برآورد و مقایسه سطح برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی در الگوهای گوناگون بهره‌برداری و تأثیر آن بر پایداری (مطالعه موردی: دشت بهار استان همدان)

احمد سلطانی ذوقی[۱*] و محمود حاجی رحیمی[۲]

تاریخ دریافت:۹۶/۳/۱۵ تاریخ پذیرش:۹۶/۸/۱۲

چکیده

با توجه به اهمیت مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی، این مطالعه در پی آن است تا با برآورد مقدار تقاضا برای آب کشاورزی در شرایط الگوها و سیاست‌های گوناگون در محدوده دشت بهار استان همدان، مقدار تأثیرگذاری این الگوها بر مقدار برداشت و درنتیجه پایداری برداشت آب از سفره‌های زیرزمینی را مورد بررسی و مقایسه قرار دهد. برای این منظور از تابع تقاضای مشتق‌شده از تابع هزینه محصولات کشاورزی استفاده شد. داده‌های لازم به‌صورت پیمایشی و با استفاده مصاحبه و تکمیل پرسش‌نامه در قالب روش نمونه‌گیری چندمرحله‌ای طبقه‌بندی‌شده برای سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ گردآوری شدند. نتایج نشان دادند هم‌اکنون که شرایط دخالت دولت و کنترل قانونی برقرار است، مقدار برداشت به ازای هر هکتار برابر با ۱۵۸۵۵ مترمکعب است که می‌توان آن را برداشت بی‌رویه در نظر گرفت. نتایج مقدار برداشت در شرایط الگوی مشارکت کامل بهره‌برداران در کنترل برداشت از آب‌های زیرزمینی یا حالت اعطای حق مدیریت به گروه‌های آب بران، معادل ۹۱۸۲/۷۴۶ مترمکعب به ازای هر هکتار محاسبه شد که در میان الگوهای مورد بررسی بهترین گزینه در کاهش مصرف و حفظ پایداری آب‌های زیرزمینی بشمار می‌آید.

طبقه‌بندی JEL : Q1, Q18, Q2, Q25

واژه‌های کلیدی: تابع هزینه، تقاضای مشتق‌شده، آب کشاورزی.

[۱] -. دانشجوی دکتری اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

[۲]- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان.

*- نویسنده مسئول مقاله: ahmad_soltanizoghi@yahoo.com

پیشگفتار

کمبود آب در آغاز هزاره سوم و در دهه دوم قرن ۲۱ به یکی از اساسی‌ترین معضلات بشر تبدیل شده است، معضلی که نه مرزهای سیاسی و نه مرزهای فرهنگی و اعتقادی نمی‌توانند آن را محصور سازند و به‌تنهایی آینده حیات بشری را مورد تهدید قرار داده است (گرتنر، ۲۰۰۷). از میان کل آب‌های این سیاره ۹۷/۲ درصد را آب‌های شور تشکیل داده و سهم آب‌های شیرین تنها ۲/۸ درصد است و همین مقدار آب شیرین نیز به‌صورت یخ‌های قطبی (۷۷/۲ درصد)، سفره‌های آب زیرزمینی (۲۲/۴ درصد)، دریاچه‌های آب شیرین (۰/۳۵ درصد)، آب رودخانه (۰/۰۱ درصد) و بخار موجود در جو (۰/۰۴ درصد)، پراکنده‌شده‌اند. افزون بر این، آب‌های قابل استحصال در سراسر جهان به شکل نامتوازن پراکنده شده‌اند و با توجه به مصارف گسترده این نهاده به وسیله انسان‌ها، این پراکندگی بحران آب را در سراسر دنیا گسترش داده است (ولی سامانی و همکاران، ۱۳۸۱).

بخش کشاورزی، اصلی‌ترین مصرف‌کننده آب است و در سطح جهانی، به‌طور میانگین ۷۰ درصد آب‌های شیرین را مصرف می‌کند. این رقم در کشورهای درحال‌توسعه به بیش از ۹۰ درصد می‌رسد (ایوانز و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به تداوم رشد جمعیت و نیازهای غذایی و رفاهی ناشی از آن، روند برداشت از منابع آبی در جهان در حال افزایش است و این روند می‌تواند بحران را تشدید کند (کاتیک و همکاران، ۲۰۱۳). در ایران، برآوردهای وزارت نیرو حاکی از مصرف ۹۲ درصدی آب شیرین قابل‌استفاده، در بخش کشاورزی است. بخش زیادی از آب مصرفی کشاورزی از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود. بر اساس برآوردهای وزارت نیرو، ۶۸ درصد آب کشاورزی از منبع آب‌های زیرزمینی بدست می‌آید (وزارت نیرو، ۱۳۹۴). بر اساس قوانین کشوری منابع آب زیرزمینی در زمره انفال بشمار آمده و بهره‌برداری و استخراج از آن تا جایی که زیانی برای کل جامعه نداشته باشد و یا بهره‌برداری یک شخص، بهره‌برداری شخص دیگر را محدود نسازد، مجاز است. بهره برداری بی‌رویه از آب زیرزمینی در شرایط کنونی با ساختار ناکارآمد کشاورزی بدون هیچ تردیدی برای کل جامعه در بلندمدت زیان‌های جبران‌ناپذیری ایجاد می‌کند؛ در نتیجه مدیریت اصولی بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی در ایران اهمیت حیاتی دارد (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۶).

این مطالعه در پی است تا از راه برآورد مقدار تقاضا برای آب کشاورزی در محدوده دشت بهار استان همدان، مقدار تأثیرگذاری الگوها و سیاست‌های گوناگون، بر مقدار برداشت آب از سفره زیرزمینی را مورد بررسی و مقایسه قرار دهد. بدیهی است آگاهی از پیامدهای انتخاب الگوها و سیاست‌های گوناگون می‌تواند در راستای حفظ پایداری این منبع ارزشمند و برون‌رفت از بحران کنونی که سالیان زیادی است حیات تمام بخش‌های کشور را تهدید می‌کند، کارگشا باشد.

مطالعات گوناگونی در مورد بهره‌داری از آب‌های زیرزمینی در ایران و جهان انجام شده است. بررسی راهکارهای مدیریتی آب‌های زیرزمینی در دشت نریمانی شامل راهکارهای گوناگون مدیریت منابع آب زیرزمینی از جمله برداشت آزاد (بدون جلوگیری)، بهره‌برداری بهینه آب‌های زیرزمینی، سیاست‌های مالیاتی، دخالت دولت و بازدارندگی قانونی و مشارکت بهره‌برداران در برداشت از آب زیرزمینی و همکاری دولت و گروههای بهره‌برداران نشان داده است، سیاست مالیاتی می‌تواند به‌عنوان مؤثرترین راهکار در پایداری بهره‌برداری از منبع آب زیرزمینی عمل کند (صبوحی و همکاران ۱۳۸۶). هم‌چنین، کاربرد مدل کنترل بهینه برای برداشت آب‌های زیرزمینی از دشت عجب‌شیر (استان آذربایجان شرقی)، نشان داده است که حدود ۳۶ سال طول می‌کشد تا ارتفاع آب در سفره زیرزمینی بالاآمده و در سطح ایستابی بهینه خود قرار گیرد و در این مدت مقدار برداشت آب از سفره باید با ترکیبی از مشارکت دولت و کشاورزان کاهش‌یافته و از یک منبع جایگزین مناسب مانند فاضلاب تصفیه‌شده برای تأمین اضافه نیاز کشاورزان استفاده شود (حسین زاد و همکاران ۱۳۹۰). حسین زاد و کاظمیه (۱۳۹۲). بیان کرده‌اند، با توجه به ارتباط بین مدیریت آب و توسعه کشاورزی، کاهش مقدار تخلیه چاهها و استفاده بهینه از آب‌های سطحی در راستای افزایش سطح زیر کشت آبی می‌تواند موجب بهبود مدیریت منابع آبی در دشت تبریز شود. هم‌چنین، در کنار افزایش سطح زیر کشت آبی، افزایش عملکرد در واحد سطح نیز لازم است و این کار تنها با کاربرد مدیریت درست در برنامه‌های آب و آبیاری و با مشارکت دادن کشاورزان در مدیریت آب و واگذاری مسئولیت‌های گوناگون به آن‌ها می‌تواند عملی شود. نتایج مطالعه هم‌چنین، نشان داده است که بین مدیریت آب و توسعه کشاورزی ارتباطی دوسویه وجود دارد، بنابراین با توجه به اهمیت منابع آب در توسعه کشاورزی لازم است در برنامه‌ریزی‌های توسعه، استفاده پایدار از منابع آب جدی گرفته شود تشکیل و توسعه انجمن‌های آب بران آب‌های زیرزمینی یکی از روش‌های معمول و موفق در بسیاری از کشورها بشمار می‌آید. برای مثال در کشور اسپانیا، یکی از موفق‌ترین انجمن‌های آب‌بران در سطح جهان به نام انجمن آب بران دلتای ابرگات در سال ۱۹۷۶ در واکنش به کاهش شدید کمی و کیفی منابع آب ایجاد شده است. این دلتا مهم‌ترین منبع فعالیت‌های کشاورزی برای ایالت کاتالونیا و شهر بارسلونا بشمار می‌رود. هدف از تأسیس و فعالیت این انجمن ایجاد ارتباطی پایدار میان تولید و مصرف آب در سفره‌های زیرزمینی بود، اما اهداف دیگری نیز از سوی این نهاد همواره مورد تاکید و پیگیری بوده‌اند از جمله: جلوگیری از بی‌نظمی و رشوه‌گیری نیروهای دولتی، برقراری تراز مثبت سفره آب زیرزمینی، بالا بردن سطح کیفی آب‌های زیرزمینی، جذب مشارکت عمومی، افزایش دانش‌ها و آگاهی‌های عمومی. این انجمن با ثبت آب‌بران منطقه فهرست کامل چگونگی برداشت از منابع را داراست (ماسانجی ۲۰۰۶). در یک

