

## تأثیر اضافه برداشت آب زیرزمینی بر رفاه کشاورزان (مطالعه موردی: گندم کاران شهرستان فسا)

سمیرا تقی زاده\*<sup>۱</sup>، غلامرضا سلطانی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۰/۲۷

### چکیده

برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی در چند دهه‌ی اخیر مشکلاتی را برای کشاورزان به وجود آورده و در نتیجه به کاهش رفاه آنان منجر شده است. در مطالعه‌ی حاضر، برای بررسی این مساله ابتدا عوامل مؤثر بر شوری آب‌های زیرزمینی تعیین و سپس به تخمین تابع تولید گندم با تعریف متغیرهای مختلفی از جمله شوری مبادرت گردید و با محاسبه‌ی تولید نهایی هریک از نهاده‌ها نشان داده شد که تولید نهایی کلیه‌ی نهاده‌ها به جز شوری مثبت است. در ادامه با محاسبه‌ی تابع هزینه، تابع رفاه ناشی از کاهش سطح آب تخمین زده شد. نتایج نشان داد که رفاه کشاورزان به‌طور چشمگیری با افت سطح آب‌های زیرزمینی کاهش پیدا می‌کند. در پایان پیشنهاداتی جهت بهبود وضع موجود شامل محدودیت کشت محصولات آب بر و محدود کردن برداشت آب زیرزمینی ارائه گردیده است.

طبقه‌بندی *JEL*: Q28, Q25

واژه‌های کلیدی: شوری، تابع تولید، تابع هزینه، رفاه، آب‌های زیرزمینی.

۱- کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان.

۲- استاد اقتصاد کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.

\* نویسنده‌ی مسئول مقاله: samirataghizadeh83@gmail.com

### پیشگفتار

آب‌های زیرزمینی جزء منابع طبیعی تجدیدشونده‌ی مشترک محسوب می‌شود که بهره‌برداری معقولانه و متعادل از آنها منجر به استفاده‌ی پایدار و رعایت نکردن بهره‌برداری متعادل، منجر به نابودی این منابع می‌شود (دومنیکو و همکاران، ۱۹۶۸؛ گایاتری و همکاران، ۲۰۰۰). استحصال بی‌رویه‌ی آب زیرزمینی بر کیفیت، کمیت و مکان آب و به طریقی بر دیگر مصرف‌کنندگان و محیط زیست اثر می‌گذارد (لیندگرین، ۱۹۹۹). نتیجه‌ی این اثرات در طول زمان، افزایش هزینه‌های عمیق کردن چاه و شور شدن آب‌ها به علت کاهش سطح آب است (دومنیکو و همکاران، ۱۹۶۸؛ لیندگرین، ۱۹۹۹). این موضوع موجب افزایش هزینه‌های مالی برداشت آب‌های زیرزمینی می‌شود؛ به طوری که از جنبه‌ی سرمایه‌گذاری، هزینه‌های حفاری، لوله‌گذاری، پمپ و موتور و از جنبه‌ی بهره‌برداری، انرژی بیشتری برای پمپاژ حجم معینی آب (افزایش هزینه‌های متغیر آب کشی ناشی از افزایش عمق آب‌کشی) را به دنبال دارد. افزون بر آن کاهش درآمد حاصل از کشاورزی، کاهش قیمت زمین کشاورزی و خطر افزایش شوری آب نیز وجود دارد (لیندگرین، ۱۹۹۹).

کاهش نزولات آسمانی، تداوم خشکسالی‌های اخیر و برداشت بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی از جمله مواردی است که بخش آب در استان را با چالش جدی مواجه کرده است. کاهش سطح سفره‌های زیرزمینی، مشکلاتی همچون کاهش و خشک شدن آب چاه‌ها، کاهش دبی قنات و چشمه‌ها، افت کیفیت آب، افزایش هزینه‌ی پمپاژ و استحصال آب و نشست زمین را به دنبال دارد که این به نوبه‌ی خود منجر به کاهش دسترسی به آب و کاهش تولیدات کشاورزان می‌شود. از آنجایی که اقتصاد روستا بر پایه‌ی کشاورزی است و کشاورزی نیز وابسته به آب است؛ این کاهش کیفیت و کمیت آب زیرزمینی رفاه کشاورزان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (محسن‌پور، ۱۳۷۸).

در بسیاری از مناطق دنیا به‌ویژه مناطق خشک و نیمه خشک، شوری یکی از موانع اصلی تولید محصولات زراعی و باغی است. در مطالعاتی که تاکنون انجام شده کاهش رشد رویشی یک اثر قطعی شوری بر گیاهان غیرشور پسند نظیر گندم می‌باشد (پوستینی و بیکر، ۱۳۷۷). گندم‌هایی که در شرایط شوری بیشتر قرار می‌گیرند، سریع‌تر به بلوغ می‌رسند. تفاوت در زمان بلوغ بین گندم‌هایی که در شرایط شوری واقع شده‌اند؛ نسبت به شاهد بین یک تا دو هفته می‌باشد (گریو و همکاران، ۱۹۹۲). ارقام مختلف گندم نسبت به شوری واکنش متفاوتی از خود نشان می‌دهند (رشید و همکاران، ۱۹۹۹). ادامه‌ی تنش شوری در طول فصل رشد، سبب کاهش معنی‌دار تمام اجزای رشد و عملکرد می‌شود (فرانکوس و همکاران، ۱۹۹۴). میری و شالپوت (۱۹۷۳)، سپاسخواه و بورسما (۱۹۷۹)، پارا و رومرو (۱۹۸۰) و جنسون (۱۹۸۲) اثر دو عامل کم آبی و شوری روی تغییرات عملکرد محصولات زراعی را مطالعه کردند. در این مطالعات مشخص شد که تنش

آبی در کاهش رشد و عملکرد گیاه نسبت به تنش شوری از تأثیر نسبی بیشتری برخوردار است. زهتابیان و همکاران (۱۳۸۱) در بررسی که پیرامون تخریب آبخوانه در اثر بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در دشت قنات قم انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که برداشت بیش از حد آب باعث افت سطح ایستابی و افزایش شوری آب می‌شود. کیانی و همکاران (۱۳۸۲) به‌منظور بررسی اقتصادی تولید گندم در شرایط شوری و کم آبی مطالعه‌ای را بر مبنای تحلیل تابع تولید آب- شوری در منطقه‌ی شمال گرگان انجام دادند. اساس نتایج این تابع، اثر نهایی رطوبت خاک (متغیر جانشین کمیت آب) بر روی عملکرد و درآمد گندم مثبت و معنی‌دار و اثر نهایی خاک (متغیر جانشین کیفیت آب) بر روی این دو عامل منفی گردید. محاسبه‌ی نسبت نهایی نرخ جایگزینی نشان داد که امکان جایگزینی دو عامل مورد بررسی (رطوبت و شوری خاک) در دامنه‌ی وسیعی از مقادیر آنها وجود دارد. تهامی‌پور و همکاران (۱۳۸۴) به تعیین ارزش اقتصادی آب، حد بهینه‌ی استفاده از نهاده‌ها و اثر تغییر در سطح آب‌های زیرزمینی بر سطح رفاه اجتماعی تولیدکنندگان پسته شهرستان زرنند در سال ۸۳-۱۳۸۲ پرداختند. آنها برای رسیدن به اهداف تحقیق، بهره‌وری متوسط و نهایی نهاده‌ها، ارزش اقتصادی آب و حد بهینه‌ی استفاده از نهاده‌ها را تعیین کردند و با تشکیل تابع سود (رفاه اجتماعی)، اثر تغییر در سطح آب‌های زیرزمینی بر مقدار رفاه اجتماعی تولیدکنندگان را به‌دست آورده و ارزش هر متر مکعب آب را ۲/۲۵ ریال محاسبه نمودند. خلیلیان و مهرجردی (۱۳۸۴) کاهش رفاه تولیدکنندگان گندم را از علل برداشت بیش از حد از منابع آب ذکر کردند. آنها نشان دادند که ارزش تولید نهایی آب در تولید گندم بیش از هزینه‌ی استخراج آن است و تغییرات هزینه‌ی برداشت، به علت افت سطح آب، در میزان مصرف تأثیر زیادی ندارد و برای کاهش برداشت باید روش‌های نوین آبیاری ترویج شود. غزالی و اسماعیلی (۱۳۹۰) به ارزیابی تأثیرات جانبی برداشت از چاه‌های کشاورزی اطراف دریاچه‌ی پریشان پرداخته‌اند. در این راستا اثر بازخورد میان فعالیت کشاورزی اطراف دریاچه و سطح آب دریاچه را با استفاده از مدل وقفه‌های توزیع شده گسترده مورد بررسی قرار داده و از نتایج آن در مدل اقتصادی- اکولوژیکی، استفاده شد. نتایج نشان داد که با افزایش بهره‌برداری از چاه‌های کشاورزی جهت آبیاری گندم، از یک سو عملکرد این محصول افزایش یافته و بنابراین افزایش درآمد زارعین را در پی داشته است. اما از سویی دیگر این افزایش بهره‌برداری از چاه‌های اطراف دریاچه، سطح ایستابی را افت داده و باعث افزایش هزینه‌ی آبکشی شده است. با توجه به بزرگتر بودن تأثیر اضافه برداشت از آب‌های زیرزمینی بر هزینه‌ی آبکشی نسبت به این تأثیرات بر درآمد زارعین، اضافه برداشت سود منفی (زیان) برای گندم‌کاران منطقه در پی داشته است. از طرف دیگر افت سطح آب دریاچه ناشی از اضافه برداشت از چاه‌های کشاورزی منجر به کاهش عملکرد گندم و کاهش درآمد

