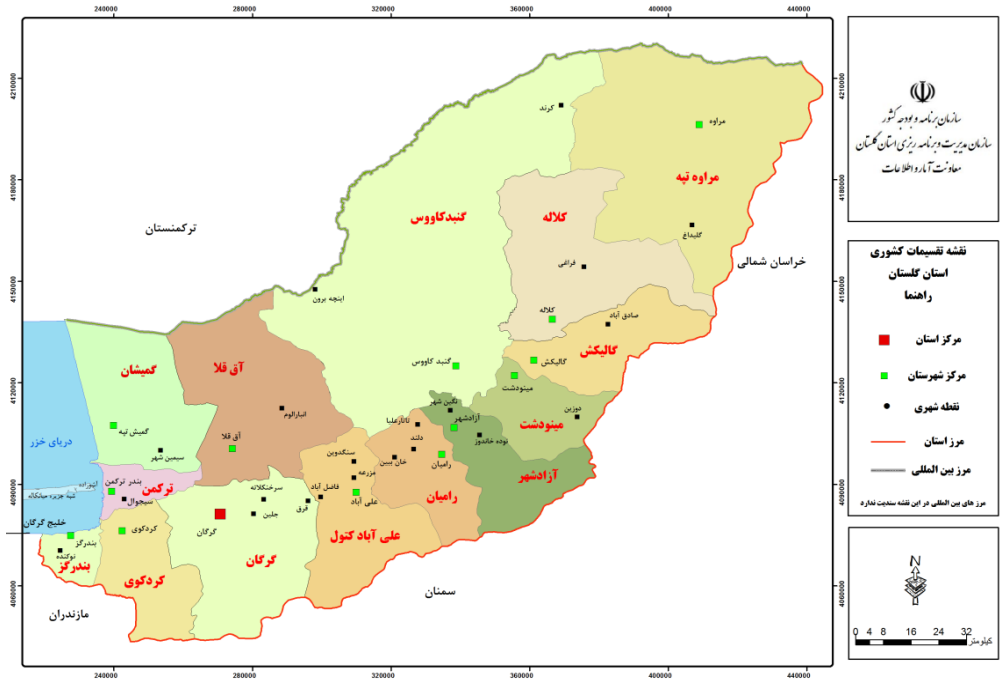
چاه، آثار زیست‌محیطی و اقتصادی- اجتماعی را به‌دنبال دارد (۱۷). سیدان و همکاران (۲۰۱٦) اثرات رفاهی برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی را با برآورد تابع رفاه اجتماعی در دشت همدان- بهار بررسی نمودند. نتایج نشان داد، مقدار کاهش رفاه سالیانه به ازای هر متر کاهش عمق آب زیرزمینی برای هر بهره‌بردار در کشت گندم و سیب‌زمینی به‌ترتیب برابر با ۱۸۷٥٤۳۰۰ و ۳٥٦۷۲۸۰۰ ریال و زیان ناشی از کاهش آب زیرزمینی در کل محدوده مورد بررسی معادل ٥۲ میلیارد ریال می‌باشد (۱۸). بنی‌اسدی و همکاران (۲۰۱٦) کاهش رفاه اجتماعی ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی را برای گندم‌کاران دشت ارزوئیه کرمان از طریق تخمین تابع تولید درجه دوم تعمیم‌یافته گندم و تابع هزینه خطی بررسی نمودند. نتایج نشان داد، به‌ازای هر متر کاهش سطح آب زیرزمینی، رفاه کشاورزان حدود ۱۲٥ میلیون ریال کاهش می‌یابد و هم‌چنین میزان کاهش رفاه به ازای هر مترمکعب آب برابر با ۲۰۹/۷ ریال می‌باشد (۱۱). 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 (۹/۱٤ متر) از عمق متوسط فعلی چاه کاهش یابد، میانگین هزینه تولید یک کیلوگرم پیاز بین ۱/٦۷ تا ۷/٤۳ 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 ٦۹۸۳ و ۷٦۳٤ هزار ریال برآورد گردید (۳). میتر و اشمید (۲۰۲۱) با استفاده از چارچوب مدل‌سازی یکپارچه به بررسی سیاست‌های منابع آب زیرزمینی در بخش کشاورزی تحت‌تأثیرات سناریوی اقلیمی در اتریش پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که 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 ٦/٤ میلیون مترمکعب در مناطق مرطوب می‌شود. به تبع آن سود خالص منطقه‌ای برای تولید محصولات کشاورزی به‌طور متوسط ۳/٤ میلیون یورو در مناطق خشک و ۱/٦ 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 بهره‌برداری‌های بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی بر رفاه کشاورزان گندم‌کار شهرستان مرودشت پرداختند. نتایج نشان داد که به‌علت برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، کاهش رفاه هر کشاورز برای چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق به ترتیب ۱۸۲۷۸۰ و ۲۹٤۹۱۰ 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، بنابراین 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