مطالعه دیگر و در مورد بهره‌برداری از آبخوان مرزی مشترک آمریکا و مکزیک، مشخص شده است که به‌جای استفاده از روابط تقریبی، لازم است از روابط هیدرولیکی استفاده شود (ناکائو و همکارانش ۲۰۰۲). در مطالعه‌ای دیگر در مورد برداشت بی‌رویه از منابع زیرزمینی منطقه دشت‌های ساحلی در شرق هند به‌منظور تأمین نیاز فعالیت‌های کشاورزی، یک مفهوم جدید در مدیریت پایدار منابع، معرفی شده است. به این صورت که ادعا شده با کاهش عمدی جدول آب‌های زیرزمینی در طول فصل خشک و ایجاد ظرفیت ذخیره‌سازی بیش‌تر در دوره‌های پر آب، می‌توان نوعی راه‌حل برای دوره‌های خشک پیدا کرد (هولاندر، ۲۰۰۹). مدنی و دینار (۲۰۱۲)، استخراج آب به‌صورت پایدار به وسیله نهادها و سازمان‌های غیرتعاونی را بررسی و نشان می‌دهد با سهمیه‌بندی آب و با استفاده از ابزار مبتنی بر بازار، مانند مجوز قابل معامله آب می‌تواند نیاز بلند مدت بخش مدیریت در بهینه سازی برداشت آب را محقق سازد. استبان و دینار (۲۰۱۳)، در مطالعه چگونگی همکاری میان آب‌بران در راستای مدیریت بهره‌برداری آب زیرزمینی نشان می‌دهند که به‌شرط درونی‌سازی هزینه‌های استخراج می‌توان سطح برداشت را کاهش داد، نتایج نشان می‌دهند که سهمیه‌بندی و مجموعه مداخلات سیاستی، دررسیدن به یک مدیریت پایدار آب بیش‌تر مؤثر هستند و حوضه آبی را ازنظر کنترل و برداشت بهینه پایدارتر می‌سازد. باسو و ون متر (۲۰۱۴) با توجه به رشد جمعیت و تقاضای روزافزون آب که منجر به برداشت بی‌رویه آب در جهان و به‌ویژه در مناطق درحال‌توسعه شده است و با اشاره به ارتباط توسعه و محیط‌زیست، آسیب‌های زیست‌محیطی را به‌عنوان بخشی جداناپذیر از رشد و توسعه دانسته است. از سوی دیگر، با اشاره به نیاز به نظارت بر برداشت و واریز آب به حوضه‌های زیرزمینی به تعریف عملکرد پایدار پرداخته و کنترل‌های حاکم بر تغییرات جهانی را در جدول‌های آبی الزامی برشمرده است. مطالعه کهیل و همکاران(۲۰۱۶) سیاست‌های بازار آب، قیمت گذاری آب و همکاری های سازمانی بر برداشت بهینه از منابع را مورد بررسی قرار داده است، نتایج نشان می‌دهند که سیاست‌های بازار نهاد و آب ابزارهای بسیار خوبی برای محدودکردن هزینه‌های خسارت اقتصادی در خشکسالی هستند و تقریبا همان مزایای اجتماعی را بدست می‌آورند. با این حال، قیمت آب یک گزینه سیاستی ضعیف نه صرفا با توجه به مزایای خصوصی و محیط زیستی بلکه از نظر عدالت است. نیاز به افزایش دانش و مشارکت اقشار جامعه را در مدیریت منابع و ممانعت از اعمال سیاست‌های نادرست مدیریتی بخش آب امری ضروری دانسته‌اند. استفاده پایدار در این مطالعه به شرطی امکان‌پذیر است که بخش‌های دانشگاهی و NGO[1]ها همگی در راستای اعمال سیاست‌های مدیریتی در بخش آب حرکت کنند (دیستانانت و همکاران، ۲۰۱۷)

[1] -Non-governmental organization

روش پژوهش

در این مطالعه برای برآورد و مقایسه مقدار تقاضا و برداشت آب از سفره آب زیرزمینی در دشت بهار استان همدان در شرایط الگوها و سیاست‌های گوناگون، از الگوی تقاضای مشتق شده استفاده شده است. برای دست‌یابی به تابع تقاضای مشتق‌شده آب، می‌توان از تابع سود و یا هزینه استفاده کرد. در این مطالعه، تابع تقاضا از تابع هزینه استخراج شده است. برای این کار ابتدا تابع هزینه برآورد و سپس با استفاده از "قضیه شفرد"، از تابع هزینه برحسب نهاده مشتق جزئی گرفته شده و تابع تقاضا بدست آمده است (استیر، ۱۹۸۵).

فرم کلی تابع هزینه ترانسلوگ[1] برای n عامل تولیدی و m محصول به‌صورت رابطه (۱) است (بورگس، ۱۹۷۴)

$$\ln C = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m}\alpha_i \ln y_i + \sum_{i=1}^{n}\beta_i \ln P_i + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\delta_{ij} \ln y_i \ln y_j + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\rho_{ij} \ln y_i \ln P_j \qquad (۱)$$

که در آن C هزینه تولید، y مقدار تولید، P قیمت عوامل تولید، i و j بیانگر نهاده‌هاست و $\ln$ نماد لگاریتم طبیعی و α، δ، γ ، βو ρ ضرایب تخمینی می‌باشند.

در محدوده‌ی جغرافیایی دشت بهار همدان شامل بخش‌هایی از سه شهرستان همدان، بهار و کبودرآهنگ، نمونه‌هایی که در محصولات کشت شده و نهاده‌های مصرفی دارای تشابه بوده‌اند، مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. محصولات مورد بررسی عبارت‌اند از گندم، جو، یونجه، سیب‌زمینی، خیار، گوجه‌فرنگی و چغندرقند و در مقابل نهاده‌های مورد استفاده در تولید محصولات نیز شامل نهاده‌های آب، زمین، نیروی کار، ماشین، کود، سم و بذر می‌باشد. پس از تخمین تابع هزینه لازم است که شرایط یکنوا بودن تابع هزینه، برای هر مشاهده (نمونه) کنترل شود. یکنوا بودن تابع هزینه، لازمه‌اش این است که معادلات سهم نسبی تخمین زده‌شده، برای هر نمونه مثبت باشد. حال اگر سهم عامل i را با S_i نشان داده شود، در نتیجه:

$$x_i = \frac{\partial C}{\partial p_i} \qquad (۲)$$

به گونه‌ای که در اینجا x_i نمایانگر مقدار نهاده i در تولید محصول و C نیز نمایانگر هزینه کل تولید محصول می‌باشد. مطابق قضیه شفرد[2]، تابع تقاضای مشتق‌شده عوامل تولید و معادلات سهم نهاده‌ها به‌صورت روابط (۳)، (۴) و (۵) می‌باشد.

$$x_i = \frac{\partial C}{\partial p_i} \qquad (۳)$$

---

[1] translog cost function
[2] Shephard's lemma

$$\frac{\partial\ \mathrm{lnc}}{\partial\ \mathrm{lnP_i}}=\frac{\frac{\partial c}{c}}{\frac{\partial p_i}{p_i}}=\frac{\partial c}{\partial p_i}*\frac{p_i}{c}=x_i*\frac{p_i}{c}=\frac{x_i p_i}{\sum x_i p_i}=S_i \qquad (۴)$$

$$\mathrm{S_i}=\frac{\partial\ \mathrm{lnc}}{\partial\ \mathrm{lnP_i}}=\beta_i+\sum_{i=1}^{n}\gamma_{ij}\ \mathrm{lnP_j}+\sum_{i=1}^{m}\rho_{ij}\ \mathrm{ln}Y_i \quad (j=1,\ldots \qquad (۵)$$

ازآن‌جا که بر پایه محدودیت همگنی شماره (۳)، تابع هزینه، همگن خطی در قیمت نهاده‌هاست، مجموع نسبت‌های سهم هزینه‌ها برابر ۱ خواهد شد:

$$\sum_{i=1}^{n}S_i=1 \qquad (۶)$$

که در آن S_i سهم هزینه، $\mathrm{P_j}$ قیمت نهاده‌ها، Y مقدار تولید و γ و ρ ضرایب هستند. درصورتی‌که مشتق جزئی از تابع هزینه نسبت به $\mathrm{ln}Y_i$، برابر با تساوی سهم درآمد است، یعنی:

$$\frac{P_{yi}y_i}{C}=R_i=\alpha_i+\sum_{J=1}^{m}\delta_{ij}\ \mathrm{ln\ y_j}+\sum_{i=1}^{n}\rho_{ji}\ \mathrm{ln\ P_i}\quad (j=1,\ldots m) \qquad (۷)$$