زارعین شده و همچنین باعث افت در سطح ایستابی چاه‌های اطراف دریاچه، افزایش هزینه‌ی آب‌کشی و در نهایت کاهش سود برای گندم‌کاران منطقه گردیده است. فتحی و زیبایی (۱۳۹۰) معتقدند که برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی به علت عدم مدیریت صحیح منجر به کاهش سطح آب‌های زیرزمینی شده و رفاه کشاورزان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. لذا در مطالعه‌ای برای این منظور از تخمین تابع تولید و تشکیل تابع رفاه، استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ارزش تولید نهایی آب در تولید گندم بیش از هزینه‌ی استخراج هر واحد آب است و به علت برداشت بیش از حد از منابع آب، رفاه هر کشاورز به ازای هر متر افت سطح آب برای چاه‌های نیمه عمیق ۹۲۴۱۱۰ تومان و برای چاه‌های عمیق ۴۳۱۲۱۰ تومان کاهش می‌یابد. کاهش رفاه برای هر مترمکعب آب برای چاه‌های عمیق ۳/۸ تومان و برای چاه‌های نیمه عمیق ۸/۱ تومان محاسبه شد. آگنی هوتری و همکاران (۱۹۹۲) با استفاده از تابع تولید آب-شوری با فرم تابعی درجه دوم تأثیر حجم آب آبیاری و شوری آن را بر عملکرد و درآمد محصول گندم هند مطالعه کردند. بر اساس نتایج این مطالعه بیش از ۹۷٪ تغییرات عملکرد، ناشی از تغییرات کمیت (حجم) و کیفیت (شوری) آب آبیاری است. مقادیر ضرایب تخمینی نیز مؤید این نکته است که تأثیر کمبود آب بر تغییرات عملکرد گندم نسبت به شوری آن تعیین‌کننده‌تر است. آستانه‌ی شوری آب و یا حد بهینه‌ی آن ۳/۸ دسی زیمنس بر متر و حداکثر عملکرد در این سطح شوری حاصل شده است. داتا و همکاران (۱۹۹۸) مطالعه‌ای پیرامون عملکرد تولید گندم تحت شرایط شوری را انجام دادند که نتایج حاکی از این است که متغیرهای انتخابی به شکل درجه ۲ می‌تواند هم تغییرات عملکرد و هم شوری آب را بیشتر از تابع کاب-داگلاس توضیح دهند و همچنین شاخص ضرایب رگرسیون، وجود رابطه‌ی منفی بین عملکرد و شوری آب آبیاری را بیان می‌دارد. نتایج بررسی آنها نشان داد که تأثیر نهایی حجم و شوری آب به ترتیب ۰/۰۴۲ و ۰/۰۷۵ تن در هکتار و نسبت نهایی جایگزینی دو عامل نهایی حجم و شوری آب به ترتیب فوق ۱/۷۹ است. داتا و دایال (۲۰۰۰) تابع تولید آب-شوری گندم و خردل را برآورد نموده و سپس با استفاده از مفهوم ارزش تولید نهایی، منافع و زیان‌های اقتصادی مصرف آب شور را محاسبه کردند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با افزایش یک واحد آب مصرفی و با ثابت بودن شوری، به ترتیب ۴۸ و ۵۶ روپیه به درآمد گندم و خردل در هکتار افزوده می‌شود و با افزایش شوری آب به میزان یک دسی زیمنس بر متر به ترتیب ۱۷۵ و ۲۸۱ روپیه از درآمد محصولات مذکور در هکتار کاسته می‌شود. گایاتری و ادوارد (۲۰۰۲) و (۲۰۰۰) با استفاده از تابع تولید کاب-داگلاس، تابع اجتماعی را به دست آوردند و سپس تأثیر افت سطح آب زیرزمینی در رفاه اجتماعی را محاسبه کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که احیای ذخایر آب زیرزمینی رفاه جامعه را افزایش چشمگیری می‌دهد.

لازم به ذکر است که با توجه به اهمیت شوری، تاکنون در هیچ یک از مطالعات، عوامل مؤثر بر آن برآورد نگردیده است. در این مطالعه بنا بر شرایط کشور ایران و اهمیت موضوع، به برآورد این مهم در شهرستان فسا پرداخته می شود.

#### منطقه مورد مطالعه

شهرستان فسا در استان فارس بین ۵۳ درجه و ۱۹ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۲۴ دقیقه عرض شمالی واقع شده و از جهت شمال به شهرستان شیراز و استهبان، از سمت جنوب به شهرستان‌های چهرم و زرین دشت، از جهت شرق به شهرستان‌های داراب و استهبان و از سمت غرب به شهرستان‌های شیراز و چهرم محدود می‌گردد. نقشه‌ی منطقه مورد مطالعه در پیوست آمده است. متوسط بارندگی در شهرستان فسا از سال ۱۳۶۰ تا ۱۳۸۸ روند نزولی داشته است، به طوری که متوسط میزان بارندگی در سال ۱۳۸۸ به ۲۶۷/۶ میلی‌متر رسیده است. شهرستان فسا از لحاظ محدوده‌های مطالعاتی منابع آب، به پنج دشت بنام‌های میانجنگل، نوبندگان، زاهدشهر (شیبکوه، گریگان)، ششده (قره‌بلاغ) و فسا تقسیم شده است (آمار اداره‌ی آب منطقه‌ای شهرستان فسا، ۱۳۸۸).

به دلیل خشکسالی‌های اخیر، فشار بر منابع زیرزمینی رو به افزایش است و در کلیه‌ی دشت‌های شهرستان فسا میزان برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی بیشتر از میزان بارش و نفوذ آب به سفره‌ها می‌باشد و این موضوع باعث شده که بیلان دشت‌های شهرستان منفی گردد. بیلان آب در دشت‌های منطقه‌ی فسا (فسا، زاهدشهر، نوبندگان، ششده، میانجنگل) به ترتیب به ۱۷/۰۵-، ۹/۸۱-، ۰/۸۷-، ۷/۶۷- و ۱/۵۵۵- میلیون مترمکعب رسیده است (آمار اداره‌ی آب منطقه‌ای شهرستان فسا، ۱۳۸۹).

#### اهداف تحقیق

اهداف علمی:

- ۱) بررسی تأثیر اضافه برداشت آب زیرزمینی بر هزینه‌ی استحصال آب.
- ۲) بررسی تأثیر اضافه برداشت آب زیرزمینی بر شوری آب.
- ۳) بررسی تأثیر اضافه برداشت آب زیرزمینی بر تولید گندم در شهرستان.
- ۴) بررسی تأثیر اضافه برداشت آب زیرزمینی بر رفاه اقتصادی گندم‌کاران شهرستان.