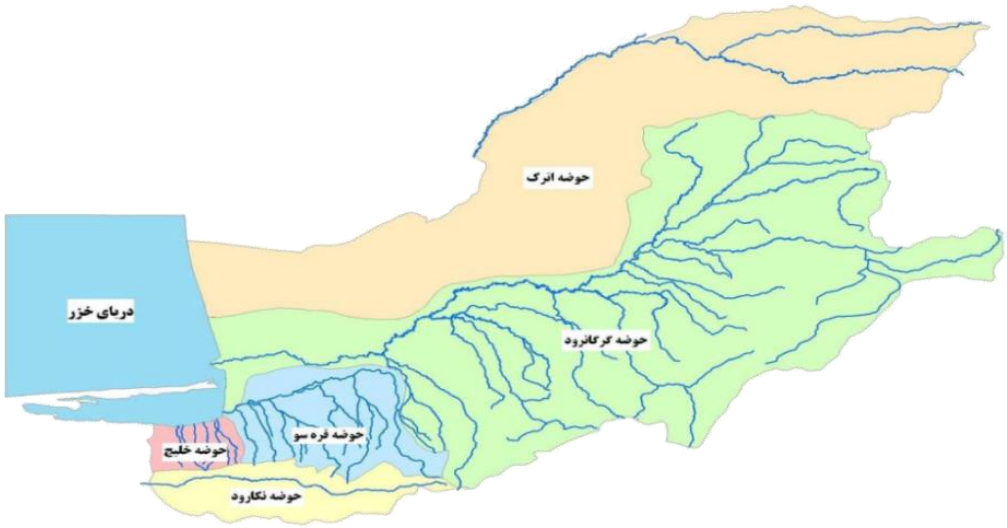
منطقه مورد مطالعه در این پژوهش استان گلستان واقع در شمال کشور است که از شمال به جمهوری ترکمنستان، از شرق با استان خراسان شمالی، از جنوب با استان سمنان و از غرب با استان مازندران و دریای خزر محدود می‌شود. استان گلستان دارای ١٤ شهرستان به نام‌های آزادشهر، آق‌قلا، گرگان، گنبد، بندرترکمن، گمیشان، رامیان، کردکوی، بندرگز، گالیکش، علی‌آباد کتول، کلاله، مراوه‌تپه و مینودشت و ٢٧ بخش، ٣٥ شهر، ٦٠ دهستان و ١٠٤٠ آبادی است (شکل ١) (٢٢).



شکل ١- نقشه تقسیمات کشوری استان گلستان.

Figure 1. Map of the country divisions of Golestan Province.

استان گلستان مطابق شکل ٢ دارای ٥ حوضه آبخیز شامل حوضه‌های آبخیز اترک سفلی، گرگانرود، قره‌سو، شرق خلیج گرگان و نکارود علیا است. از لحاظ وسعت، حوضه گرگانرود ٥٠٪، اترک ٣٦٪، قره‌سو ٨٪، نکارود ٥٪ و خلیج گرگان ٢٪ مساحت استان را شامل می‌شوند و از لحاظ پتانسیل تأمین منابع آب نیز حوضه گرگانرود ٧٤٪، اترک ١٢٪، قره‌سو ١١٪، خلیج گرگان ٣٪ و نکارود ١٪ منابع آب استان را تأمین می‌کنند (٢٣).



شکل ۲- نقشه حوضه‌های آبخیز استان گلستان.

Figure 2. Map of watersheds of Golestan Province.