در کوتاه‌مدت درآمد و هزینه مستقل از یکدیگر بوده و مجموع تساوی سهم درآمدها الزاماً یک نخواهد شد، به دلیل احتمال وجود همبستگی زیاد در میان متغیرهای توضیحی که به ناکارایی در پارامترهای برآوردی خواهد انجامید. به همین دلیل برای افزایش کارایی و استفاده بیش‌تر از داده‌ها که بدون وارد ساختن پارامترهای جدید باشد، معادلات ترانسلوگ و سهم هزینه و درآمد هم‌زمان برآورد خواهند شد. قضیه شفرد بیان می‌کند که مشتق تابع هزینه نسبت به قیمت عامل تولید، برابر با تقاضای مشروط آن عامل تولید است. قضیه شفرد سهم هرکدام از عوامل تولید را در هزینه کل نشان می‌دهد. تابع تقاضای نهاده آب به‌صورت روابط (۸) و (۹) و (۱۰) است:

$$x_i=\frac{\partial \mathrm{C}}{\partial\ p_i} \qquad (۸)$$

$$\frac{\partial\ \mathrm{lnc}}{\partial\ \mathrm{lnP_i}}=\frac{\frac{\partial c}{c}}{\frac{\partial p_i}{p_i}}=\frac{\partial c}{\partial p_i}*\frac{p_i}{c}=x_i*\frac{p_i}{c}=\frac{x_i p_i}{\sum x_i p_i}=S_i \qquad (۹)$$

$$\mathrm{S_i}=\frac{\partial\ \mathrm{lnc}}{\partial\ \mathrm{lnP_i}}=\beta_i+\sum_{i=1}^{n}\gamma_{ij}\ \mathrm{lnP_j}+\sum_{i=1}^{m}\rho_{ij}\ \mathrm{ln}Y_i \quad (j=1,\ldots \qquad (۱۰)$$

برای تعیین برداشت از منبع، یک منطقه کشاورزی را در نظر بگیرید که برای تأمین بخشی از آب خود، وابسته به یک حوضه آبریز است و به بیان دیگر، کشاورزی منطقه با استفاده از منابع آبریز شناخته‌شده به فعالیت ادامه می‌دهد. ارتفاع سالانه پمپاژ از رابطه (۱۱) قابل‌محاسبه است (فینمان و کناپ،۱۸۹۳):

$$h_{t+1} = h_t + \frac{(1-\theta)w_t - r}{AS} \qquad (11)$$

w_t برداشت آب در زمان t، h_t ارتفاع آب‌کشی، r تغذیه خالص حوضه آبریز از تمام منابع به‌جز آب‌های برگشتی زیرزمینی، θ کسری از آب‌های زیرزمینی که به حوضه آبریز بازمی‌گردد ($1 > \theta > 0$)، A سطح حوضه آبریز، S آب دهی ویژه و h_t ارتفاع اولیه برداشت که مقدار آن معلوم است. با این فرض که منافع حاصل از برداشت آب‌های زیرزمینی به‌وسیله سطح زیر منحنی تابع تقاضای آب آبیاری مشخص شود و هزینه‌های پمپاژ از رابطه‌ی $eh_t w_t$ محاسبه شود (e: هزینه انرژی لازم برای بالا آوردن یک مترمکعب آب به‌اندازه‌ی یک متر) آنگاه منافع خالص سالانه‌ی برداشت از آب‌های زیرزمینی را از رابطه زیر می‌توان محاسبه کرد (اچ. گراب،۱۹۶۸):

$$NB_t = \frac{b}{2}w_t^2 - eh_t w_t \qquad (12)$$

چنانچه دریک حوضه آبریز که تعداد زیادی از آن بهره‌برداری می‌کنند، ضابطه‌ای بر بهره‌برداری حاکم نباشد، آب تا جایی پمپاژ خواهد شد که منافع سالانه پمپاژ، برابر با هزینه نهایی آن شود . یعنی:

$$TC = eh_t w_t \rightarrow MC = eh_t \qquad (13)$$

$$TB = aw_t - \frac{b}{2}w_t^2 \rightarrow MB = a - bw_t \qquad (14)$$

که در آن TC هزینه کل حاصل از برداشت آب و TB منافع کل حاصل از برداشت آب‌های زیرزمینی است (اچ. گراب،۱۹۶۸). با توجه به‌شرط برابری منافع و هزینه‌ها می‌توان گفت:

$$TC = TB \rightarrow eh_t = a - bw_t \qquad (15)$$

رابطه (۱۵)، اساس کار کشاورزان است. به بیان دیگر، کشاورزان تا جایی به برداشت از آب‌های زیرزمینی و هر نهاده دیگری ادامه می‌دهند که معادله بالا صادق باشد، اگر برداشت در شرایط کنترل بهینه صورت گیرد، روابط بالا تا حدودی تغییر خواهد کرد. در حالت کنترل بهینه، منافع نهایی بدست‌آمده از برداشت آب برابر با هزینه نهایی پمپاژ به اضافه هزینه نهایی بهره‌برداری اضافی می‌شود. هزینه نهایی بهره‌برداری اضافی، کاهش منافع خالص تنزیل شده از برداشت یک واحد

اضافی آب در دوره جاری است که محاسبه آن با آگاهی از سطوح بهینه پمپاژ در آینده بدست می‌آید، چنین چیزی را می‌توان از راه برنامه‌ریزی پویا بدست آورد.

یک‌راه تقریبی آن است که پمپاژ آتی را به گونه دقیق برابر مقدار فعلی در نظر گرفت، هرچند این گزینه ممکن است در ظاهر فاقد صحت کافی باشد، اما با توجه به کاهش سطح منابع آب زیرزمینی و از سوی دیگر، افزایش هزینه برداشت اضافی و هم‌چنین، احتمال وضع قوانین جریمه‌ای و دیگر سیاست‌های احتمالی در آینده، برداشت از منابع در سطح کنونی خارج از فرض طبیعی نیست، در این حالت، هزینه‌ی نهایی بهره‌برداری اضافی و مقدار w از روابط (۱۶) و (۱۷) بدست می‌آید (فینمان و کناپ،۱۹۸۳):

$$\mathrm{MUC}=\frac{\mathrm{ew_t}\left(1-\theta\right)}{\mathrm{ASi}} \qquad (۱۶)$$

$$a-bw_t=\frac{ew_t\left(1-\theta\right)}{ASi} \qquad (۱۷)$$

در معادله‌های (۱۶) و (۱۷) i نرخ تنزیل و MUC هزینه‌ی بهره‌برداری نهایی می‌باشد.

زمانی که یک چاه آب تحت تأثیر عوامل گوناگون، ظرفیت ویژه اولیه خود را از دست می‌دهد و افت سطح آب زیرزمینی در آن زیاد می‌شود، بهره‌بردار مجبور می‌شود که بمنظور رسیدن به مقدار آب مورد نیاز، آب را از اعماق بیش‌تر و با صرف زمان بیش‌تری در پمپاژ بدست آورد که این موضوع با افزایش هزینه پمپاژ همراه است. روی هم رفته، هزینه پمپاژ با مقدار آبدهی چاه، مقدار افت، عمق سطح آب زیرزمینی، ارتفاع پمپاژ از سطح زمین، زمان پمپاژ و قیمت سوخت مصرفی رابطه مستقیم دارد. بنابراین، با افزایش هر یک از پارامترهای یاد شده قیمت تمام‌شده آب پمپاژی نیز افزایش می‌یابد که رابطه زیر را بمنظور محاسبه هزینه آب پمپاژی می‌توان نوشت:

$$\mathrm{C}=\frac{\left(\mathrm{Q}\right)\left(\mathrm{S}+\mathrm{SWL}+\mathrm{h}\right)\left(0.746\right)\left(\mathrm{T}\right)\left(\mathrm{K}\right)}{3965*\mathrm{e}} \qquad (۱۸)$$

در این رابطه C قیمت یا هزینه آب پمپاژ شده، S افت ایجادشده در چاه، SWL عمق سطح آب زیرزمینی، h ارتفاع پمپاژ از سطح زمین، $TDH=S+SWL+h$ مجموع ارتفاع پمپاژ = کل بار دینامیک، T مدت‌زمان پمپاژ، K قیمت سوخت، e کارایی یا بازدهی موتور و پمپ، ۰/۷۴۶: فاکتور تبدیل اسب بخار به کیلووات و ۳۹۶۵: فاکتور تبدیل گالن در فوت به اسب بخار.

با توجه به رابطه (۱۸)، می‌توان دریافت که هزینه‌های مربوط به پمپاژ فقط با کارایی یا بازدهی پمپ و موتور نسبت عکس دارد و با دیگر پارامترها رابطه مستقیم داشته و به این معناست که با افزایش هر کدام از پارامترهای موجود در صورت کسر، هزینه‌های پمپاژ افزوده می‌شود. بنابراین،

برای جلوگیری از افزایش هزینه‌ها، انجام عملیات بازیابی چاه آب توصیه می‌شود که انجام این عملیات کاهش هزینه پمپاژ را در پی خواهد داشت (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، ۱۳۹۲).

