

مدیریت تقاضای مصرف آب با رویکرد اقتصادی در شمال استان سیستان و بلوچستان

جواد شهرکی^{۱*}، علی رهنما^۲، حمیده خاکسار آستانه^۳

۱. دانشیار دانشکده علوم زیست محیطی و کشاورزی پایدار، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲. دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده علوم زیست محیطی و کشاورزی پایدار، دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳. هیئت علمی گروه اقتصاد گردشگری جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

(تاریخ دریافت ۱۳۹۶/۰۹/۳۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۷/۰۳/۱۰)

چکیده

در کشورهای کم آب مانند ایران، توجه به تمامی منابع آبی اهمیت زیادی دارد و این امر در قالب مدیریت یکپارچه منابع آبی قابل اجرا خواهد بود. مطالعه حاضر عوامل مؤثر بر تقاضای آب در مصارف کشاورزی و خانگی و میزان تقاضای آب و بخش های درآمدی و قیمتی در بخش خانگی در شمال استان سیستان و بلوچستان را بررسی کرده است. به این منظور، در بخش خانگی از تابع مطلوبیت استون - گری استفاده شده و در بخش کشاورزی با به کارگیری مدل لاجیت، عوامل کمی و کیفی مؤثر بر مدیریت بهینه منابع آب بررسی شده است. تخمین ضرایب تابع تقاضای خانگی برای آب آشامیدنی در شهرستان های زابل و زهک نشان داد اگر در هر ماه یک نفر به جمعیت شهر اضافه شود، به متوسط ماهانه مصرف سرانه خانگی آب ۰/۰۰۰۷۹ مترمکعب افزوده می شود. همچنین، اگر به صورت ماهانه یک ریال به قیمت واقعی آب اضافه (کم) شود، متوسط ماهانه مصرف سرانه خانگی آب ۲/۵۴ مترمکعب کاهش (افزایش) می یابد و اگر در هر ماه یک درجه سانتی گراد متوسط کمترین دمای روزانه افزایش (کاهش) یابد، متوسط ماهانه مصرف سرانه خانگی آب ۰/۳۰۶ مترمکعب افزایش (کاهش) می یابد. همچنین، تقاضای سرانه در حالت کلی برابر ۶۱/۵ مترمکعب در سال و اضافه مصرف سرانه در این حالت ۲۶/۸ مترمکعب است. همچنین، بخش های قیمتی و درآمدی تقاضای خانگی آب در این حالت به ترتیب برابر با ۰/۲۸۲ و ۰/۳۷۳ هستند که نشان دهنده کم بخش بودن تقاضای آب نسبت به قیمت است. بخش درآمدی نیز کمتر از یک بوده و بیان کننده ضروری بودن کالای آب است. نتایج تخمین مدل مصرف بهینه آب کشاورزی نیز نشان داد بیشترین تأثیر مربوط به متغیر سابقه و تجربه کاری است و سپس به ترتیب متغیرهای استفاده از کودها و سموم شیمیایی، نوع کانال های ارتباطی، روش آبیاری، آموزش و سطح تحصيلات بیشترین تأثیر را در استفاده بهینه از منابع آب کشاورزی دارند.

کلیدواژگان: تابع مطلوبیت استون-گری، شمال سیستان و بلوچستان، مدل لاجیت، مدیریت تقاضای مصرف آب.