منابع آبی استان در سال ۱٤۰۰ 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 به‌طور متوسط و در سال‌های نرمال، ٤۹/۷٪ آن یعنی ۱۲۳۵ میلیون مترمکعب منابع آب سطحی و ۵۰/۳٪ آن یعنی ۱۲۵۰ میلیون مترمکعب منابع آب زیرزمینی می‌باشد. براساس نتایج آماربرداری سراسری منابع و مصارف آب سطحی و زیرزمینی استان گلستان در سال آبی ۱٤۰۰-۱۳۹۹ در کل استان گلستان در مجموع تعداد ٤٦۲٦۹ منابع آبی زیرزمینی وجود دارد که شامل ۳۹۷۵٦ حلقه چاه (۸۵/۹٪)، ٦۱٦۱ دهنه چشمه (۱۳/۳٪) و ۳۵٤ رشته قنات (۰/۸٪) می‌باشد. هم‌چنین در کل استان در مجموع (شرب، صنعت و کشاورزی) به‌میزان 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 ۱۰۱٦ میلیون مترمکعب (۸٤٪) 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 iام (برنج) تابعی از نهاده 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 به‌صورت رابطه ۱ می‌باشد (۱۳).

$$y_i = f\left(x_{ij}, W_i(R)\right) \qquad j = 1, \dots, n \tag{۱}$$

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 به‌صورت رابطه ۲ می‌باشد (۱۳).

$$C_i = C_{x_j} X_j + C_w(R)\, W_i \qquad j = 1, \dots, n \tag{۲}$$

در این رابطه، C_i کل هزینه تولید محصول i ام (برنج)، C_{x_j} یک بردار اکیداً 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) به‌صورت رابطه ۳ می‌باشد که P_i قیمت به‌ازای y_i است (۱۵).

$$P = P_i\,(y_i) \tag{۳}$$

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 به‌صورت رابطه ٤ می‌باشد (۱۳).

$$S_i = \int_0^{y_i} P_i(y_i)dy - C_{x_j} X_j - C_w(R)\, W_i \quad j = 1, \dots, n \tag{٤}$$

رابطه ٤ 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).

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

با مشتق‌گیری از رابطه ۵ نسبت به نهاده 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).

$$\frac{\partial S_i}{\partial x_{ij}} = P_i(y_i)\frac{\partial y_i}{\partial x_{ij}} - C_{x_j} = 0 \tag{٦}$$

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

این مقادیر بهینه مقادیری است که در ازای آن‌ها رفاه اجتماعی حداکثر می‌شود و رابطه‌های ٦ 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 (غیراز 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).

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

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

$$y_i^{*} = y_i^{*}\left(X_i^{*}, \dots, w_i^{*}(R)\right) \quad (۱۰)$$

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

با فرض ثابت نگه داشتن سایر نهاده‌های تولید در سطح بهینه و ثابت بودن قیمت‌های نهاده وستانده (به‌جز نهاده آب)، با استفاده از نظریه پوش[1] می‌توان اثر تغییر در سطح‌آب‌های 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 هزینه استخراج منابع آب زیرزمینی برآورد می‌گردد. تغییرات نهایی در سطح سفره‌های آب زیرزمینی نیز هزینه‌های کل پمپاژ آب $(\partial \mathrm{C_w}/\partial \mathrm{R})$ را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین اثر تغییر در نهاده آب به واسطه تغییر در سطح آب‌های زیرزمینی به هر دو صورت مستقیم $(\partial \mathrm{W_i}/\partial \mathrm{R})$ و غیرمستقیم، از طریق اثر نهایی تغییر در هزینه‌های پمپاژ روی نهاده آب و اثر نهایی تغییر در سطح آب زیرزمینی روی هزینه استحصال $((\partial \mathrm{W_i}/\partial \mathrm{C_w})(\partial \mathrm{C_w}/\partial \mathrm{R}))$ محاسبه می‌شود (۱۳).

برای محاسبه اثر نهایی تغییر در هزینه‌های پمپاژ روی نهاده آب $(\partial \mathrm{W_i}/\partial \mathrm{C_w})$ می‌توان از کشش قیمتی تقاضای نهاده آب استفاده نمود (۱۵).

$$E_{Dx_w} = \frac{\partial W_i}{\partial C_w} * \frac{\overline{C_w}}{\overline{Wi}} \quad (۱۳)$$

$$E_{DX_w} = \frac{\partial X_w}{\partial r_6} * \frac{r_6}{X_w} = \frac{-\beta_6 P_Y Y}{r_6 X_w} \quad (۱٤)$$

که در آن، $\mathrm{C_w}$ 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 ۱٤ محاسبه گردید.