داده‌های لازم به‌صورت پیمایشی و با استفاده روش نمونه‌گیری چندمرحله‌ای طبقه‌بندی‌شده، گردآوری شده‌اند. در این روش در هر مرحله نمونه‌گیری، با استفاده از روش‌های نمونه‌گیری احتمالی، واحد آماری کوچک‌تر و محدودتر می‌شود و در آخرین مرحله نمونه‌گیری، واحد اصلی در دسترس قرار خواهد گرفت. در این روش برای جامعه، زیر جامعه انتخاب می‌شود که هر زیر جامعه را یک طبقه می‌نامند. اگر از هر طبقه، نمونه‌ای به روش تصادفی ساده گرفته شود، شیوه کلی نمونه‌گیری را نمونه‌گیری تصادفی با طبقه‌بندی می‌نامند (عمیدی، ۱۳۸۵).

در مرحله نخست، دشت بهار به ۳ شهرستان همدان، بهار و کبودرآهنگ تقسیم شده و در مرحله بعد، از هر شهرستان تعدادی بخش انتخاب شد و در آخرین مرحله نیز اقدام به انتخاب روستاها از هر بخش شده است. پس از انتخاب روش نمونه‌گیری، تعیین حجم نمونه از مواردی است که محقق برای انجام پژوهش به آن نیاز دارد. در نمونه‌گیری با طبقه‌بندی، نمونه گر با استفاده از تخصیص اپتیمم به تعیین حجم نمونه‌ای طبقات ایجادشده می‌پردازد. تخصیص اپتیمم به دلیل کاراتر بودن نسبت به سایر تخصیص‌ها (کم‌ترین واریانس) و هم‌چنین، فراهم کردن شرایط لازم برای انتخاب بودجه‌ی معین برای نمونه‌گیری با کم‌ترین واریانس میانگین نمونه‌گیری، در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است. درنهایت، برای جامعه مورد بررسی تعداد ۱۰۰ نمونه برای سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ انتخاب شد.

نتایج و بحث

دشت بهار، یکی از چهار دشت مهم استان همدان است. مساحت حوضه آبریز این دشت ۲۴۵۹ کیلومترمربع و وسعت سفره آبدار اصلی موجود در آبرفت‌های این دشت، حدود ۵۲۰ کیلومترمربع می‌باشد. این سفره، از راه نفوذ مستقیم از ریزش‌های جوی، نفوذ از جریان‌های سطحی، آب برگشتی از مصارف کشاورزی، شرب و صنعت و هم‌چنین، ورودی‌های زیرزمینی تغذیه و از راه برداشت از آب زیرزمینی برای مصارف گوناگون و هم‌چنین، خروجی زیرزمینی تخلیه می‌شود.

مقدار برداشت سالانه کنونی از آب‌های زیرزمینی این دشت، حدود ۳۱۶ میلیون مترمکعب است. در مقابل مقدار برداشت مجاز بیشینه نیز ۱۷۳/۸ میلیون مترمکعب برآورد می‌شود که این مقدار برداشت از منابع آب زیرزمینی با توجه به مقدار بارش‌های جوی و بازگشت آب به آبخوان، به عنوان تنها منابع تجدید آب در آبخوان، بیلان منفی را برای این دشت به همراه دارد.

خلاصه‌ای از داده‌های دشت و مقدار و چگونگی برداشت از آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

مشخصات عمومی چاههای منطقه در جدول (۱) ارایه شده است. نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد در دوره میان سال حفر و سال مورد بررسی عمق چاهها افزایشی معادل ۲۳/۰۵ متر داشته‌اند که ناشی از کاهش ۲۹ متری سطح آب‌های زیرزمینی در همان دوره است. این شدت کاهش را می‌توان در ۱۵۸۵۵ متر مکعب آب برداشت شده از سفره‌های آب زیرزمینی به ازای هر هکتار محصول در ۲۰۷۹ ساعت آبکشی در یک سال زراعی به روشنی مشاهده کرد. عمر بالای چاههای منطقه در غالب موارد منجر به افزایش هزینه‌های نگهداری چاههای منطقه دارد که خود هزینه‌های نگهداری چاهها را افزایش می‌دهد. نکته دارای اهمیت در این میان نوع موتورهایی است که به وسیله کشاورزان در برداشت آب از چاهها مورد استفاده قرار می‌گیرد، از آن‌جا که دسترسی و استفاده از برق به عنوان انرژی مورد نیاز در منطقه ساده‌تر است ۸۰ درصد از چاه‌های آب دارای موتورهای برقی بودند که خود فشار بالایی را به دلیل مدت بالای استفاده در طول سال زراعی بر شبکه برق کشور وارد می‌کند. این درحالی است که ۱۷ درصد چاههای مورد بررسی (بنابر اظهار پرسش شونده) دارای مجوزهای لازم شامل بهره‌برداری، کف شکنی و جابه‌جایی است.

در این مطالعه ۱۰۰ حلقه چاه در دشت بهار مورد بررسی قرار گرفت. ۷۹ درصد چاههای منطقه به وسیله کشاورزان خرده پا اداره گردیده و مالکیت انفرادی دارند و در مقابل ۱۶ درصد چاهها نیز مالکیت مشارکتی داشته و ۵ درصد باقی‌مانده را نیز تعاونی‌ها اداراه می‌کنند. مجموع ۱۰۰ حلقه چاه مورد بررسی، مساحتی معادل ۱۴۹۰ هکتار از مزارع آبی منطقه را زیر پوشش قرار می‌دهند. این مساحت معادل ۸۹/۴ درصد از زمین‌های مورد مالکیت بهره‌برداران چاههای آب است. توجه به این نکته الزامی است که در این مطالعه از بررسی چاههایی که در باغات حفر شده و مصرف آب آن‌ها منحصراً مربوط به باغ‌های منطقه است، صرفه نظر شده است. برخی از داده‌های بدست‌آمده شامل دو دوره کنونی و دوره مربوط به حفر چاه می‌شوند که بیانگر تغییراتی است که در دوره زمانی سال حفر تا سال مورد پرسش پدید آمده است. گفتنی است که میانگین عمق چاههای مورد بررسی در سال حفر، بر اساس مجوز حفر چاه صادر شده و میانگین عمق چاهها هم اکنون بر مبنای مجوزهای حفر و کف شکنی در دوره کنونی بدست آمده‌اند.

در میان بهره‌برداران مورد بررسی ۶۲ درصد دارای سطح سواد سیکل و کم‌تر می‌باشند. ۸۱ درصد بهره‌برداران خانواده‌هایی ۲ تا ۶ نفره دارندبا این وجود میانگین بار تکلفل برای خانواده‌های بهره‌بردار برابر ۵ نفر است. بیش‌ترین گروه سنی را کشاورزان گروه سنی ۴۰ تا ۵۰ سال تشکیل داده‌اند، به گونه‌ای‌که ۲۹ درصد از بهره‌برداران گروه سنی غالب را در منطقه تشکیل می‌دهند. درمجموع ۵۲ درصد از بهره‌برداران موردمطالعه سنی بین ۴۰ تا ۶۰ سال دارند. خلاصه آمار توصیفی بهره‌برداران را نیز در جدول ۲ بیان شده است.

همان‌گونه که در بخش مبانی پژوهش اشاره شد، در این پژوهش با استفاده از داده‌های مقطعی مربوط به بهره‌برداران کشاورزی دشت بهار، تابع هزینه در فرم تابع ترانسلوگ، برآورد شده است. به این منظور با استفاده از داده‌های پرسش‌نامه، تابع هزینه برای ۷ محصول عمده که تحت آبیاری حلقه چاههای مورد بررسی بوده‌اند با تکیه بر ۷ نهاده اصلی کشت این محصولات برآورد شده‌اند. ذکر این نکته الزامی است که در این مطالعه چاههایی مورد ارزیابی و ثبت قرارگرفته‌اند که این هفت محصول زیر پوشش آن‌ها قرار داشته‌اند. خلاصه نتایج تخمین تابع هزینه به دلیل حجم زیاد، در پیوست مقاله ارایه شده است. لازم به ذکر است، تنها متغیرهایی در جدول برآورد تابع هزینه(جدول پیوست)، وارد شده‌اند که در سطوح احتمال ۱، ۵ و ۱۰ درصد معنادار بوده‌اند. تابع تقاضای آب، از تابع هزینه ترانسلوگ به‌عنوان یک شکل انعطاف‌پذیر مشتق شده است؛ به بیان دیگر، با استفاده از "قضیه شفرد "، از تابع هزینه برحسب قیمت نهاده آب، مشتق جزئی گرفته شده است.