اهداف کاربردی:

ارائه‌ی راهکارهای پیشنهادی جهت مقابله با برداشت بی‌رویه و تأثیر منفی شوری آب بر محصول گندم.

## مواد و روش‌ها

با توجه به مطالعه‌ی موردی در شهرستان فسا، جامعه‌ی آماری را گندم‌کاران شهرستان فسا تشکیل می‌دهند. سپس با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای تعدادی از گندم‌کاران به‌طور تصادفی انتخاب شدند.

اطلاعات مورد نیاز با استفاده از مطالعات میدانی، کتابخانه‌ای و اطلاعات و داده‌های لازم از طریق مصاحبه حضوری با زارعین و همچنین تکمیل پرسشنامه از کشاورزان گندم‌کار منطقه به‌دست آمد. برای به‌دست آوردن داده‌ی مربوط به متغیر شوری، از آب چاه مصرفی کشاورز در ظرف‌های مخصوص نمونه گرفته شد که برای دقت بیشتر نمونه‌گیری یک ساعت پس از روشن کردن تلمبه انجام شد. سپس از نمونه‌ی مورد نظر در محیط آزمایشگاهی با انجام آزمایشات لازم داده‌ی شوری حاصل گردید. ضمن اینکه این نکته نیز رعایت گردید که برای کسب اطلاعات دقیق‌تر در مورد شوری به‌دلیل احتمال بروز خطا و کسب نتیجه‌ی غیر واقعی شوری از نیمه‌ی تیر تا نیمه‌ی شهریور، نمونه‌گیری در ایام ذکر شده انجام پذیرفت. لازم به ذکر است که برخی از کشاورزان از چند چاه برای آبیاری کشت گندم استفاده می‌کردند که برای چنین مواردی نمونه‌گیری از تمامی آن چاه‌ها به‌صورت مجزا انجام گرفت و پس از آن از طریق آزمایش داده‌ی شوری هر کدام از چاه‌ها محاسبه شد و متوسط شوری‌های به‌دست آمده از تمامی چاه‌های مورد استفاده برای آن کشت را به‌عنوان متغیر شوری برای کشت آن کشاورز در مدل وارد کردیم. انجام اطلاعات تکمیلی نیز از طریق بررسی‌های کتابخانه‌ای، مطالعات اسناد پایگاه‌های اطلاع‌رسانی رایانه‌ای و شبکه اینترنت جمع‌آوری گردید.

### ۱- میزان آبکشی

با اندازه‌گیری دبی چاه، تعداد روزهای آبکشی در طول سال و ساعات آبکشی در طول شبانه‌روز، میزان آبکشی هر چاه برحسب مترمکعب در سال تعیین شد (سلطانی و صبحی، ۲۰۰۸).

$$W = 3.6 R. H. D \quad (1)$$

$W$ : میزان آبکشی برحسب مترمکعب در سال.

$R$ : دبی لحظه‌ای (لیتر در ثانیه).

$H$ : ساعات آبکشی.

$D$ : تعداد روزهای آبکشی در طول سال.

### ۲- تابع شوری

با توجه به آمار سازمان‌های مختلف و همچنین مقالات منتشر شده،  $EC$  اندازه‌گیری شده از چاه‌ها، معادل شوری در نظر گرفته می‌شود.

به‌طور کلی با توجه به اهداف مورد نظر متغیرهای زیر برای تابع شوری در نظر گرفته شدند:

$$E = F(Z_1, Z_2, \dots, Z_m, D_1, D_2) \quad (2)$$

$E$ : شوری آب،  $Z_1$ : میزان برداشت سالانه‌ی آب چاه،  $Z_2$ : سن چاه،  $Z_3$ : سطح ایستایی چاه،  $Z_4$ : عمق چاه،  $Z_5$ : افت سالانه آب چاه،  $Z_6$ : میزان کود سالانه مورد استفاده در مزرعه ی گندم،  $Z_7$ : میزان سموم سالانه مورد استفاده در مزرعه (لیتر)،  $Z_8$ : سطح زیر کشت،  $Z_9$ : تراکم کشت،  $D_1$ : متغیر مجازی منطقه (فسا)،  $D_2$ : متغیر مجازی منطقه (زاهدشهر).

که تابع مورد نظر به اشکال خطی، لگاریتمی و نیمه لگاریتمی برآورد گردید و در پایان با توجه به آزمون  $F$  مقید نسبت به انتخاب بهترین مدل اقدام شد.

### ۳- تابع تولید محصول و تابع تولید نهایی آب

با تخمین تابع تولید می‌توان عملکرد محصول در سطوح مختلف مصرف نهاده‌ها، تولید نهایی و ارزش آنها را محاسبه و تعیین کرد (کیانی و کلاته عربی، ۱۳۸۸). در این رابطه برای تولید محصول به میزان  $Y$  به میزان معینی آب ( $W$ ) و سایر نهاده‌ها ( $X_i, i = 1, 2, \dots, n$ ) نیاز است. شکل کلی تابع تولید ذکر شده به صورت زیر است:

$$Y = f[X_1, X_2, \dots, X_n, W] \quad (3)$$

که برای این منظور به برآورد توابع مختلف تولید پرداختیم. برای انتخاب فرم برتر از میان توابع ذکر شده تعداد پارامترهای کمتر، سادگی تفسیر، سادگی محاسباتی و خوبی برازش از جمله معیارهای مهم در تعیین الگوی اقتصادسنجی برتر برای کارهای تجربی می‌باشند (ابریشمی، ۱۳۸۳). همچنین مطابقت و سازگاری علامت‌ها و مقادیر پارامترهای تابع با تئوری اقتصادی نیز از معیارهای مهم دیگر است (تامپسون، ۱۹۸۸). با توجه به معیارهای فوق، کلیه‌ی اشکال تابعی که تعیین‌کننده‌ی مجموعه‌ی خصوصیات ذکر شده باشد را می‌توان یک فرم تابع برای بیان روابط تولید به حساب آورد و برای برآورد پارامترهای الگو و انتخاب فرم برتر مورد آزمون‌های اقتصادسنجی قرار داد (حسین زاد و سلامی، ۱۳۸۳). در این مطالعه فرم‌های مختلف توابع تولید با متغیرهای مختلف زیر برآورد گردید:

$X_1$ : بذر مصرفی در هکتار (کیلوگرم)،  $X_2$ : سطح زیر کشت (هکتار)،  $X_3$ : میزان شوری آب مصرفی (دسی زیمنس بر متر)،  $X_4$ : میزان کود مصرفی (ازت، فسفات، پتاس و ریزمغذی) در هکتار (کیلوگرم)،  $X_5$ : میزان سموم مصرفی در هکتار (لیتر)،  $X_6$ : نیروی کار مورد استفاده در هکتار (روز- نفر)،  $X_7$ : میزان ماشین آلات مورد استفاده در هکتار (ساعت)،  $W$ : میزان آب مصرفی در هکتار (مترمکعب)،  $D_1$ : متغیر مجازی بافت خاک (سبک)،  $D_2$ : متغیر مجازی بافت خاک (متوسط).

تولید نهایی یک عامل تولیدی برابر است با میزان تغییر در عملکرد محصول به ازای به کارگیری یک واحد بیشتر از آن نهاده که با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

$$MPX_i = \frac{dY}{dX_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (۴)$$

#### ۴- تابع هزینه

تابع هزینه‌ی محصول از رابطه‌ی زیر تعیین می‌گردد:

$$C = c_x X_i + C_w(R)W \quad (۵)$$

$C$ : هزینه‌ی تولید محصول گندم،  $C_x$ : قیمت نهاده‌ی  $x$ ،  $C_w(R)$ : هزینه‌ی هر متر پمپاژ آب تابعی از سطح آب،  $X_1$ : بذر مصرفی در هکتار (کیلوگرم)،  $X_4$ : میزان کود مصرفی (ازت، فسفات، پتاس و ریزمغذی) در هکتار (کیلوگرم)،  $X_5$ : میزان سموم مصرفی در هکتار (لیتر)،  $X_6$ : نیروی کار مورد استفاده در هکتار (روز-نفر)،  $X_7$ : میزان ماشین آلات مورد استفاده در هکتار (ساعت)،  $W$ : میزان آب مصرفی در هکتار (مترمکعب).