در رابطه ۱٤ r_6 قیمت نهاده آب، P_Y قیمت محصول، Y میزان متوسط تولید محصول (عملکرد) و X_w میزان آب مصرفی در تولید محصول (مترمکعب در هکتار) می‌باشد. با جایگزین کردن مقادیر عددی اثرات مستقیم و غیرمستقیم میزان تغییر رفاه محاسبه می‌گردد.

1- Envelope theorem

در این مطالعه اطلاعات هزینه تولید محصول برنج و چاه‌های آب کشاورزی استان گلستان در سال زراعی ١٤٠٢-١٤٠١ 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.

جامعه‌آماری پرسشنامه هزینه تولید برنج، کل شالی‌کاران استان گلستان و جامعه‌آماری پرسشنامه چاه‌های آب، کل چاه‌های عمیق (با نظر به این‌که در استان گلستان چاه‌های عمیق سهم عمده برداشت (حدود ٦٠٪) 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[1] استفاده شد. شاخص دومارتون شاخصی برای مشخص نمودن اقلیم یک منطقه براساس درجه حرارت و بارندگی سالانه است که مطابق رابطه ۱۵ تعیین می‌شود.

$$I_{DM} = \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{T}+10} \qquad (۱۵)$$

در رابطه فوق، P میانگین بارندگی سالانه برحسب میلی‌متر، T میانگین درجه حرارت سالانه هوا برحسب درجه سانتی‌گراد است (٢٤). برای تعیین حجم نمونه در روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌ای از رابطه ١٦ استفاده و تعداد ۱۳۱ پرسشنامه چاه آب کشاورزی و ١٦٨ پرسشنامه هزینه تولید محصول برنج تکمیل گردید.

$$n = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_i^2 \sigma_i^2 / W_i}{N^2 D + \sum_{i=1}^{n} N_i^2 \sigma_i^2} \qquad D = \frac{B^2}{4} \qquad (١٦)$$

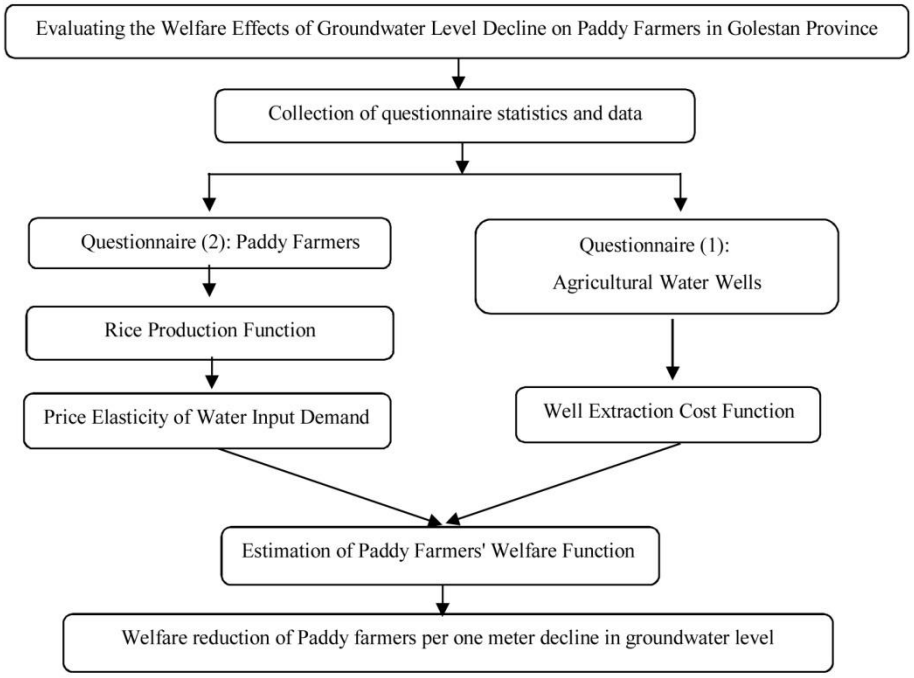
در این رابطه، n حجم نمونه، N_i حجم کل جامعه iام، σ_i واریانس طبقه iام، W_i وزن طبقه iام D دامنه تغییرات و B مقدار خطای برآورد (معادل ۷/۵٪) می‌باشد.