در نخستن مرحله، تابع هزینه برای هفت محصول عمده که تحت آبیاری چاههای مورد بررسی بودند، بدست آمده و سپس با استفاده از قضیه شفرد، تابع تقاضای مشروط نهاده آب از تابع تقاضای ۷ محصول عمده ذکر شده برآورد شده است. تابع تقاضای بدست آمده به‌صورت رابطه (۱۹) است:

$$S_{Hamedan} = -۰/۸۶۶ + ۰/۰۴۸ \ln P_1 + ۰/۰۵۳ \ln P_4 - ۰/۰۳۶ \ln P_5 + ۰/۰۳۵ \ln P_7 + ۰/۰۲۳ \ln y_1 - ۰/۰۴۳ \ln y_3 + ۰/۰۳۶ \ln y_4 + ۰/۰۳۰ \ln y_5 + ۰/۰۶۷ \ln y_6 + ۰/۰۴۲ \ln y_7 \quad (۱۹)$$

پس از برآورد تابع تقاضا برای آب کشاورزی، مقدار برداشت آب در شرایط الگوها و سیاست‌های گوناگون با استفاده از تابع تقاضا بدست آمد که در زیر مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند.

مقدار بهره‌برداری در الگوی کنترل قانونی (شرایط کنونی)

هم‌اکنون که شرایط دخالت دولت و کنترل قانونی برقراراست مقدار برداشت به ازای هر هکتار برابر با ۱۵۸۵۵ مترمکعب است. درمجموع، نظر به این‌که مقدار بهره‌برداری در شرایط واقعی از مقدار مجاز ارایه شده در پروانه‌های بهره‌برداری صادر شده در دوره‌های گوناگون بیش‌تر است و از سویی مقدار نیاز به نهاده آب در کشاورزی محدوده موردمطالعه کم‌تر از مقدار برداشت از منابع در شرایط کنونی است، می‌توان به این نتیجه رسید که برداشت در سطح کنونی از برداشت بهینه بیش‌تر است. این برداشت بالا نشان از موفق نبودن الگوی کنترل و دخالت قانونی دولت دارد.

مقدار بهره‌برداری در الگوی بهره‌برداری آزاد یا کنترل نشده

در حالت رقابت آزاد بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی، با توجه به ماهیت ذخیره مشترک بودن منابع آب زیرزمینی، بهره‌برداران علاقه کمی به تأثیرات بهره‌برداری خود بر دیگر بهره‌برداران و سطوح دسترسی به آب در آینده نشان می‌دهند؛ بنابراین منطقی است فرض شود از آبخوان زیرزمینی که بر بهره‌برداری از آن ضابطه‌ای حاکم نیست و تعداد بهره‌برداران زیاد است، آب تا جایی پمپاژ شود که منافع نهایی حاصل از بهره‌برداری آب با هزینه نهایی پمپاژ (که به‌شدت یارانه‌ای و غیرواقعی است) برابر شود. درصورتی‌که اگر هر زارع مالک بخش کوچکی از حوضه آبریز بود، مسئله اثرات جانبی بروز نمی‌کرد و هر زارع تلاش می‌کرد ارزش کنونی تمام جریان‌های درآمدی را که در طول زمان از استحصال آب بدست می‌آمد بیشینه کند. باوجود شرایطی که در آن تعداد زیادی زارع از یک حوضه آبریز مشترک آب برداشت می‌کنند، زارع نمی‌تواند انتظار آب بیش‌تر برای سال آتی خود با پمپاژ کم‌تر آب در زمان حال داشته باشد و به‌جای بیشینه کردن ارزش کنونی، زارعین هرسال آب را تا جایی پمپاژ می‌کنند که هزینه نهایی پمپاژ برابر باارزش نهایی فیزیکی آب شود. برداشت بهینه از برابری مقدار منفعت نهایی با هزینه نهایی که در آن هزینه نهایی شامل هزینه استخراج یا پمپاژ آب است تعیین می‌شود.

بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده از بهره‌برداران متوسط ارتفاع پمپاژ آب برابر با ۷۵/۲۵ متر است. میانگین هزینه استخراج هر مترمکعب به ازای هر متر برابر با ۳۱/۰۱ ریال است که با احتساب ۷۵/۲۵ متر، هزینه نهایی پمپاژ برابر با ۲۰۳۳/۵ ریال به ازای هر مترمکعب آب است، بر این اساس مقدار بهینه برداشت در حالت رقابت آزاد از رابطه (۲۰) بدست می‌آید:

$$۴۶۴۱/۰۴ - ۰/۱۴۲W = ۲۰۳۳/۵ \quad (۲۰)$$

$$MB = MC \rightarrow$$

با استفاده از رابطه (۲۰)، مقدار برداشت در حالت رقابت آزاد برابر با ۱۸۳۸۸/۸۸۹ مترمکعب به ازای هر هکتار بدست می‌آید. گفتنی است که هم‌اکنون مقدار برداشت به ازای هر هکتار در همدان ۱۵۸۵۵ مترمکعب است. مشخص می‌شود که مقدار برداشت در حالت رقابت آزاد ۲۵۳۳/۸۸۹ مترمکعب از برداشت در شرایط کنونی بیش‌تر خواهد بود. این تفاوت ممکن است به دلیل امکان محدود کردن نسبی استفاده از آب در محدوده بهره‌برداری‌ها باشد. به این معنی که شرایط بهره‌برداری به گونه کامل رقابت آزاد را دارا نیست و محدوده سفره آب هر بهره‌برداری برای دیگر بهره‌برداران به‌آسانی قابل‌دست‌یابی نیست، اما آنچه حائز اهمیت است این است که درصورتی‌که بهره‌برداران با استفاده از فناوری مناسب بتوانند به شرایط رقابت آزاد نزدیک شوند مقدار استفاده از

آب‌های زیرزمینی از آنچه که هم‌اکنون نیز دیده می‌شود بالاتر خواهد رفت و بحران آب را بیش از پیش تشدید خواهد کرد.

مقدار بهره‌برداری در شرایط الگوی کنترل بهینه برداشت در طول زمان از آب‌های زیرزمینی

به‌منظور محاسبه مقدار برداشت بهینه در طول زمان و با فرض این‌که آب موجود برای هر بهره‌بردار قابل انحصار و محدود کردن باشد، از مقادیر گوناگون نرخ تنزیل یا نرخ بهره استفاده شده است. نرخ تنزیل در سناریوهای گوناگون ۵، ۱۰، ۱۵ تا ۲۰ درصد در نظر گرفته شد و مقدار برداشت در این حالت‌ها بر اساس رابطه (۲۱) برآورد شده است که در جدول ۳ نشان داده شده است. بدیهی است با افزایش نرخ تنزیل، شدت بهره‌برداری افزایش پیدا می‌کند که این امر ناشی از افزایش هزینه فرصت استفاده از آب است. به‌بیان‌دیگر، با افزایش نرخ تنزیل، هزینه فرصت استفاده از منابع آب در آینده افزایش می‌یابد و استفاده از آن در زمان حال به استفاده از آن در زمان آینده برتری می‌یابد.

$$a - bw_t = \frac{ew_t\left(1-\theta\right)}{AS_i} \qquad (۲۱)$$

مقدار برداشت کنونی با نرخ تنزیل ۱۵/۳۸ درصد منطبق می‌شود. این نرخ تنزیل، با نرخ تنزیل محاسبه‌شده در مطالعه صبوحی و همکاران (۱۳۸۶) برای دشت نریمانی استان خراسان نزدیک است. بر اساس این الگو و با فرض انحصار پذیری آب برای هر بهره‌بردار، بهره‌برداران تنها زمانی از مقدار برداشت کنونی کم‌تر برداشت خواهند کرد که نرخ تنزیل زیر ۱۵ درصد باشد. با توجه به شرایط تورمی کشور و بالا بودن نرخ تنزیل و هم‌چنین، ماهیت ذخیره مشترکی آب زیرزمینی و انحصار ناپذیری آن، عمل بر اساس این الگو در شرایط کنونی کشور چندان عملی و مفید نخواهد بود.

مقدار بهره‌برداری در شرایط الگوی مشارکت کامل بهره‌برداران در کنترل برداشت از آب‌های زیرزمینی

یکی از مشکلات رایج در رابطه با بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، مشکل اضافه برداشت است. اضافه برداشت از دو راه افزایش برداشت لحظه‌ای ناشی از افزایش توان موتور پمپ و افزایش برداشت از راه افزایش ساعت برداشت آب انجام می‌شود. افزایش برداشت لحظه‌ای و افزایش ساعت برداشت از نصب دستگاههای غیرقانونی ناشی می‌شود که کارکرد موتورپمپ‌ها، فراتر از زمان‌های

مقررشده در پروانه و حتی کارکرد در روزهای گوناگون فصل زمستان را باعث می‌شود. بهره‌برداری از آب بیش‌تر چاهها در منطقه به‌صورت انفرادی است و مالکیت آن‌ها در دست بخش خصوصی است. برای محاسبه مقدار برداشت در این الگو از کشش قیمتی نهاده و درآمد نهایی و قیمت تمام‌شده استفاده شد. مقدار برداشت در این الگو برابر با ۹۱۸۲/۷۴۶ مترمکعب به ازای هر هکتار محاسبه شد که به مقدار ۶۶۷۲/۲۵۴ مترمکعب در هر هکتار از برداشت در شرایط کنونی کم‌تر خواهد بود، اما به دلیل وجود ۳ نظام بهره‌برداری متفاوت خصوصی، تعاونی و دولتی از منابع آب، شرایط اجتماعی - فرهنگی و ساختار طایفه‌ای در منطقه در محدوده‌های کوچک، صف‌بندی گروههای مردمی در برابر هم در صورت اهدای حق بهره‌برداری و البته عدم رویکرد ثابت سیاستی در سیاست‌گذاران و در پایان عدم آگاهی دانش بهره‌برداران، این راهکار هرچند در تئوری قابل‌قبول می‌نماید، اما در عمل قابل پذیرش نخواهد بود.