#### ۵- تابع رفاه و تغییرات آن نسبت به سطح آب

با شرط اینکه تقاضا برای نهاده در سطح ثابت محصول صورت می‌گیرد و از حداقل کردن تابع هزینه (از تابع هزینه نسبت به قیمت نهاده مشتق جزئی بگیریم) به دست می‌آید، برای محصول خاص تابع معکوس تقاضای زیر در نظر گرفته می‌شود:

$$P = P(Y) \quad (۶)$$

که در این تابع  $P$  قیمت بازاری محصول را بیان می‌دارد (فتحی و زیبایی، ۱۳۹۰).

اگر  $S_i$  رفاه اجتماعی حاصل از تولید مقدار معینی محصول  $Y$  را نشان دهد، به معنی میزان کسرشده‌ی هزینه‌ی نهاده‌ها از فضای زیر منحنی تقاضاست. پس تابعی به صورت زیر را می‌توان

بیان کرد که: For all  $i$

$$S_i = S_i [X_1, X_2, \dots, X_n, W(R); C_w(R)] = \int_0^Y P(Y) dY - \sum_{i=1}^n C_i X_i - C_w(R)W \quad (۷)$$

با این فرض که قیمت نهاده‌ها (به جز آب) و محصول طی دوره‌ی مورد مطالعه بدون تغییر باقی می‌ماند، افت سطح آب زیرزمینی اثر منفی بر جامعه خواهد داشت که با توجه به مطالب گفته شده و نظریه‌ی پوش، می‌توان تأثیر افت آب زیرزمینی بر رفاه جامعه را به صورت زیر محاسبه نمود.

$$\frac{\partial S_i}{\partial R} = \left[ P_i(Y_i) \frac{\partial Y_i}{\partial W_i} - C_w \right] \left[ \frac{\partial W_i}{\partial C_w} \frac{\partial C_w}{\partial X} + \frac{\partial W_i}{\partial R} \right] - W_i \frac{\partial C_w}{\partial R} \quad (۸)$$



تغییر در سطح آب زیرزمینی و میزان برداشت آب بر رفاه جامعه آثار متفاوتی دارد: الف) تغییر هزینه‌ی نهایی استخراج آب، ب) تغییر در عملکرد محصول و ج) تأثیر بر میزان برداشت آب که در فرمول گنجانده شده است (خلیلیان و مهرجردی، ۱۳۸۴).

#### ۶- جمع‌آوری اطلاعات و داده‌ها

با توجه به مطالعه‌ی موردی در شهرستان فسا، جامعه‌ی آماری را گندم‌کاران شهرستان فسا تشکیل می‌دهند. سپس با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دومارحله‌ای تعدادی از گندم‌کاران به‌طور تصادفی انتخاب شدند.

اطلاعات موردنیاز با استفاده از مطالعات میدانی، کتابخانه‌ای و اطلاعات و داده‌های لازم از طریق مصاحبه‌ی حضوری با زارعین و همچنین تکمیل پرسشنامه از کشاورزان گندم‌کار منطقه به‌دست آمد. برای به‌دست آوردن داده‌ی مربوط به متغیر شوری، از آب چاه مصرفی کشاورزان نمونه در ظرف‌های مخصوص نمونه گرفته شد که برای دقت بیشتر، نمونه‌گیری یک ساعت پس از روشن کردن پمپ آب انجام شد. سپس از نمونه‌ی مورد نظر در محیط آزمایشگاهی با انجام آزمایشات لازم داده شوری حاصل گردید. ضمن اینکه برای کسب اطلاعات دقیق‌تر در مورد شوری به‌دلیل احتمال بروز خطا و کسب نتیجه‌ی غیرواقعی شوری از نیمه‌ی تیرماه تا نیمه‌ی شهریورماه، نمونه‌گیری در ایام ذکرشده انجام پذیرفت.

یکی از سؤالاتی که در پرسشنامه‌ها از کشاورزان پرسیده شد، دبی چاهی است که برای آبیاری از آن استفاده می‌شود. ضمن اینکه اگر کشاورزی از چند چاه برای آبیاری استفاده می‌کند، میانگین دبی کلیه‌ی چاه‌ها در نظر گرفته شد. در ادامه، ساعات آبکشی در طول شبانه روز برای یک هکتار از تمامی کشت‌های سالانه به‌طور جداگانه از آنها پرسیده شد که اعداد به‌دست آمده را پس از جمع بر تراکم کشت تقسیم کردیم و در نهایت با توجه به رابطه‌ی (۱) میزان آبکشی هر چاه بر حسب متر مکعب در سال تعیین می‌شود (سلطانی و صبحی، ۲۰۰۸). لازم به ذکر است که میزان آبکشی برای تمامی کشت سالانه‌ی کشاورز محاسبه شده است. یعنی در واقع میزان کل آبکشی سالانه از چاه کشاورزی برای تمامی کشاورزان نمونه برآورد گردیده است. نتایج حاصل از انجام رابطه‌ی فوق با شماره‌گذاری هر ۱۰۳ کشاورز در جدول (۱) آمده است (اعداد نوشته شده در ردیف‌های تیره، شماره‌ی کشاورز می‌باشد).

#### نتایج و بحث

حداکثر میزان آبکشی مربوط به کشاورزی است که تراکم کشت وی ۸ بوده است، یعنی ۸ نوع کشت مختلف از جمله گندم چمران، گندم داراب ۲، جو، ذرت، هندوانه، گوجه و دو نوع سبزی داشته است که دلایل آبکشی زیاد را می‌توان کشت محصولات آب بر از جمله ذرت عنوان کرد.

حداقل میزان آبکشی را کشاورزی به خود اختصاص داده است که گندم چمران و جو را کشت کرده است.

با برآورد تابع شوری به شکل‌های مختلف مشاهده گردید که تمامی توابع برآورد شده (خطی، لگاریتمی، خطی- لگاریتمی و لگاریتمی-خطی) از  $R^2$  بالایی برخوردارند که نتیجه‌ی خوبی برآزش آنهاست و همچنین  $F$  محاسباتی در همه‌ی توابع در سطح یک درصد معنی‌دار گردید که نشان می‌دهد حداقل یکی از ضرایب در مدل معنی‌دار شده‌اند. با توجه به رابطه‌ی  $F$  مقید، مدل خطی برای تابع شوری با  $R^2$  برابر  $82/8$  انتخاب شد (جدول ۲). نکته‌ی قابل توجه معنی‌داری متغیرهای برداشت آب، سطح زیرکشت، عمق و متغیرهای مجازی منطقه در همه‌ی توابع برآورد شده است.

مدل خطی تخمین زده شده برای مدل شوری عبارت است از:

$$E = 48.49 + 0.00237Z_1 + 5.049Z_4 + 0.275Z_6 + 10.357Z_7 + 26.11Z_8 + 1244.263D_1 + 2554.719D_2$$

در مدل فوق عرض از مبدأ در سطح ده درصد با علامت مثبت معنی‌دار شده که نشان می‌دهد در سطح ده درصد اگر بقیه‌ی متغیرها صفر باشد شوری به اندازه‌ی  $48/49$  دسی زیمنس بر متر خواهد بود.

متغیر میزان برداشت سالانه‌ی آب ( $Z_1$ ) و سطح زیر کشت ( $Z_8$ ) در سطح یک درصد با علامت مثبت معنی‌دار گردیدند که نشان می‌دهد هرچه برداشت سالانه‌ی آب بیشتر شود شوری افزایش می‌یابد ولی در مقابل نیز از آن جا که افزایش سطح زیر کشت باعث برداشت بیشتر می‌گردد پس افزایش شوری را نیز در پی دارد.

متغیر عمق چاه نیز در سطح ده درصد معنی‌دار شده است که با توجه به مثبت بودن علامت این ضریب نتیجه‌ی می‌گیریم که هرچه عمق چاه بیشتر شود در افزایش شوری نیز اثر مثبت دارد. معنی‌داری متغیرهای مجازی منطقه ( $D_1, D_2$ ) این نتیجه‌ی می‌دهد که شوری به ترتیب در مناطق زاهدشهر و فسا بیشتر از منطقه‌ی ششده است و این امر به دلیل وجود کوه نمکی در ابتدای زاهدشهر نیز دور از انتظار نیست.