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

$$W = D * H * DE * 3.6 \qquad (۱۷)$$

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.

1- De Martonne



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 ٦ 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 ١٦٨ 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 به‌طور متوسط سنی معادل ٤٩ سال دارند که نشان می‌دهد اکثر بهره‌برداران میان سال هستند. تجربه بهره‌برداران از ۵ تا ٤٥ سال متفاوت است و این افراد به‌طور متوسط تجربه‌ای معادل ۲۳ سال دارند که نشان‌دهنده با تجربه بودن کشاورزان شالی‌کار منطقه است. تحصیلات کشاورزان به‌طور 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 نشان دهنده کشت بالای این محصول در شهرستان‌ها و روستاهای واقع در استان گلستان می‌باشد.

جدول 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	تحصیلات (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 اقتصاد سنجی 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.

متغیر Variable	کاب- داگلاس Cobb-Douglas
عرض از مبدا (C)	-0.127
لگاریتم بذر Seed (S)	NS
لگاریتم نیروی کار Labor (L)	-0.058*
لگاریتم کود نیتروژن (اوره) Nitrogen fertilizer (N)	0.37***
لگاریتم کود فسفاته Phosphate fertilizer (Ph)	NS
لگاریتم کود پتاسه Potash fertilizer (K)	NS
لگاریتم علف‌کش Herbicide (H)	-0.06***
لگاریتم حشره‌کش Pesticide (P)	0.058**
لگاریتم قارچ‌کش Fungicide (F)	-0.157***
لگاریتم میزان آب مصرفی Water (W)	0.731***
لگاریتم ماشین‌آلات Machinery (M)	0.127***
تعداد کل ضرایب The total number of coefficients	10
تعداد ضرایب معنی‌دار Number of significant coefficients	7
درصد ضرایب معنی‌دار percentage of significant coefficients	70
F statistic (Prob.)	672.68 (0.000)
R^2	0.99
آزمون نرمال بودن JB Statistics (Prob.)	3.76 (0.15)
آزمون واریانس ناهمسانی White Test Statistics (Prob.)	0.75 (0.63)
آماره دوربین واتسون Durbin-Watson stat	2.25
آزمون خطای تصریح Ramsey Reset test (Prob.)	2.28 (0.13)
معیار آکائیک و شوارتز Akaike information criterion	0.071

علائم *** 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[1]، عدم خود همبستگی[2] بین اجزای اخلال در مدل را نشان می‌دهد. مقدار آماره آزمون وایت جهت بررسی ناهمسانی واریانس معنی‌دار نبوده و فرض صفر رد نمی‌شود، بنابراین تابع دارای واریانس همسان می‌باشد. برای آزمون نرمال بودن جملات اخلال از آماره جارک برا[3] استفاده شده است. با توجه به سطح معنی‌داری این آماره، تابع کاب- داگلاس شرط نرمال بودن را دارد. مقدار آماره آزمون ریست رمزی نشان‌دهنده 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 متغیرها در تابع کاب داگلاس کوچک‌تر از ۱۰ بوده که بیانگر عدم وجود مشکل همخطی در تابع کاب- داگلاس است، بنابراین تابع تولید کاب- داگلاس به عنوان تابع تولید برتر محصول برنج انتخاب گردید.

نتایج برآورد تابع هزینه استحصال آب چاه در جدول ٤ ارائه شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌گردد اکثر ضرایب تابع درجه دوم هزینه استحصال

1- Durbin-Watson stat
2- Autocorrelation
3- Jarque-Bera (JB)

آب چاه در سطح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪ معنی‌دار هستند. متغیرهای دبی چاه، هزینه سوخت، مجذور میزان آب استحصالی، مجذور عمق چاه، مجذور دبی چاه و اثر متقابل میزان آب استحصالی در عمق چاه تأثیر مثبت ولی متغیرهای میزان آب استحصالی، عمق چاه، اثر متقابل آب استحصالی در دبی چاه، اثر متقابل عمق چاه در دبی چاه و اثر متقابل عمق چاه در هزینه سوخت تأثیر منفی بر هزینه استحصال آب دارند. متغیرهای مجذور هزینه سوخت، اثر متقابل آب استحصالی در هزینه سوخت و اثر متقابل دبی در هزینه سوخت به‌علت 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 نرمال بودن اجزای اخلال، واریانس همسان، عدم وجود خطای تصریح و عدم وجود مشکل هم‌خطی (ضرایب همبستگی بین متغیرها کم‌تر ۰/۸ می‌باشد.) را نیز دارا است که می‌تواند به عنوان فرم برتر جهت تخمین تابع هزینه استحصال آب استفاده گردد.