مقدمه

حفظ و صیانت از منابع آبی و بهره‌وری بهینه اقتصادی و عادلانه از آب به یک مسئله مهم جهانی تبدیل شده و به همین دلیل در قرن ۲۱ آب یک چالش فراگیر بشری شده است [۱]. بیشتر کشورهای دنیا از جمله ایران با کمبود منابع آب روبه‌رو هستند به گونه‌ای که ایران با متوسط نزولات جوی ۲۶۰ میلی‌متر در سال (برابر یک سوم متوسط مقدار بارندگی جهان) از کشورهای خشک جهان و دارای منابع آب محدود به شمار می‌آید. بر اساس آمار و اطلاعات موجود، میزان منابع آب تجدیدشونده ایران در سال، حدود ۱۲۰ میلیارد مترمکعب تخمین زده می‌شود که این مقدار ۰/۰۰۲ درصد آب‌های شیرین جهان است. همچنین، میزان سرانه منابع آب تجدیدپذیر در کشور حدود ۱۵۵۰ مترمکعب برآورد شده که ۲۰ درصد نسبت متوسط جهانی آن (۷۶۰۰ متر مکعب) است [۲]. کشور ایران در سال ۲۰۲۵ میلادی جزء کشورهایی است که با بحران آب روبه‌رو خواهد بود. نگاهی به شاخص سرانه منابع آب تجدیدپذیر نشان‌دهنده کاهش منظم آن است [۳]. این در حالی است که در شرایط حاضر شاخص سرانه برای مناطق کشور بین کمتر از ۵۰۰ مترمکعب تا چهار هزار مترمکعب در سال متغیر است که ورود کشور در دهه‌های اخیر به مرحله تنش آبی را نشان می‌دهد [۴]. کمپایی منابع آب و ناتوانی انسان در تولید آن، موجب شده تا فاصله بین عرضه و تقاضای آب، به‌ویژه در دهه‌های اخیر به شدت زیاد شود و در اغلب مناطق دنیا کمبود عرضه آب به وجود آید [۵ و ۶]. در مواقعی که عرضه آب دچار بحران می‌شود، به مدیریت تقاضای آب (یعنی کاهش تقاضا در مصرف آن) توجه می‌شود [۷]. با رشد جمعیت علاوه بر مصارف آبیاری، نیاز مصارف شهری و صنعتی نیز رو به افزایش است. ماهیت پیچیده مسائل آب به روش‌های جدیدی نیاز دارد که دیدگاه‌های فنی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی را با هم در نظر بگیرد. این همان مفهوم مدیریت یکپارچه منابع آب است که باید اصلی‌ترین روش برای دستیابی به منابع پایدار آب در سطح ملی و بین‌المللی باشد [۸]. مدیریت جامع باید نیاز همه بهره‌برداران آب را در نظر بگیرد [۹]. در مدیریت یکپارچه منابع آب برای اینکه فرایندها و اقدامات به شکل عرضه و تقاضا در نظر گرفته شوند، باید هم‌زمان به دو سیستم مجزا توجه شود که چشم‌انداز مدیریت آب را شکل می‌دهند. توزیع غیریکنواخت

زمانی و مکانی آب، وجود بیشترین تقاضای آب در زمان‌های بارش کم، نبود توازن بین عرضه و تقاضای آب و محدودیت منابع آبی، استفاده ناکارآمد از آب، اتلاف زیاد آب در بخش کشاورزی و همچنین مکانیزم قیمت‌گذاری ناکارآمد از جمله مشکلات بخش آب کشور بوده که مدیریت منابع آب کشور را پیچیده کرده است [۱۰].

منطقه سیستان در جنوب شرقی ایران و در اقلیمی بیابانی قرار گرفته است. متوسط ریزش‌های جوی در این استان حدود ۵۲ میلی‌متر است. میزان متوسط تبخیر سالیانه از سال آبی ۱۳۷۲-۱۳۷۳ تا کنون حدود ۴۷۷۹ میلی‌متر در سال بوده است. به این ترتیب، میزان تبخیر حدود ۸۵ برابر بارندگی است. سهم عمده‌ای از تأمین آب شمال استان توسط چاه‌نیمه است. چاه‌نیمه ۱-۳ در مجموع ۳۵۰ میلیون مترمکعب ظرفیت دارد، این در حالی است که چاه‌نیمه چهارم به‌تنهایی ۸۰۰ میلیون مترمکعب ظرفیت دارد. سهم تبخیر از مخازن چاه‌نیمه (که تنها منبع تأمین‌کننده آب شرب شهرهای زابل، زهک، زاهدان، ۸۹۵ روستای سیستان و همچنین کشاورزی شبکه مدرن منطقه هستند) حدود ۳۰۰ میلیون مترمکعب در سال است که می‌توان آن را به اندازه حجم مخزن یکی از سدهای بزرگ کشور در نظر گرفت^۱.