تأثیر سیاست مالیاتی بر مقدار بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی

حوضه‌های آبریز می‌توانند جزو منابع انباره یا روانه قرار گیرند. یک حوضه آبریز که تغذیه طبیعی آن کم‌تر از مقدار برداشت آن باشد، جزو منابع انباره بشمار می‌رود. بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و سیاست مالیاتی بسته به این‌که حوضه آبریز انباره یا روانه باشد، متفاوت است. یک منبع روانه بایستی در هر دوره تا آن‌جا مورد بهره‌برداری قرار گیرد که هزینه نهایی برابر با درآمد نهایی شود. در غیر این صورت ارزش اقتصادی مقادیر استفاده‌نشده، زیان ناشی از بهره‌برداری را نشان می‌دهد، اما منبع انباره به دلیل این‌که برای تولید در دوره‌های بعد قابل‌دسترس باشد، مسئله حفاظت و تخصیص بین دوره‌ای در استفاده از آن مطرح می‌شود. در این شرایط، سطح و شکل مالیات بر مقدار استفاده از منبع آب در دوره‌های گوناگون تولید تأثیر می‌گذارد. در حالتی که سیاست مالیات اعمال‌شده بر آب‌های زیرزمینی به‌صورت مالیات بر درآمدهای انتظاری آتی ناشی از سرمایه‌گذاری انجام‌شده بر زمین‌های آبیاری شده باشد (مالیات بر اساس ارزش)، باعث می‌شود که مالکین بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی را در جهت حال سوق دهند. این سیاست مالیاتی منجر به استفاده شتاب‌زده از آب‌های زیرزمینی به خاطر پرداخت مالیات کم‌تر می‌شود. نتیجه نهایی این سیاست مالیاتی در مقایسه با سیاست مالیات صفر و یا حالتی که مالیات با سطح آب تغییر کند (مالیات برحسب آب پمپاژ شده)، تخلیه سریع‌تر حوضه آبریز و ظهور شرایط مناطق خشک است و اما اگر مالیات به ازای هر واحد نهاده متغیر در نظر گرفته شود، در آن صورت هزینه متغیری خواهد بود که استفاده سالانه منبع را به دلیل انتقال منحنی عرضه منبع به سمت بالا کاهش دهد.

مالیات به ازای هر واحد نهاده بدین مفهوم است که هزینه یک واحد منبع برای سطح از مصرف افزایش‌یافته و کل مالیات سالیانه به مقدار مصرف منبع بستگی دارد. با توجه به آنچه گفته شد، در شرایطی که تقاضا معلوم است، مالیات به ازای هر واحد نهاده استفاده سالانه را کاهش می‌دهد و مالیات بر اساس ارزش (بر پایه ارزش منبع) منجر به استفاده بیش‌تر از منبع می‌شود. با توجه به موارد بالا، منبع آب زیرزمینی دشت بهار حالت انباره دارد، به گونه‌ای مقدار برداشت از مقدار تغذیه طبیعی کم‌تر است. درنتیجه، سیاست مالیات به ازای هر واحد مصرف از منبع که منحنی عرضه را به سمت بالا جابه‌جا خواهد کرد، مناسب‌تر است. البته مقدار مؤثر بودن مالیات به ازای مصرف هر واحد از منبع وابسته به کشش قیمتی تقاضای نهاده است. بر اساس مقادیر پارامترهای بدست‌آمده تقاضای آب به شکل آنچه در رابطه (۱۱) و (۱۴) ارایه شد به‌صورت رابطه (۲۲) قابل‌ارایه است:

$$P = ۴۶۴۱/۰۴ - ۰/۱۴۲W \qquad (۲۲)$$

در رابطه بدست‌آمده P و W به ترتیب قیمت هر مترمکعب آب و هم‌چنین، مقدار آب مصرفی در هر هکتار است. بر اساس رابطه بالا کشش خود قیمتی آب در شرایط قیمت و مقدار میانگین در زمان گردآوری داده‌ها (در جدول ۱ آمده است)، برابر با ۱/۷۳ بدست‌آمده است که نشان‌دهنده کشش‌پذیری تقاضای آب در برابر تغییرات قیمت آن است؛ به بیان دیگر، بر اساس یافته‌های این مطالعه تأثیر سیاست مالیاتی بر کاهش مصرف آب کشاورزی و درنتیجه بهره‌برداری پایدارتر از منابع آب زیرزمینی مثبت است. به گونه‌ای که افزایش یک درصدی قیمت آب ناشی از وضع مالیات ۱/۷۳ درصد برداشت آب را می‌کاهد. در مطالعاتی مانند گلزاری و همکاران (۱۳۹۵) کشش قیمتی تقاضای آب معادل ۱/۲۵ و در مطالعه صبوحی و همکاران (۱۳۸۶) برابر ۱/۳۶ بدست آمده است.

از آن‌جا که سیستم‌های آبیاری و مدیریت منابع آب در دشت بهار استان همدان به دلیل وضعیت معیشتی مردم کم‌تر مورد توجه قرار داشته‌اند، کشش بیش‌تر در این منطقه، ناشی از برداشت‌های بی‌رویه از چاههای مورد بهره‌برداری است. با توجه به پایین بودن غیرمنطقی آب‌بها و یارانه‌ای بودن هزینه استحصال و با توجه به کشش‌پذیر بودن تقاضای آب کشاورزی، سیاست مالیاتی در کنار دیگر سیاست‌ها می‌تواند برداشت بی‌رویه را محدود کند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در بهره‌برداری از سفره آب زیرزمینی دشت بهار، در شرایط کنونی الگوی دخالت دولت و کنترل قانونی برقراراست مقدار برداشت به ازای هر هکتار برابر با ۱۵۸۵۵ مترمکعب است. این مقدار برداشت بسیار بیش‌تر از امکان تغذیه طبیعی آبخوان و به بیان دیگر یک برداشت بی‌رویه بشمار

می‌آید؛ بنابراین، چنانچه هدف اصلاح روند کنونی و برداشت بهینه‌تر از آب‌های زیرزمینی است تدوین و طراحی الگوهای جدید مدیریتی ضروری به نظر می‌رسد. در این مطالعه افزون بر الگوی کنونی، مقدار برداشت در الگوهای برداشت آزاد و بدون کنترل، الگوی کنترل بهینه برداشت در طول زمان از آب‌های زیرزمینی و الگوی مشارکت کامل بهره‌برداران در کنترل برداشت از آب‌های زیرزمینی محاسبه شد و هم‌چنین، تأثیر سیاست مالیاتی بر برداشت از آب‌های زیرزمینی به عنوان راهکار قیمتی بررسی و با شرایط کنونی مقایسه شد و مقدار تأثیرگذاری احتمالی آن‌ها بر کاهش برداشت و رسیدن به استفاده پایدارتر از این منبع حیاتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که در شرایط الگوی بهره‌برداری آزاد و کنترل نشده برداشت معادل ۱۸۳۸۸ مترمکعب در هکتار خواهد بود که نشان می‌دهد کنترل‌های اعمال‌شده و محدودیت‌های اعمال‌شده به وسیله دولت مانند عدم صدور جواز جدید برای حفر چاههای جدید یا لزوم نصب کنتورهای هوشمند بر روی چاههای موجود تا حدودی مؤثر بوده است و توانسته است حدود ۲۵۳۳ مترمکعب در هکتار از مقدار برداشت بکاهد، اما به‌هیچ‌عنوان کافی و مطلوب نیست. چون همچنان که اشاره شد این سطح مصرف بسیار بالا و ناهماهنگ با حفاظت و پایداری این منبع ارزشمند است. در الگوی کنترل بهینه در طول زمان، هدف پاسخگویی به این پرسش است که نرخ تنزیل بالا و بی‌ثباتی اقتصادی تا چه مقداری بر سطح برداشت بی‌رویه تأثیر می‌گذارد و نرخ تنزیل یا نرخ بهره باید به چه سطحی برسد تا فشار بر برداشت منابع آب زیرزمینی کاهش یابد و انگیزه اقتصادی بیش‌تری برای حفاظت این منبع فراهم شود. نتایج نشان دادند، چنانچه نرخ تنزیل به زیر ۱۵ درصد برسد مقدار برداشت از مقدار کنونی کم‌تر می‌شود؛ اما برای تأثیر ملموس و واقعی لازم است نرخ تنزیل به زیر ۵ درصد برسد. در الگوی مشارکت کامل بهره‌برداران در کنترل برداشت از آب‌های زیرزمینی و با فرض این‌که منابع آب قابل انحصار و محدود کردن برای گروه بهره‌بردار باشد، مقدار برداشت به‌شدت کاهش می‌یابد و به سطح ۹۱۸۲ مترمکعب به ازای هر هکتار محدود می‌شود که نسبت به شرایط موجود بیش از ۴۰ درصد کاهش نشان می‌دهد. با وجود این، در مورد منابع آب زیرزمینی که خصلت ذخیره مشترکی دارند، در دنیای واقعی اجرایی شدن چنین الگویی واقع‌بینانه نیست. بررسی تأثیر سیاست مالیاتی نشان داد که کشش خود قیمتی تقاضا برای آب کشاورزی در شرایط موجود دشت بهار برابر با ۱/۷۳ می‌باشد که نشان‌دهنده کشش‌پذیری تقاضای آب در برابر تغییرات قیمت آن است، اما چنانچه پایین بودن غیرمنطقی هزینه استحصال آب زیرزمینی را در نظر گرفته شود، برای دشت بهار در این مطالعه تنها حدود ۲۰۰۰ ریال به ازای هر مترمکعب محاسبه شد، سیاست مالیاتی در کنار دیگر سیاست‌ها می‌تواند برداشت بی‌رویه را به گونه‌ای مؤثر محدود کند. مبلغ ۲۰۰۰ ریال در شرایطی هم اکنون بهره‌برداری پایدار را در محدوده مطالعاتی فراهم نیاورده