جدول ٤- 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 Variable	درجه دوم 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 W و De	-132.8***
اثر متقابل W و F	NS
اثر متقابل R و De	-37604.8***
اثر متقابل R و F	-0.0116**
اثر متقابل De و F	NS
تعداد کل ضرایب The total number of coefficients	14
تعداد ضرایب معنی‌دار Number of significant coefficients	11
درصد ضرایب معنی‌دار percentage of significant coefficients	78.5
F statistic (Prob.)	34.75 (0.000)
R^2	0.76
آزمون نرمال بودن JB Statistics (Prob.)	0.96 (0.61)
آزمون واریانس ناهمسانی White Test Statistics (Prob.)	1.59 (0.108)
آماره دوربین واتسون Durbin-Watson stat	1.95
آزمون خطای تصریح Ramsey Reset test (Prob.)	1.55 (0.157)

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

ماخذ: یافته‌های 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 ١٤ می‌توان مقدار عبارت $\frac{\partial W_i}{\partial C_w}$ را محاسبه کرد. این مقدار برای محصول برنج (شلتوک) معادل ۰/۰۰۱۰۷- است. این عدد نشان می‌دهد که با افزایش یک واحد هزینه پمپاژ آب، میزان استفاده از آب در محصول برنج (شلتوک) معادل ۰/۰۰۱۰۷ مترمکعب در هکتار کاهش می‌یابد. تغییر در توانایی دسترسی به آب در اثر کاهش سطح‌آب‌های زیرزمینی (افزایش عمق چاه) به دو صورت مستقیم، تغییر در توانایی فیزیکی دسترسی به آب ($\frac{\partial W_i}{\partial R}$) و به‌صورت غیرمستقیم از راه اثر نهایی تغییر در هزینه پمپاژ نهاده آب ($\frac{\partial W_i}{\partial C_w}.\frac{\partial C_w}{\partial R}$) 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 فرورفته در چاه، در طول یک فصل رشد غیرمحتمل است (٢٦).

جدول ۵- پارامترهای رابطه اثر تغییر در سطح‌آب‌های 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).