در مناطق خشک ایران از جمله سیستان تقریباً همه آب‌های قابل استفاده در حال بهره‌برداری هستند و افزایش میزان عرضه آب در این مناطق غیرممکن و یا بسیار پرهزینه است [۱۱]. بنابراین، تمرکز بر مدیریت تقاضای آب در مناطق خشک می‌تواند برای حل بحران آب راه حل مناسبی باشد.

از جمله مطالعات انجام‌شده در این زمینه می‌توان به مطالعه لوئیس گیکاس و پاپاجورجیو [۱۲] اشاره کرد. آنها در منطقه‌ای که با کمبود آب شیرین و منابع آب زیرزمینی روبه‌روست، مسئله مدیریت یکپارچه منابع آب را با برنامه‌ریزی خطی مختلط بررسی کردند. در این مسئله، تعیین بهینه نمک‌زدایی و احیای فاضلاب، ظرفیت بهینه از امکانات زیاد و سیستم انتقال مطلوب برای نمک‌زدایی و شیرین کردن آب، اصلاح آب و فاضلاب محاسبه شد و در نهایت مدل ارائه‌شده به صورت کاربردی برای جزیره سیروس در دریای اژه ارائه شد.

۱. گزارش آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان

بدیهی است که این جایگزینی به هیچ عنوان تأثیری بر نتایج نخواهد داشت. حال چنانچه در تابع مطلوبیت آب به عنوان کالای یک و سایر کالاها و خدمات مصرفی به عنوان کالای دو در نظر گرفته شود، رابطه ۲ به دست می‌آید:

$$U^* = \ln U = \beta_1 L_n(Q_1 - S_1) + \beta_2 L_n(Q_2 - S_2) \quad (2)$$

یادآوری این نکته ضروری است که متغیرهای جوی در تعیین کمترین مقدار ضروری آب کارکرد اساسی و انکارناپذیری ایفا می‌کنند، بنابراین وارد کردن آن در تابع تقاضای آب سبب افزایش دقت تخمین‌ها می‌شود. متغیر عوامل جوی بر اساس رابطه ۳ در مدل تقاضای نهایی آب وارد می‌شود.

$$S_1^* = S_1 + RW \quad (3)$$

$$M_{i=1}^* = \sum P_i Q_i$$

که در آن S_1 کمترین مقدار ضروری مصرف آب بدون در نظر گرفتن عوامل جوی، W متغیر عامل جوی، R ضریب تأثیر عوامل جوی بر کمترین مقدار مصرف آب و S_1^* کمترین مقدار ضروری مصرف آب با در نظر گرفتن آثار عوامل جوی است.

حال تابع مطلوبیت خانوار را با در نظر گرفتن قید بودجه با استفاده از روش بهینه‌یابی مقید (تابع لاگرانژ) می‌توان حداکثر کرد. از این راه توابع تقاضای گروه کالاهای تعریف شده استخراج می‌شود (رابطه ۴).

$$U^* = \ln U = \beta_1 L_n(Q_1 - S_1) + \beta_2 L_n(Q_2 - S_2) \quad (4)$$

برای حداکثر شدن تابع لاگرانژ و استخراج تابع تقاضای آب لازم است مشتقات جزئی این تابع نسبت به Q_1 و Q_2 (مطلوبیت نهایی درآمد) برابر صفر قرار گیرند. پس از انجام عملیات ریاضی تابع تقاضای آب به صورت زیر تعریف می‌شود (رابطه ۵).

$$Q_1 = \theta_1 + \theta_2 M_i + \theta_3 P_i + \theta_4 W \quad (5)$$

که در آن:

$$M_i = \frac{M}{P_i} \quad P_i = \frac{P_r}{P_i}$$

$$\theta_1 = S_1 \left(1 - \frac{\beta_1}{P_1} \right)$$

$$\theta_2 = \beta_1$$

$$\theta_3 = -\beta_2 S_2$$

$$\theta_4 = R \left(1 - \frac{\beta_1}{P_1} \right)$$

شهادتیت [۱۳] با یک روش اقتصادسنجی کاهش مشکلات آب در اردن را بررسی کرد و نشان داد مدل می‌تواند برای حل مسائل مهم مربوط به فرمولاسیون و اجرای سیاست‌های آب به کار رود. بلالی مقدم و دارابی [۱۴] به پیش‌بینی تقاضای آب شهر همدان با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی پرداخت. نتایج تحقیق ایشان نشان داد با اطلاعات محدود قابل دسترسی، شبکه عصبی با دو لایه نهان که به ترتیب یک و هفت نرون دارند، توانسته است میزان تقاضای روزانه آب شهر همدان را با ضریب همبستگی بیش از ۸۵ درصد و خطای متوسط حدود دو درصد تخمین بزند. موسوی و همکارانش [۱۵] به تخمین توابع تقاضا و تعیین عوامل مؤثر بر مصرف آب و تعیین حساسیت خانوارها برای مصرف آب نسبت به ابزار قیمت در فصول مختلف در شهر مرودشت پرداخته‌اند. آنها توانستند طبق نتایج مدل خطی در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان و متغیرهای توضیحی به کاررفته در آن به ترتیب ۹۰/۴، ۸۴، ۸۵/۶ و ۹۱/۵ درصد از تغییرات متغیر وابسته تقاضای آب خانگی را توجیه کنند. از مطالعات دیگر می‌توان به الاماره [۱۶]، یوان ژو و تول [۱۷]، چن و همکارانش [۱۸]، فتیس و لاگلی [۱۹]، کاریمانزیرا و یعقوبی [۲۰]، شجری و همکارانش [۲۱]، صبحی و نوبخت [۲۲]، خوش‌اخلاق و شهرکی [۲۳] اشاره کرد.

روش تحقیق

در مطالعه حاضر به منظور برآورد تابع تقاضای آب خانگی در شهرستان‌های زاہل و زهک از تابع مطلوبیت استون-گری^۱ به شرح زیر استفاده شده است (رابطه ۱):

$$U = \prod_{i=1}^n (Q_i - S_i)^{\beta_i} \quad (1)$$

با شرط آنکه:

$$Q_i - S_i > 0 \quad i=1, \dots, n$$

$$0 < \beta_i < 1 \quad i=1, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$$

در تابع مطلوبیت استون-گری، U سطح مطلوبیت مصرف‌کننده، Q_i مقدار مصرف کالای i ام، S_i و β_i پارامترهای این تابع و π اپراتور حاصل ضرب است.

در برآوردهای آماری به جای U از $\ln U$ استفاده می‌شود،

در مطالعه حاضر متغیر وابسته مدل، یک متغیر صفر و یک تعریف شد که شامل $Z_i = 1$ برای بهره‌برداران با مصرف بهینه و $Z_i = 0$ برای بهره‌برداران با مصرف غیربهینه است. در مجموع، مدل به کار برده شده در مطالعه حاضر عبارت است از:

$$Z_i = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m \quad (7)$$

که در رابطه X_i نشان‌دهنده متغیرهای مدل (اعم از عددی و موهومی) است. بنابراین، در الگوی لاجیت مطالعه شده، احتمال اینکه i امین فرد مصرف آب بهینه داشته باشد، به صورت رابطه ۸ تعریف می‌شود:

$$P_i = F(Z_i) = F(\alpha + \beta X_i) = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}} = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta X_i)}} \quad (8)$$

که e پایه لگاریتم طبیعی است. برای راحتی با فرض $Z_i = \alpha + \beta X_i$ می‌توان نوشت (رابطه ۹):

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-Z_i}} \quad (9)$$

معادله ۹ بیان‌کننده آن چیزی است که با عنوان «تابع توزیع تجمعی لاجستیک» معروف شده است. اگر P_i یعنی احتمال داشتن خصوصیت مد نظر به وسیله (۱۸) بیان شده باشد، در این صورت $(1 - P_i)$ که احتمال نداشتن خصوصیت مد نظر است چنین می‌شود (رابطه ۱۰):

$$\frac{P_i}{1 - P_i} = \frac{1 + e^{Z_i}}{1 + e^{-Z_i}} = e^{Z_i} \quad (10)$$

حال به طور ساده $(P_i / 1 - P_i)$ نسبت احتمال حادثه مد نظر بر جایگزین آن است. بنابراین، چنانچه از رابطه ۱۰ لگاریتم طبیعی گرفته شود، رابطه ۱۱ به دست می‌آید:

$$L_i = \ln\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = Z_i = \beta_1 + \beta_2 X_i \quad (11)$$