میزان کود سالانه‌ی مصرفی در هکتار ( $Z_6$ ) و مصرف سموم ( $Z_7$ ) در مدل به ترتیب در سطح پنج و ده درصد معنی‌دار شده که با توجه به اینکه علامت ضرایب مثبت است، نتیجه‌ی می‌گیریم که افزایش مصرف سموم و کود باعث زیادت‌تر شدن شوری می‌گردد که در عین حال کوچک بودن ضریب  $Z_6$  بیان می‌دارد که اگر یک کیلوگرم مصرف کود بیشتر شود، تقریباً  $0/3$  دسی زیمنس شوری افزایش می‌یابد.

بقیه‌ی متغیرهایی که در مدل‌ها معنی‌دار نشده است، حاکی از آن است که در منطقه‌ی مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری بین این متغیرها بر روی شوری وجود ندارد.

با تخمین توابع تولید گوناگون برای تولید گندم و بررسی آنها و همچنین بر اساس رابطه‌ی  $F$  مقید مدل درجه دوم تعمیم یافته برای تابع تولید گندم در منطقه انتخاب گردید (جدول ۳).

$$Y = -0.3X_3 + 2.1X_4 + 14.3W - 0.0091(1/2W^2) - 0.12X_3W - 0.01X_3X_4 + 20.5X_4W + 4.1X_6W + 117.3X_7W - 0.02D_2$$

با توجه به ضریب تعیین تابع تخمین زده می‌توان گفت که  $1/1\%$  از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل توضیح داده می‌شود.  $F$  محاسباتی نیز در سطح یک درصد معنی‌دار است، بنابراین فرضیه صفر بودن همزمان متغیرها را رد نموده و حداقل یکی از متغیرها معنی‌دار است. متغیر شوری در سطح یک درصد معنی‌دار شده است که هرچه شوری افزایش یابد، باعث کاهش تولید می‌شود؛ این امر با محاسبه‌ی تولید نهایی نهاده‌ی شوری نیز روشن می‌گردد:

$$MPX_3 = \frac{dY}{dX_3} = -0.3 - 0.01X_4 - 0.12W = -746.3$$

متغیر مصرف کود ( $X_4$ ) نیز در سطح یک درصد با ضریب مثبت نتیجه‌ای جز تأثیر افزایشی بر تولید ندارد. پس از محاسبه‌ی تولید نهایی این نهاده نیز به نتایج زیر رسیدیم که تولید نهایی نهاده‌ی کود تابعی از خود کود است.

$$MPX_4 = \frac{dY}{dX_4} = 2.1 + 20.5W - 0.01X_3 + 0.61X_4 = 125980 + 0.61X_4$$

همچنین معنی‌داری متغیر آب مصرفی در سطح یک درصد با علامت مثبت افزایش تولید را در نتیجه‌ی افزایش مصرف آب نتیجه می‌دهد. تابع تولید نهایی آب به صورت زیر به دست آمد که تولید نهایی نهاده را تابعی از خود نهاده نتیجه می‌دهد.

$$MPW = \frac{dY}{dW} = 14.3 - 0.0091W - 0.12X_3 + 20.5X_4 + 4.1X_6 + 117.3X_7 = 18889.8 - 0.0091W$$

اثرات متقابل به این معناست که تولید نهایی یک نهاده تابعی از میزان مورد استفاده نهاده‌ی دیگر است. مثلاً وقتی آب بیشتری به کار گرفته می‌شود، واکنش محصول به کود تغییر می‌یابد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، نتایج تخمین اثر متقابل نیروی کار و آب، ماشین‌آلات و آب و کود و آب مثبت به دست آمده است؛ ولی اثر متقابل متغیرهای شوری و مصرف کود و شوری و آب منفی است.

متغیر مجازی منطقه‌ی زاهدشهر نیز در مدل با علامت منفی در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است و از آنجا که متغیر شوری نیز در مدل با علامت منفی معنی‌دار شده است و در مدل شوری نیز متغیر منطقه‌ی زاهد شهر معنی‌دار شده است. پس نتیجه می‌گیریم که شوری در منطقه‌ی زاهدشهر نسبت به دو منطقه‌ی دیگر (فسا و ششده)، بیشتر تولید گندم را کاهش می‌دهد.

با توجه به اینکه تولیدکننده‌ی گندم برای تولید باید هزینه‌هایی را متحمل شود و این هزینه‌ها برای هر کشاورز در هر سال متفاوت است و همچنین با توجه به فروض در نظر گرفته تنها هزینه‌ی

استخراج آب متغیر است. تابع هزینه استخراج آب در تولید گندم برای هر کشاورز با متغیر عمق تخمین زدیم و به این نتیجه رسیدیم که هزینه استخراج آب در تولید گندم که همان هزینه هر متر پمپاژ آب است، با متغیر عمق رابطه مستقیم دارد و هرچه عمق چاه آبیاری بیشتر شود (سطح آب پایین تر می رود) هزینه هر متر پمپاژ آب نیز بیشتر می شود. شکل کلی تابع هزینه استخراج آب در تولید گندم برای هر کشاورز را به صورت در نظر می گیریم:

$$C_w(R) = C + \alpha o \quad (9)$$

که متغیرهای تابع، از قرار زیر است:

$C_w(R)$ : هزینه هر متر پمپاژ آب که تابعی از میزان سطح آب زیرزمینی است،  $\alpha o$ : عمق چاه آبیاری مورد استفاده (متر)،  $C$ : ضریب ثابت.

تخمین تابع فوق با قبول این فرض که سطح آب چاه آبیاری هیچ گاه به صفر نمی رسد، امکان پذیر است.

از برآورد تابع فوق، نتایج جدول (۴) حاصل گردید.

با توجه به نتایج کسب شده از برآورد تابع فوق مشاهده می شود که:

۱- کل مدل در سطح یک درصد معنی دار است که آماره  $F$  این مطلب را نشان می دهد. وجود بالا نیز بیانگر آن است که ۸۲/۱٪ از تغییرات متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل توضیح داده می شود. همچنین ضریب ثابت و متغیر عمق در سطح یک درصد معنی دار شده اند.

۲- هزینه استخراج آب در تولید گندم که همان هزینه هر متر پمپاژ آب است، با متغیر عمق رابطه مستقیم دارد؛ چرا که ضریب این متغیر مثبت شده است. یعنی هرچه عمق چاه آبیاری بیشتر شود (سطح آب پایین تر می رود)، هزینه هر متر پمپاژ آب نیز بیشتر می شود یا به طور دقیق تر به ازای افزایش ۳۸/۶ متر به عمق چاه آبیاری، یک واحد هزینه هر متر پمپاژ آب افزایش می یابد.

۳- عرض از مبدأ نیز بیانگر این مطلب است که اگر عمق در پایین ترین سطح یعنی نزدیک به صفر در نظر گرفته شود، تولیدکننده گندم هزینه ای برابر ۱۱۶۲۳۰ واحد را برای استخراج آب باید تحمل کند.

در حالت کلی تابع هزینه استخراج آب را می توان به صورت زیر نوشت (جدول (۴)):

$$C_w(R) = 1162300 + 38.6R$$

$$C_w = \frac{dC_w}{dR} = 38.6$$

$$\begin{aligned}
 C &= c_x X_i + C_w W \\
 &= \{(4600 * X1^*) + (1070 * X4^*) + (160000 * X5^*) \\
 &\quad + (167000 * X6^*) + (175000 * X7^*)\} + (38/6 * W) \\
 &= 4670667/6 \text{ (ریال)}
 \end{aligned}$$

رابطه‌ی (۶) میزان تغییر در رفاه به ازای تغییر در کاهش سطح آب زیرزمینی با فرض ثابت بودن سایر نهاده‌ها می‌باشد.