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

مأخذ: یافته‌های تحقیق

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

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

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

جدول ٦- 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 (مترمکعب) 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 مترمکعب آب (ریال) Welfare loss per cubic meter of water (Rials)
931.61	مقدار کاهش رفاه به ازای هر شالی‌کار در یک هکتار در منطقه مورد مطالعه (میلیون ریال) Welfare loss per Paddy farmer per hectare in the study area (million Rials)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج جدول ٦، به ازای کاهش یک متر سطح آب زیرزمینی، رفاه شالی‌کاران معادل ٤٢٠ میلیون ریال کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه، سطح و حجم آب زیرزمینی در آبخوان‌های عمیق استان گلستان به طور میانگین در سال ١٤٠٢ نسبت به سال ١٤٠١ 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 ١١/٤٦ 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 ١١١٣١٦ ریال می‌باشد. براساس میانگین مصرف آب شالی‌کاران ٨٣٦٩ مترمکعب در هر هکتار، متوسط مقدار کاهش رفاه به ازای هر شالی‌کار در یک هکتار معادل ۹۳۱/٦١ میلیون ریال است، یعنی با کاهش یک متر سطح آب زیرزمینی معادل ۹۳۱/٦١ میلیون ریال به ازای هر هکتار رفاه شالی‌کاران کاهش می‌یابد یا هر هکتار اضافه کشت محصول برنج (شلتوک) منجر به کاهش رفاه هر شالی‌کار به میزان ۹۳۱/٦١ 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 آب‌زیرزمینی در استان گلستان بر رفاه کشاورزان شالی‌کار محاسبه گردید. نتایج نشان داد، با افزایش عمق چاه، هزینه استحصال آب افزایش می‌یابد به‌طوری‌که به ازای هر متر افزایش عمق چاه (کاهش سطح ایستابی آب) هزینه استحصال آب معادل ٤/٠٢ میلیون ریال به ازای هر چاه افزایش می‌یابد از طرف دیگر به ازای کاهش یک متر سطح آب‌زیرزمینی (برای هر یک از چاه‌های نمونه) رفاه شالی‌کاران معادل ٤٢٠ میلیون ریال کاهش می‌یابد. بنابراین کاهش سطح آب‌زیرزمینی باعث کاهش رفاه شالی‌کاران در استان گلستان می‌شود. نتیجه این پژوهش با نتایج مطالعات داخلی، تهامی‌پور و همکاران (٢٠٠٥) (١٥)، تقی‌زاده و سلطانی (٢٠١٣) (١٦)، سیدان و همکاران (٢٠١٦) (١٨)، بنی‌اسدی و همکاران (٢٠١٦) (١١)، سیدان و بهراملو (٢٠١٨) (٣) و ریاحی‌زمین و ترکمانی (٢٠٢٣) (٢١) و مطالعات خارجی، آچاریا و باربیر (٢٠٠٠) (١٣)، ایزرار و همکاران (٢٠١٣) (١٧) و آتوکورالا و همکاران (٢٠١٧) (١٩) مطابقت دارد و نتایج این مطالعات نشان‌دهنده کاهش رفاه کشاورزان بر اثر کاهش سطح آب زیرزمینی می‌باشد. تفاوت در ارزش ریالی کاهش رفاه به‌ازای کاهش هر متر سطح آب زیرزمینی ناشی از سال مطالعه، نرخ تورم، منطقه مورد مطالعه، اقلیم و محصول موردنظر می‌باشد. مقدار کاهش رفاه به ازای هر مترمکعب ١١١٣١٦ ریال و متوسط مقدار کاهش رفاه به ازای هر شالی‌کار در یک هکتار معادل ٩٣١/٦١ میلیون ریال می‌باشد یعنی با کاهش یک متر سطح آب زیرزمینی معادل ٩٣١/٦١ میلیون ریال به ازای هر هکتار رفاه شالی‌کاران کاهش می‌یابد یا هر هکتار اضافه کشت محصول برنج (شلتوک) منجر به کاهش رفاه هر شالی‌کار به میزان ٩٣١/٦١ 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 باید 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 حقابه 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 پژوهش 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 پژوهش مربوط به پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد 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 منافعی وجود ندارد و این مسأله مورد تأیید 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 پایان‌نامه و ارائه طرح تحقیق و روش‌شناسی، راهنمایی تخمین مدل و تجزیه و تحلیل نتایج، نظارت بر تحقیق و اصلاح و نهایی‌سازی مقاله؛

فرشید اشراقی (نویسنده سوم): استاد مشاور پایان‌نامه و مشارکت در طرح و روش تحقیق و تخمین مدل و تفسیر نتایج و اصلاح مقاله؛

مسعود عنایت (نویسنده چهارم): استاد مشاور پایان‌نامه و مشارکت در جمع‌آوری و آماده‌سازی 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 تأیید همه آن‌ها می‌باشد.

حمایت مالی

این پژوهش با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در قالب پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد صورت گرفته است.

منابع

1.Keramatzadeh, A., Chizari A., & 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., & 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 (2022-2023), first volume, crops. [In Persian]

6.Malmir, M., Javadi, S., Moridi, A., Neshat, A., & 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., & 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-Boshrabadi, H., Mirzaei, H., & Rezaei-Estakhroyeh, A. (2016). Social welfare reduction due to groundwater level decline (Case study: Wheat farmers in Arzuiyeh 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., & 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., & Steenburgen, F. V. (2002). Water changing in irrigated agriculture. HR Wallingford publication, report OD, 145.
15.Tahami Pour, M., Mehrabi-Boshrabadi, H., & 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., & 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., & 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., & 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., & 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., & Schmid, E. (2021). Informing groundwater policies in semi-arid agricultural production regions under stochastic climate scenario impacts. Ecological Economics. 180. **Doi: 10.1016/j.ecolecon.2020.106908.**
21.Riahi-Zamin, R., & 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., & 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*. 35(3), 25-36. [In Persian]
26. Deacaluwe, B., Patry, A., & Savard, L. 2004. When water is no longer heaven sent: comparative pricing analysis in an AGE model. **Retrieved from http://econpapers.hhs.se.**