به منظور تخمین، مدل یادشده به ترتیب زیر بازنویسی می‌شود (رابطه ۱۲):

$$L_i = \ln\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = \beta_1 + \beta_2 X_i + u_i \quad (12)$$

حال اگر فرض شود (رابطه ۱۳):

$$P_i^{\wedge} = \frac{n_i}{N_i} \quad (13)$$

که n_i و N_i به ترتیب عبارت اند از: تعداد مشاهدات و تعداد X های دارای خصوصیت مد نظر و $(n_i \leq N_i)$ ، یعنی

قیمت آب (P_1): متوسط قیمت اسمی هر مترمکعب آب آشامیدنی است. طی دوره مطالعه تغییر داشته است و با استفاده از جدول‌های قیمتی مربوط به آن برای سطوح مختلف مصرفی در ماه، که در شرکت آب و فاضلاب موجود است، محاسبه شده و دریافته‌هایی مانند حق اشتراک و یا هزینه‌های متفرقه در آن منظور شده است. درآمد (M): متوسط درآمد اسمی هر نفر تعریف شده که با استفاده از سهم هزینه مسکن در کل هزینه‌های خانوار مقایسه شده است. قیمت سایر کالاهای مصرفی (P_2): شاخص قیمت کالاها و خدمات مصرفی تعریف می‌شود که به عنوان یک جانشین (Proxy) برای متغیر قیمت سایر کالا و خدمات وارد مدل می‌شود. مصرف سرانه (Q_1): متوسط مصرف هر نفر تعریف می‌شود که اطلاعات لازم از مرکز کامپیوتر آب و فاضلاب درباره مقدار مصرف نمونه‌ها طی دوره سه‌ساله (۱۳۹۱ - ۱۳۹۴) به دست آمده است. عوامل جوئی (W): متوسط دما در کلیه فصول دوره مطالعه است که اطلاعات لازم از مرکز هواشناسی شهر زابل و سالنامه آماری استان سیستان و بلوچستان جمع‌آوری شده است.

در استان سیستان و بلوچستان به دلیل خشکسالی و کمبود منابع آبی و برای حمایت از کشاورزان منطقه، امکان برآورد تابع تقاضا (مشابه بخش خانگی) وجود ندارد. به این دلیل، در یک مدل لاجیت به بررسی عوامل کمی و کیفی مؤثر بر مدیریت بهینه منابع آب کشاورزی پرداخته شده است.

ساختار مدل لاجیت^۱ را می‌توان به صورت رابطه ۶ تعریف کرد:

$$Z_i^* = \alpha + \beta X_i + u_i \quad (6)$$

که در آن Z_i^* ، مصرف بهینه آب کشاورزی و X_i برداری از عوامل مؤثر بر مصرف بهینه توسط بهره‌برداران کشاورزی و در واقع متغیرهای مستقل هستند. α و β پارامترهای الگو و u_i جزء خطای الگوست. رابطه ۶ نشان می‌دهد مجموعه‌ای از عوامل می‌تواند بر مصرف بهینه آب کشاورزی تأثیرگذار باشد. از این رو، متغیر دیگری به نام Z_i تعریف شد که از مقادیر صفر و یک تشکیل شده است. به این صورت که اگر $Z_i^* > 0$ باشد، متغیر Z_i دارای مقدار یک و در غیر این صورت دارای مقدار صفر است. بنابراین،

کانال‌های بتونی و نهرهای خاکی) و میزان استفاده از کودها و سموم شیمیایی. درخور یادآوری است برخی از این متغیرها مانند سن، سطح سواد، سابقه و تجربه کاری (دانش فنی کشاورزان)، سطح زیرکشت، آموزش و میزان استفاده از کودها و سموم شیمیایی به صورت عددی و سایر متغیرها کیفی‌اند. آمار و اطلاعات مورد نیاز در تحقیق حاضر به دو صورت پرسشنامه‌ای و کتابخانه‌ای جمع‌آوری شده است. اطلاعات سن، سطح تحصیلات، سابقه و تجربه کاری (دانش فنی کشاورزان)، نوع نظام بهره‌برداری، آموزش، میزان استفاده از کودها و سموم شیمیایی به صورت پرسشنامه‌ای و نوع کانال‌های ارتباطی، روش آبیاری به صورت کتابخانه‌ای و با مراجعه به سازمان‌های مربوط به آن همچون آب منطقه‌ای به دست آمده است.