خالص تغییرات رفاه، اثر تغییر در سطح آب‌های زیرزمینی بر مقدار تولید نهایی آب منهای هزینه‌ی استخراج هر واحد آب ( $C_w$ ) می‌باشد. که  $P_i(y_i) \frac{\partial y_i}{\partial W_i}$ ، قیمت محصول در میزان تولید محصول در تولید نهایی نهاده‌ی آب است که برای هر کشاورز برآورد می‌شود و هزینه‌ی متغیر آب باید از آن کسر شود. با استفاده از رابطه‌ی  $VMP_w = C_w$  می‌توان  $\frac{\partial W_i}{\partial C_w}$  را محاسبه نمود. زیرا:

$$C_w = P_y \frac{\partial y}{\partial W} \quad (10)$$

$$C_w = P_y \cdot \left( \epsilon_w + \epsilon_{\frac{1}{2}w^2} \cdot W + \epsilon_{X1W} \cdot X_1 + \epsilon_{X3W} \cdot X_3 + \epsilon_{X4W} \cdot X_4 + \epsilon_{X5W} \cdot X_5 \right) \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
 W &= - \frac{\epsilon_w}{\epsilon_{\frac{1}{2}w^2}} - \frac{\epsilon_{X1W}}{\epsilon_{\frac{1}{2}w^2}} - \frac{\epsilon_{X3W}}{\epsilon_{\frac{1}{2}w^2}} \\
 &\quad - \frac{\epsilon_{X4W}}{\epsilon_{\frac{1}{2}w^2}} - \frac{\epsilon_{X5W}}{\epsilon_{\frac{1}{2}w^2}} \\
 &\quad + \frac{C_w}{P_y \epsilon_{\frac{1}{2}w^2}}
 \end{aligned} \quad (12)$$

$$\frac{\partial W}{\partial C_w} = \frac{1}{P_y \left( \frac{1}{2} w^2 \right)} \quad (13)$$

اثر تغییر در نهاده‌ی آب به واسطه‌ی تغییر در توانایی دسترسی به آب  $\left( \frac{\partial W_i}{\partial R} \right)$  و غیرمستقیم، از طریق اثرهای نهایی تغییر در هزینه پمپاژ نهاده آب  $\left( \frac{\partial C_w}{\partial R} \right) \left( \frac{\partial W_i}{\partial C_w} \right)$  وارد محاسبات می‌شود. چون فرض می‌شود که هیچ‌گاه آب چاه به صفر نمی‌رسد، عبارت  $\frac{\partial W_i}{\partial R}$  نیز برابر صفر در نظر گرفته می‌شود. نتایج در جدول (۵) آمده است.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با توجه به مقایسه‌ی میزان آبکشی و تنوع کشت کشاورز به این نتیجه نائل آمدیم که هرچه میزان کشت صیفی‌جات بیشتر باشد، در نتیجه میزان آبکشی نیز بیشتر است که در این میان ذرت رتبه‌ی نخست را به‌خود اختصاص داده و هر کدام از کشاورزان که در سطح آبکشی بالا قرار دارند، حداقل علاوه بر یکی از ارقام گندم، ذرت نیز کشت کرده‌اند. البته از این مسئله نیز نباید چشم‌پوشی کرد که بیشتر کشاورزان از حداکثر آب در دسترس، بدون توجه به نیاز آبی محصول کشت شده برای آبیاری کشت خود استفاده می‌کنند.

با توجه به برآورد تابع شوری به این نتیجه رسیدیم که افزایش متغیرهای میزان برداشت سالانه‌ی آب، سطح زیرکشت، عمق چاه، کود مصرفی و سموم مصرفی، افزایش شوری را نیز در پی دارد. معنی‌داری متغیرهای مجازی منطقه  $(D_2, D_1)$  نشان می‌دهد که شوری به‌ترتیب در مناطق زاهدشهر و فسا بیشتر از منطقه‌ی ششده است و این امر به‌دلیل وجود کوه نمکی در ابتدای زاهدشهر نیز دور از انتظار نیست.

با تخمین توابع تولید گوناگون برای تولید گندم و بررسی آنها و همچنین بر اساس رابطه‌ی  $F$  مقید مدل درجه دوم تعمیم یافته برای تابع تولید گندم در منطقه انتخاب گردید. در تابع تولید حاصله متغیر شوری در سطح یک درصد معنی‌دار شده است که هرچه شوری افزایش یابد، باعث کاهش تولید می‌شود، این امر با محاسبه‌ی تولید نهایی نهاده‌ی شوری ملموس‌تر گردید؛ چرا که به‌دست آوردن عدد  $3/746$ - مهر تأییدی بر صحت این موضوع است. در ادامه با محاسبه‌ی هزینه‌ی استخراج آب در تولید گندم که همان هزینه‌ی هر متر پمپاژ آب است به این نتیجه رسیدیم که هزینه‌ی استخراج آب با متغیر عمق رابطه‌ی مستقیم دارد و هزینه‌ی تولید گندم در یک هکتار تقریباً ۴۷۰ هزار تومان است.

میزان تغییر در رفاه در ازای تغییر در کاهش سطح آب زیرزمینی با فرض ثابت بودن سایر نهاده‌ها برابر ۱۲۴۹۸۴ تومان برای هر متر به‌دست آمد. کاهش رفاه ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی چشمگیر بوده و ادامه‌ی روند برداشت بی‌رویه نسبت به موجودی آب‌های زیرزمینی از طرفی کاهش دسترسی به آب و در نتیجه کاهش تولید را به‌دنبال خواهد داشت که با توجه به محاسبه‌ی این کاهش، تولیدکنندگان گندم، با مشکل جدی روبرو هستند.

با توجه به نتایج کسب شده پیشنهادهایی که باعث بهبود وضعیت موجود می‌شود، عنوان می‌گردد:

(۱) از آنجا که به‌دلیل کاهش ذخایر زیرزمینی، آب در دسترس کشاورزان کم شده است. لذا اجرای سیاست‌های دولت برای محدودیت کشت خصوصاً محصولات با نیاز آبی بالا، الزامی است.

۲) با توجه به برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی و در نتیجه افت سطح آب و از طرفی تاثیر مستقیم افت سطح آب بر افزایش هزینه‌های تولید، ارائه‌ی محدودیت برداشت از منابع آب زیرزمینی امری الزامیست.

۳) از آنجا که برداشت از منابع آب زیرزمینی، شوری آب‌ها را در پی دارد، لذا ارائه‌ی محدودیت برداشت بدون فراهم ساختن منابع جایگزین امری نامطلوب هم برای کشاورزان و هم دیگر بخش‌های جامعه می‌باشد.

۴) سطح زیرکشت بیشتر گندم در مقابل کمبود آب مورد نیاز گندم و ادامه این روند باعث می‌شود که سیاست‌های دولت در جهت خودکفایی تولید نیز در آینده‌ای نزدیک با مشکلی جدی مواجه شود؛ چرا که ادامه‌ی این روند برای کشت محصول گندم نتیجه‌ای جز ایجاد شرایطی که نتوان در آن هیچگونه کشتی داشت، غیرمنتظره نخواهد بود.