است که پیش از این بلالی و همکاران (۱۳۸۹) پیش بینی کرده بودند که با افزایش هزینه‌های استحصال به مقدار ۱۵۰۰ ریال بیلان دشت بهار در استان همدان صفر و در نهایت، مثبت خواهد شد، امری که در طی ۶ سال تا این مطالعه رخ نداده است. با این وجود پیش‌بینی می‌شود چنانچه تنها یارانه‌های پرداختی برای سوخت و برق مورد استفاده در استحصال آب از سفره آب زیرزمینی قطع شود، هزینه استحصال می‌تواند افزایش یابد که با افزایش یک درصد قیمت آب مقدار برداشت این منبع به مقدار ۱/۷۳ درصد کاهش خواهد یافت، ذکر این نکته الزامی است که این مقدار تغییر به شرط ثابت بودن دیگر شرایط (از جمله: درآمد، قیمت محصول، قیمت سایر نهاده‌ها) می‌تواند صادق باشد که در اقتصادی ایستا مورد توجه قرار گرفته است، به بیان دیگر، انتظار کاهش همیشگی استحصال آب ناشی از افزایش مداوم مالیات با توجه به نیاز کشاورزی به نهاده آب امری غیرمنطقی است. این کشش تنها در یک قیمت و یک مقدار مشخص و تحت ثبات دیگر شرایط تعیین شده است و انتظار می‌رود با افزایش مداوم قیمت آب، یکی از مهم‌ترین عناصر این شرایط ثابت یعنی درآمد تغییر کرده و در این‌صورت کشش جدید در نقطه‌ای جدید حاصل خواهد شد. با توجه موارد بالا پیشنهادهای سیاستی زیر بر اساس نتایج مطالعه ارایه می‌شود:

۱- شرایط کنونی برداشت از منابع آب زیرزمینی در دشت بهار که تعمیم‌پذیر به دیگر دشت‌های کشور نیز می‌باشد، نامناسب و نابهینه است. درنتیجه، پیشنهاد می‌شود موضوع اصلاح و بهینه‌سازی الگوی مصرف به‌عنوان یک اولویت اساسی توسعه پایدار کشاورزی کشور مورد توجه مدیران و سیاست‌گذاران کشاورزی قرار گیرد.

۲- پایین بودن قیمت تمام شده استحصال آب از سفره‌های آب زیرزمینی به ازای هر مترمکعب، ناشی از پایین بودن قیمت نهاده انرژی برای استحصال آب است که موجب عدم برداشت بهینه از منابع آب در شرایط کنونی شده است. پیشنهاد می‌شود مطالعاتی در راستای بررسی آثار ناشی از حذف یارانه‌ها انجام پذیرد تا حذف کامل یا بخشی از یارانه‌های پرداختی به عنوان نهاده‌های تولیدی مورد برررسی قرار گیرند.

۳- بهره‌برداری پایدار از آب‌های زیرزمینی، مانند همه منابع طبیعی دیگر، در شرایط بی‌ثباتی اقتصادی و تورم و نرخ بهره و نرخ تنزیل بالا امکان‌پذیر نخواهد بود، درنتیجه، تلاش برای ثبات اقتصادی و کاهش نرخ تنزیل یکی از ضرورت‌های رسیدن به بهره‌برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی است، این امر می‌تواند با مشارکت بهره‌برداران خصوصی در برداشت از منابع در طول زمان و افزایش سرمایه گذاری در دانش‌های نوین کشاورزی پدید آمده و مقدار وابستگی منابع را به نوسانات نرخ بهره کاهش دهد.

۴- هیچ الگوی بهره داری به‌تنهایی نمی‌تواند به گونه کامل مشکل برداشت بی‌رویه را حل کند، درنتیجه، یک استراتژی جامع و دربرگیرنده ترکیبی از الگوهای اقتصادی شامل مدیریت دولت از راه مالیات سبز و جلب مشارکت بهره‌برداران و توسعه تشکل‌های آب بران برای برداشت بهینه گروهی، در کنار ثبات اقتصادی و کاهش نرخ تنزیل، می‌تواند بهترین راه رسیدن به حفاظت و پایداری این منبع حیاتی باشد.

Refrences

- Abdullahi, M. (1375). Economic Evaluation of Agricultural Water Supply Options in Rafsanjan City. MSc, Shiraz University, Faculty of Agriculture (In Persion).
- Basu, N. B., & Van meter, K., (2014). Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. Comprehensive Water Quality and Purification, Volume 4, Pages 57-75.
- Bilali, H Khalilian, P. & Ahmadian, M. (1389). Investigating the role of water pricing in agriculture on the balance of groundwater resources. Economics and Agricultural Development, Volume 24, Issue 2, p. 185-194 (In Persion).
- Distanont, A., Khongmalai, O., Rassameethes, R., & Distanont, S., (2017). Collaborative triangle for effective community water resource management in Thailand. Kasetsart Journal of Social Sciences, (in press).
- Esteban, E., & Dinar, A., (2013). Modeling sustainable groundwater management: Packaging and sequencing of policy interventions. Journal of Environmental Management, 119, 93-102.
- Evans, A., Giordano, M., & Clayton, T. (2012). Investing in Agricultural Water Management to Benefit Smallholder Farmers in Ethiopia. International Water Management Institute (IWMI), P.O.BOX 2075, Colombo, Sri lanka.
- FAO, 1993. Agriculture towards. (2010). Report N.0C93/24. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO, 1995. Water Report 7. Irrigation in Africa in Figures. FAO Rome.
- Feinerman, E. & Knapp, K. C. (1983). Benefits from groundwater management: magnitude. Sensitivity and distribution. American Journal of Agricultural Economics, 65: 703-710.
- Gertner, J, (2007). The Future is Drying Up. New York Times. (Accessed 21 October).
- Golzari, Z., Ishraqi, F. & Karamatzadeh, A.S. (1395). Estimating the economic value of water in wheat production in the city of Gurgan. Journal of Water Research in Agriculture, Volume 30, Number 4, pp. 457-466(In Persion).
- Grube, H. W. (1968). Groundwater utilization and tax policy. American Journal of Agricultural Economics, 50: 1621-1630.

- Hossein Zad, J. & Kazemiyeh, F. (1392). The Status of Water Resources Management in Agricultural Development (Case Study: Tabriz Plain). Journal of Agricultural Research and Development, Volume 44, Issue 3, pp. 369-377(In Persion).
- Kahil, M.T., Connor, J., & Albiac, J. (2015). Efficient water management policies for irrigation adaptation to climate change in Southern Europe. Ecological Economics, 120, 226–233.
- Katic, P., Namara, R., Hope, L., Owusu, E., & Fujii, H. (2013). Rice and irrigation inWest Africa: Achieving food security with agricultural water management strategies. Water Resources and Economics 1. 75-92.
- Kay, M., Franks, T., & Smith, L. (1997). Water: Economics, management and demand. ICID.
- Madani, K., & Dinar, A., (2012). Non-cooperative institutions for sustainable common pool resource management: Application to groundwater. Ecological Economics, Volume 74, Pages 34-45.
- Ministry of Energy (1394). Agriculture accounts for 90% of the country's water resources. Cached Online: http://ayaronline.ir/1394/11/175435.html (In Persion).
- Msangi, S. (2006). Dynamic Resource Usage Externalities under Non-Cooperative Behavior and Agent Heterogeneity the Case of Groundwater Extraction. The 6th Metting On Game Theory and practice, Zaragoza, Spain, (10-12 July).
- Sabouhi M. Soltani, Gh. & Beauty, M. (1386). Evaluation of groundwater resources management solutions: A case study of Narimani plain in Kerman province. Journal of Agricultural Science and Technology, Vol. 11, No. (1), pp. 475-448(In Persion).
- Stier, J. C. (1985). Implication of Factor Substitution, Economies of Scale and Technological Change in United States Pulps and Paper Industry. Forest Science, 31(4): 803-812.
- Vali Samani, c. Tahmasebi, AS. & Tahmasebi Sarvestani, Z. (1381). Water Resources Management and Sustainable Development. Report of the Water Resources Management Organization of the country (In Persion).
- Vice President of Strategic Planning and Control. (1392). Guidelines for the rehabilitation, development and rehabilitation of water wells (Agricultural and

پیوست‌ها

جدول ۱- مختصات حوضه آبریز، چاههای مورد بررسی و مقدار بهره برداری از منابع آب زیرزمینی دشت بهار استان همدان.