## فهرست منابع

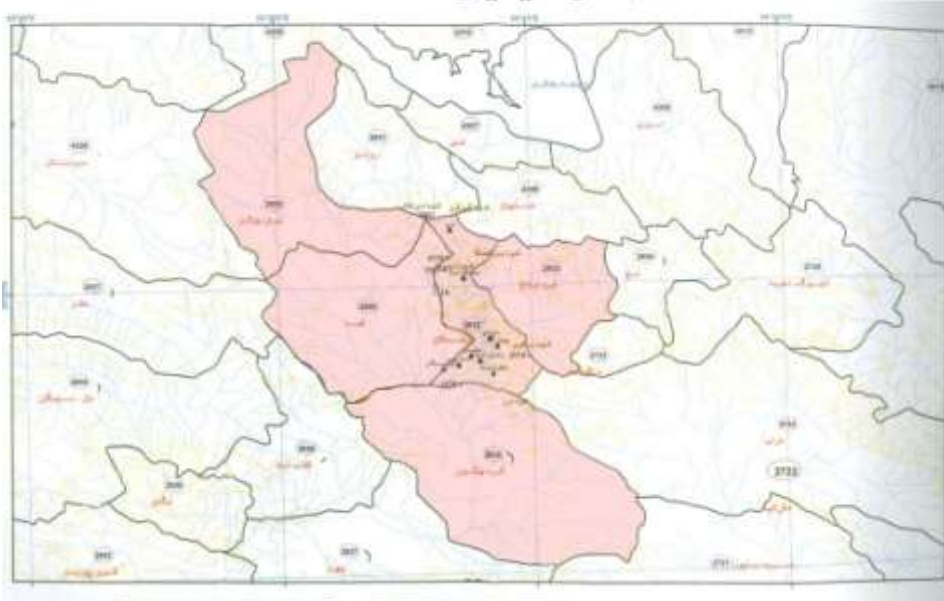
۱. آبیاری، م. و کیانی، ع. ر. ۱۳۸۷. بررسی اقتصادی کاربرد آب شور در مزارع گندم کاری استان گلستان. فصلنامه اقتصاد کشاورزی، ۱(۳): ۱-۱۲.
۲. آمار اداره‌ی آب منطقه‌ی شهرستان فسا. ۱۳۸۸.
۳. آمار اداره‌ی آب منطقه‌ی شهرستان فسا. ۱۳۸۹.
۴. ابریشمی، ح. ۱۳۸۳. مبانی اقتصادسنجی (ترجمه). جلد اول و دوم. چاپ سوم. انتشارات دانشگاه تهران.
۵. اسدی، ه.، شریف‌الدینی، م.، ناظری، ع.، رضائی، ا. و فراغتی، ح. ۱۳۹۰. اثر کاربرد نهاده‌های مختلف بر عملکرد دانه گندم آبی در شهرستان نیشابور. فصلنامه نهال و بذر. شماره ۲۶۰۱.
۶. پوستینی، ک. و بیکر، د. آ. ۱۳۷۷. واکنش فتوسنتزی دو رقم گندم به شوری. مجله علوم و صنایع کشاورزی ایران. ۲۵: ۶۱-۶۸.
۷. تهامی پور، م.، مهرابی بشرآبادی، ح. و کرباسی، ع. ۱۳۸۴. تأثیر کاهش سطح آب زیرزمینی در رفاه اجتماعی تولیدکنندگان: مطالعه موردی پسته کاران شهرستان زرنند. اقتصاد کشاورزی و توسعه. سال سیزدهم. ۹۷: ۴۹-۱۱۵.
۸. حسین زاد، ج. و سلامی، ح. ۱۳۸۳. انتخاب تابع تولید مناسب قیمت گذاری آب در بخش کشاورزی: مطالعه موردی تولید گندم. فصلنامه‌ی اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۴۸: ۴۸-۵۳-۷۳.
۹. خلیلیان، ص. و زارع مهرجردی، م. ر. ۱۳۸۴. ارزش‌گذاری آب‌های زیرزمینی در بهره‌برداری‌های کشاورزی، مطالعه موردی: گندم کاران شهرستان کرمان. اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۵۱: ۱-۱۴.
۱۰. روشنائی، خ.، کاخکی، د. و برادران، م. ۱۳۹۰. تعیین ارزش اقتصادی آب در روش تابع تولید- با بکارگیری مدل‌های کلاسیک و آنتروپی: مطالعه موردی محصول گندم در شهرستان مشهد. مجله اقتصاد و توسعه کشاورزی. شماره ۲۴۰۱.
۱۱. زهتابیان، غ. ر. خلیل پور، ا. و جعفری، م. ۱۳۸۱. تخریب آبخوانه در اثر بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی. مطالعه موردی: دشت قنات قم. بیابان. ۷(۲): ۹۹-۱۱۹.



۱۲. سلطانی، غ. و صیوحی، م. ۲۰۰۸. اثرات اقتصادی و اجتماعی آبکشی بیش از حد منابع آب زیرزمینی. مطالعه موردی: ایران. پانزدهمین کنفرانس سالانه توسعه اقتصادی مصر.
۱۳. شمس الدینی، ا. محمدی، ح. و رضایی، م. ر. ۱۳۸۹. تعیین ارزش اقتصادی آب در زراعت چغندر قند در شهرستان مرودشت، مجله چغندر قند. شماره ۵۱.
۱۴. غزالی، س. و اسماعیلی، ع. ۱۳۹۰. درونی سازی تأثیرات جانبی برداشت آب از چاه‌های کشاورزی اطراف دریاچه پریشان: مطالعه موردی محصول گندم. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی. ۲۵(۲): ۱۶۱-۱۷۱.
۱۵. فتحی، ف. و زیبایی، م. ۱۳۹۰. کاهش رفاه ناشی از افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت فیروزآباد. نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۵(۱): ۱۰-۱۹.
۱۶. کیانی، ع. ر.، میرلطیفی، م.، همایی، م. و آبیاری، م. ۱۳۸۲. بررسی اقتصادی تولید گندم در شرایط شوری و کم آبی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. سال یازدهم، شماره ۴۳ و ۱۶۳-۱۷۸.
۱۷. محسن پور، ر. ۱۳۷۸. بررسی پیامدهای خشکسالی در سطح مزرعه مطالعه موردی: منطقه مرودشت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.
18. Agnihotri A.K., Kumbhare K.V., Sharma D.P. 1992. Econometric consideration for reuse of drainage effluent in water production. *Agri water management*. 22: 249-270.
19. Datta K.K., Dayal B. 2000. Irrigation with poor quality water: An empirical study of input use economic loss and coping strategies. *Agri. Economics*. 55: 26-37.
20. Datta K.K., Sharma V.P., Sharma D.P. 1998. Estimation of a production function for wheat under saline conditions. *Agricultural water management*. 36: 85-94.
21. Domenico P., Anderson D.V., Case C. 1968. Optimal groundwater mining. *Water Resource Research*. vol. 4(2): 247-255.
22. Francois L.E., Grieve V.E., Mass V.E., Scott M.L. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. *Agron*. 86: 100-107.
23. Gayarti A., Barbier E. 2000. Valuating groundwater recharge through agricultural production in the Hadejia-Nguru West land in northern Nigeria. *Agricultural Economics*. 22: 247-259.

24. Gayatri A., Barbier E. 2002. Using domestic water analysis to value groundwater recharge in the Hadejia. *American Journal of Agricultural Economics*. 59: 188-198.
25. Grieve C.M., Scott L.E., Francois L.E., Mass E.V. 1992. Analysis of main-spike yield components in salt-stressed wheat. *cropsci*. 32: 697-703.
26. Jensen C.R. 1982. Effect of soil water osmotic potential on growth and water relationship of barley during soil water depletion. *Irrigation Science*. 3: 111-121.
27. Lindgren A. 1999. The value of water: a study of the Stampriet Aquifer in Namibia. Master Thesis, Umea University. Department of Economics.
28. Meiri A. Shalhevet J. 1973. Pepper plant response to irrigation water quality and timing and leaching. *Ecological Studies*. Vol. IV. Springer-verlag. Berlin. 421-429.
29. Parra M.A., Romero G.C. 1980. On the dependence of salt tolerance of beans on soil water matric potential. *Plant and Soil*. 56: 3-16.
30. Rashid A., Qureshi R.H., Hollington P.A., Wyn Jones R.G. 1999. Comparative responses of wheat cultivars to salinity. *J. Agron. Crop sci*. 182: 199-207.
31. Sepaskhah A.R., Boersma I. 1979. Shoot and root growth exposed to several levels of matric potential and NaCl induced osmotic potential of soil water. *Agronomy Journal*. 71: 746-752.
32. Thompson C.D. 1988. Choice of flexible function forms: review and appraisal. *Western Journal of Agricultural Economics*. 13: 169-183.

## نقشه جغرافیایی کل دشت فسا



جدول ۱- میزان کل آبکشی سالانه بهره برداران مورد مطالعه برای یک هکتار در سال ۸۸-۸۹  
(مترمکعب).

۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱
۳۰۳۵۳۴	۷۸۸۴۰	۱۵۷۶۷۰	۶۳۰۷۲	۴۷۳۰۴	۱۴۱۹۱۲	۱۲۸۱۸۹	۱۲۶۱۴۴	۲۷۵۹۴	۲۹۵۶۵
۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	**۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱
۲۶۰۱۷۲	۱۷۰۲۴۵	۲۸۳۸۲۴	۷۵۱۲۵۲	۱۵۶۷۶۴۷	۱۸۵۹۶۵۸	۷۰۹۵۶۰	۷۲۰۶۳۰	۱۸۹۴۳۰	۵۵۱۸۸۰
۳۰	۲۹	۲۸	۲۷	۲۶	۲۵	۲۴	۲۳	۲۲	۲۱
۱۹۷۱۰	۱۰۱۷۰۳	۹۴۶۰۰	۹۴۶۰۸	۷۵۶۸۶۴	۱۵۷۶۸۰	۳۴۲۹۶۸	۱۲۱۱۲۶۰	۲۱۰۷۱۱	۲۹۰۷۱۴
۴۰	۳۹	**۳۸	۳۷	۳۶	۳۵	۳۴	۳۳	۳۲	۳۱
۷۰۹۶۶۷	۴۰۰۷۷۸	۲۹۳۲۴	۱۵۴۲۲۳	۱۵۰۷۶۸	۱۲۵۳۵۵	۷۶۷۶۷۵	۳۰۴۴۷	۳۲۱۵۳۶	۲۹۶۵۲
۵۰	۴۹	۴۸	۴۷	۴۶	۴۵	۴۴	۴۳	۴۲	۴۱
۱۸۳۱۲۱۶	۱۸۹۲۱۴	۷۲۶۳۰	۱۵۷۶۸۰	۳۰۷۴۳۵	۶۳۰۷۲۰	۵۶۴۰۶۸	۷۸۸۴۱۲	۵۳۳۱۷	۷۸۸۴۰
۶۰	۵۹	۵۸	۵۷	۵۶	۵۵	۵۴	۵۳	۵۲	۵۱
۸۰۸۵۶۵	۳۷۸۵۴۳	۵۶۷۶۵۷	۴۴۱۵۰۴	۳۷۸۲۳۲۱	۳۷۸۴۳۲۱	۱۲۶۱۴۴۲	۹۴۶۱۰۷	۱۲۶۱۴۴۴	۷۵۵۱۹۸
۷۰	۶۹	۶۸	۶۷	۶۶	۶۵	۶۴	۶۳	۶۲	۶۱
۶۶۴۵۶۵	۴۵۶۴۳۴	۱۸۵۳۳۲ ۱	۷۰۷۵۴۳	۹۵۷۶۰۱	۹۸۷۰۰۰	۷۸۰۵۴۳	۱۲۳۳۴۲	۱۰۵۴۷۴	۲۳۶۵۴۴
۸۰	۷۹	۷۸	۷۷	۷۶	۷۵	۷۴	۷۳	۷۲	۷۱
۲۳۱۴۵۷	۸۹۰۱۴۵	۲۳۴۷۸۰	۸۷۸۷۶۱	۱۸۷۹۰۹۰	۵۵۶۴۰۵	۱۸۳۲۱۳۱	۴۵۴۵۱۱	۲۰۷۴۶۱	۸۰۱۷۶۷
۹۰	۸۹	۸۸	۸۷	۸۶	۸۵	۸۴	۸۳	۸۲	۸۱
۱۲۵۳۲۴۱	۷۰۸۳۴۱	۷۸۴۳۳۲	۱۸۱۲۳۱ ۳	۸۳۱۲۱۱	۷۸۱۷۰۰	۸۰۱۳۱۵	۷۴۹۱۲۱	۳۴۹۵۱۱	۷۶۸۱۲۵
۱۰۰	۹۹	۹۸	۹۷	۹۶	۹۵	۹۴	۹۳	۹۲	۹۱
۵۴۳۱۹۸	۵۶۴۱۷۶	۹۸۹۸۰۱	۱۲۲۱۳۴ ۵	۶۷۲۳۱۱	۸۷۲۳۴۱	۱۷۲۳۴۱۳	۳۱۲۲۱۱	۹۸۱۴۳۲	۱۶۱۲۳۱۴
							۱۰۳	۱۰۲	۱۰۱
							۲۱۱۳۴۲	۹۷۷۶۵۴	۷۴۱۳۲۹

مأخذ: یافته های تحقیق

\*\* : حداقل میزان آبکشی سالانه \*\*\* : حداکثر میزان آبکشی سالانه

جدول ۲- نتایج حاصل از تخمین مدل خطی شوری.

متغیرها	ضرائب	خطای معیار	آماره $t$
C	۴۸/۴۹*	۲/۷۵۹	۱۷/۵۷۵
Z1	-۰/۰۰۲۳۷***	۰/۰۰۰۵۷	۴/۱۱۴۰
Z2	۳/۰۵۴۵	۵/۷۶۰۹	۰/۵۳۰۰۳
Z3	-۲/۲۲۴۴	۳/۶۰۶۳	-۰/۶۱۶۸۰
Z4	۵/۰۸۴۹*	۲/۹۹۱۲	۱/۶۹۹۹
Z5	-۲۰/۹۰۱۳	۳/۰۳۸۶۳	-۰/۰۶۸۷۸
Z۶	۰/۲۷۵۷**	۰/۱۲۵۳	۲/۱۹۹۲
Z7	۱۰/۳۵۷*	۵/۶۷۸۰۰	۱,۸۲۴۱
Z8	۲۶/۱۱۷۹***	۶/۴۳۰۲	۴/۰۶۱۷
Z9	-۰/۷۲۸۴۴	۷/۵۰۵۲۵	-۰/۰۹۷۰
D1	۱۲۴۴/۲۶۳***	۴۵/۲۴۲۷	۲۷/۵
D2	۲۵۵۴/۷۱۹***	۳۶۴/۹۴۹	۷/۰۰۰۱۹

$R^2 = ۰/۸۲۸$      $F = ۲۸/۵۵***$

\*: معنی داری در سطح ۱۰ درصد    \*\*: معنی داری در سطح ۵ درصد    \*\*\*: معنی داری در سطح ۱ درصد مأخذ:  
یافته های تحقیق

جدول ۳- نتایج حاصل از تخمین تابع تولید درجه دوم تعمیم یافته ی گندم سال ۸۸-۸۹.

متغیرها	ضرائب	خطای معیار	آماره $t$
C	۱۲۷۴/۱***	۷/۹	۱۶۱/۳
X3	-۰/۳***	۰/۱۱	-۲/۷۳
X4	۲/۱***	۰/۷	۳
W	۱۴/۳**	۶/۸	۲/۱
$1/2W^2$	-۰/۰۰۹۱***	۰/۰۰۳	-۳/۰۳
D2	-۰,۰۲*	۰,۰۱۰۵	-۱,۸۹۱
X3X4	-۰/۰۱***	۰/۰۰۳	-۳/۳
X3W	-۰/۱۲***	۰/۰۴	-۳
X4W	۲۰/۵***	۴/۷	۴/۳۶
X6W	۴/۱***	۰/۷	۵/۸۵
X7W	۱۱۷/۳***	۵/۴	۲۱/۷۲

\*: معنی داری در سطح ۱۰ درصد    \*\*: معنی داری در سطح ۵ درصد    \*\*\*: معنی داری در سطح ۱ درصد  
مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۴- نتایج حاصل از تخمین تابع خطی هزینه ی متغیر گندم (ریال)

متغیرها	ضرائب	خطای معیار	آماره $t$
$C$	۱۱۶۲۳۰***	۱۹/۸۶۸	۵۸۵۰
$O$	۳۸/۶	۱۰/۲۷	۳/۷۶

$R^2=۰/۸۲۱$   
 $F=۲۲۲/۴۴۹***$

\*: معنی داری در سطح ۱۰ درصد \*\* معنی داری در سطح ۵ درصد \*\*\*: معنی داری در سطح ۱ درصد  
 مأخذ: یافته های تحقیق

جدول ۵- میزان تغییر رفاه ناشی از افت سطح آب زیرزمینی

در منطقه مورد مطالعه سال ۸۸-۸۹ (تومان)

شرح	چاه های مورد مطالعه
میزان کاهش رفاه ناشی از افت سطح آب زیرزمینی به ازای هر متر کاهش سطح آب	۱۲۴۹۸۴

مأخذ: یافته های تحقیق