شرح	مقدار	شرح	مقدار
سطح حوضه آبریز	۲۴۵۹ کیلومترمربع		
آب برگشتی به حوضه	۶ درصد	آبدهی ویژه آبخوان	۴ درصد
برداشت مجاز (به‌طور تقریبی)	۱۷۳/۸۰۰ میلیون مترمکعب	برداشت کنونی	۳۱۶/۰۰۰ میلیون مترمکعب
میانگین عمق چاه‌ها در زمان نمونه‌گیری	۷۹/۰۵ متر	میانگین عمق چاه‌های دشت سال حفر	۵۶ متر
سطح ایستابی آب در زمان احداث	۲۸/۵- متر	سطح ایستابی آب در زمان نمونه‌گیری	۵۷/۵ - متر
میانگین ماههای خاموش در سال	۵ ماه	عمر چاهها	۲۱/۶ سال
مدت آبکشی در شبانه‌روز	۱۱ ساعت	مدت آبکشی در ماه شبانه	۲۷ روز
مصرف آب در یک هکتار	۱۵۸۵۵ مترمکعب	قطر لوله خروجی	۴ اینچ
هزینه نهایی پمپاژ	۲۰۳۳/۵ ریال	میانگین هزینه پمپاژ	۳۹۰۴/۵ ریال
میانگین سطح زیر کشت	۱۴/۹ هکتار	میانگین کل زمین بهره‌برداران	۱۶/۶۷ هکتار
میانگین تعداد دوره آبیاری	۱۰ روز	وضعیت کیفی آب (شیرین)	۱۰۰ درصد
چاههای دارای پروانه	۸۳ درصد	میانگین بارها کف شکنی یا پشته زنی	۱۱ دفعه
چاههای دیزلی	۲۰درصد		

منبع آمارنامه‌های سازمان آمار – گزارش داخلی شرکت آب منطقه‌ای

جدول ۲- آمار توصیفی بهره‌برداران.

بهره‌برداران دارای سواد سیکل و بالاتر	۴۸ درصد	میانگین سابقه کار	۲۹ سال
میانگین بار تکفل هر بهره‌بردار	۵ نفر	میانگین سن بهره‌برداران	۵۴ سال
دیدگاه آب بران در رابطه با زیان داشتن برداشت غیرمجاز	۱۰۰ درصد	میانگین ساعت آبیاری در هر دور	۱۱ ساعت
موافق بودن در رابطه با پرداخت مالیات	۰ درصد	موافق بودن آب بران به کم‌آبی	۹۲ ساعت
موافق با کافی بودن آب چاه	۸ درصد	بهره‌برداری از چاهها به‌صورت انفرادی	۷۹ درصد

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳- مقادیر برداشت بهینه در شرایط کنترل بهینه.

ردیف	نرخ تنزیل	مقدار برداشت	ردیف	نرخ تنزیل	مقدار برداشت
۱	۵	۱۳۸۳۷/۱۰۷	۵	۱۷	۱۶۰۶۴/۱۹۶
۲	۱۰	۹۰۵/۱۴۷۶۹	۶	۱۸	۱۶۱۷۶/۷۰۱
۳	۱۵	۱۵۸۰۰/۴۶۳	۷	۱۹	۱۶۲۷۸/۷۰۸
۴	۱۶	۱۵۹۳۹/۴۸۳	۸	۲۰	۱۶۳۷۱/۶۲۱

منبع یافته‌های پژوهش

ضرایب اثر مقدار محصول			ضرایب اثر قیمت نهاده‌ها		
پارامتر	ضرایب	آماره t	پارامتر	ضرایب	آماره t
α_0	-۱/۳۹۳	-۱/۹۲۸**	β_1	-۰/۸۸۶	-۱/۸۵۰**
α_1	۰/۳۴۳	۱/۳۳۵*	β_3	-۰/۵۵۲	-۱/۶۲۷*
α_3	۰/۳۳۳	۱/۹۹۵***	β_4	۰/۱۹۰	۱/۲۳۲*
α_4	۰/۴۳۶	۲/۱۹۱***	β_5	۰/۶۰۲	۲/۳۶۱***
α_6	۰/۷۷۷	۱/۳۶۱*			

اثرات متقابل مقدار محصولات			اثرات متقابل قیمت نهاده‌ها			اثرات متقابل مقدار محصول و قیمت نهاده			اثرات متقابل مقدار محصول و قیمت نهاده		
پارامتر	ضرایب	آماره t	پارامتر	ضرایب	آماره t	پارامتر	ضرایب	آماره t	پارامتر	ضرایب	آماره t
γ_{11}	۰/۰۴۸***	۲/۱۳۹	δ_{13}	۰/۰۳۵***	۲/۲۲۰	ρ_{11}	۰/۰۲۳**	۱/۷۸۰	ρ_{56}	۰/۰۴۷*	۱/۵۱۱
γ_{14}	۰/۰۵۳***	۱/۹۹۹	δ_{14}	۰/۰۳۰***	۱/۹۲۰	ρ_{12}	۰/۰۶۱**	۱/۹۰۶	ρ_{57}	-۰/۰۵۹**	-۱/۹۴۰
γ_{15}	-۰/۰۳۶*	-۱/۳۷۵	δ_{15}	۰/۰۵۲**	۱/۸۷۳	ρ_{16}	-۰/۰۷۹***	-۲/۱۹۹	ρ_{61}	۰/۰۶۷*	۱/۵۹۴
γ_{17}	۰/۰۳۵*	۱/۴۵۶	δ_{24}	۰/۰۳۹**	۱/۶۷۴	ρ_{17}	۰/۰۸۱***	۲/۲۳۰	ρ_{63}	-۰/۰۸۲***	-۲/۲۵۳
γ_{22}	۰/۰۵۰*	۱/۵۰۸	δ_{25}	۰/۰۹۱**	۱/۷۳۳	ρ_{21}	-۰/۰۶۷**	-۱/۹۲۴	ρ_{65}	۰/۰۹۶	۲/۰۱۰***
γ_{24}	-۰/۰۴۰**	-۱/۹۰۲	δ_{27}	-۰/۰۴۶**	-۱/۷۸۹	ρ_{25}	-۰/۰۳۹*	-۱/۵۲۰	ρ_{71}	۰/۰۴۲	۱/۳۴۶*
γ_{25}	۰/۰۸۱**	۱/۶۹۹	δ_{33}	-۰/۰۹۴***	-۲/۰۷۸	ρ_{31}	-۰/۰۴۳	-۱/۶۹۵**	ρ_{75}	-۰/۰۶۰	-۲/۱۱۲***
γ_{33}	-۰/۰۶۰**	-۱/۷۷۷	δ_{34}	۰/۰۳۸***	۲/۱۳۹	ρ_{33}	۰/۰۴۹	۱/۳۳۹*	ρ_{77}	۰/۰۷۷	۱/۹۴۹**
γ_{36}	۰/۰۳۶**	۱/۶۳۴	δ_{36}	-۰/۰۷۳	-۱/۶۷۶**	ρ_{37}	۰/۰۸۰	۱/۵۸۱*			
γ_{37}	-۰/۰۴۳**	-۱/۷۱۰	δ_{44}	۰/۰۵۶	۱/۴۷۳*	ρ_{41}	۰/۰۳۶	۱/۷۸۸**			
γ_{45}	-۰/۰۳۴*	-۱/۵۵۶	δ_{45}	-۰/۰۸۷	-۲/۲۰۱***	ρ_{42}	۰/۰۳۶**	۱/۹۲۲			
γ_{55}	۰/۰۶۷***	۲/۱۶۸	δ_{47}	-۰/۰۴۴	-۲/۹۹۹***	ρ_{43}	۰/۰۶۰	۱/۳۷۲			
γ_{56}	۰/۰۶۵***	۲/۲۲۹	δ_{55}	-۰/۰۵۲**	-۱/۷۷۳	ρ_{44}	-۰/۰۷۰***	-۲/۰۱۲			
γ_{57}	-۰/۰۳۰***	-۲/۱۳۷	δ_{66}	۰/۰۷۵*	۱/۴۴۷	ρ_{54}	۰/۰۸۵***	۲/۰۱۸			
γ_{67}	-۰/۰۷۷***	-۲/۱۴۴	δ_{77}	-۰/۰۴۴*	-۱/۵۵۶	ρ_{51}	۰/۰۳۴**	۱/۷۵۴			

محصولات . گندم ۲. جو ۳. یونجه ۴. سیب‌زمینی ۵. خیار ۶. گوجه‌فرنگی ۷. چغندرقند

نهاده‌ها ۱. آب ۲. زمین ۳. نیروی کار ۴. ماشین ۵. کود ۶. سم ۷. بذر