برخی از آمار و اطلاعات مورد نیاز در تحقیق حاضر به صورت میدانی (نوع کانال‌های ارتباطی، روش آبیاری)، برخی دیگر به صورت پرسشنامه و برخی با مراجعه حضوری به سازمان‌های مربوط به آن همچون آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان گرفته شده است.

نتایج و بحث

در این بخش به تخمین ضرایب تابع تقاضای خانگی برای آب آشامیدنی در شهرستان‌های زابل و زهک، تخمین ضرایب تابع تقاضای خانگی آب آشامیدنی در چهار فصل در شهرستان‌های زابل و زهک، تخمین ضرایب تابع تقاضای آب شرب برای چهار طبقه مصرفی شهرهای زابل و زهک و بررسی عوامل مؤثر بر مدیریت بهینه منابع آب در بخش کشاورزی در شمال سیستان و بلوچستان پرداخته می‌شود [۲۴].

الف) تخمین ضرایب تابع تقاضای خانگی برای آب آشامیدنی در شهرستان‌های زابل و زهک

برآورد تابع تقاضای آب خانگی در شهرهای زابل و زهک با استفاده از آمار سری زمانی در بازه زمانی ۱۳۹۱-۱۳۹۴ انجام می‌شود. نتایج تخمین تابع تقاضای آب خانگی نشان می‌دهد مقدار آماره F معادل ۴۱/۲۳۵ است که بیان‌کننده معنادار بودن متغیرهای واردشده در مدل است. ضریب تعیین R^2 مدل ۰/۸۵۲ است که نشان می‌دهد متغیرهای مستقل توانسته‌اند درصد نسبتاً زیادی از تغییرات متغیر وابسته را توضیح دهند.

اگر فراوانی نسبی محاسبه شود، می‌توان آن را به عنوان تخمینی از P_i حقیقی متناظر با X_i (چنانچه N_i به اندازه کافی بزرگ باشد \hat{P}_i تخمین خوبی از P_i خواهد بود) به کار برد. با استفاده از P_i تخمینی، مدل لاجیت تخمین زده شده، چنین می‌شود (رابطه ۱۴):

$$L_i^{\wedge} = \ln \left(\frac{P_i^{\wedge}}{1 - P_i^{\wedge}} \right) = \beta_1 + \beta_2 X_i + U_i \quad (14)$$

که اگر تعداد مشاهدات N_i در سطح X_i به اندازه کافی بزرگ باشد، L_i^{\wedge} ، تخمین خوبی از L_i واقعی خواهد بود. البته، در مدل لاجیت نیز مانند مدل LPM اجزای اخلاص واریانس ناهمسانی دارند، یعنی به اجبار باید به جای روش OLS از روش WLS استفاده شود. اگر P_i با \hat{P}_i جایگزین شود، خواهیم داشت:

$$\sigma^{\wedge 2} = \frac{1}{N_i P_i^{\wedge} (1 - P_i^{\wedge})} \quad (15)$$

که تخمین زن σ^2 است. برای حل مشکل ناهمسانی واریانس رابطه ۱۵ به شکل زیر تبدیل می‌شود (رابطه ۱۶):

$$\sqrt{w_i} L_i = \beta_1 \sqrt{w_i} + \beta_2 \sqrt{w_i} X_i + \sqrt{w_i} u_i \quad (16)$$

که به این صورت است (رابطه ۱۷):

$$L_i^* = \beta_1 \sqrt{w_i} + \beta_2 X_i^* + V_i \quad (17)$$

که در آن وزن‌های w_i برابر است با $N_i \hat{P}_i (1 - \hat{P}_i)$ ، $L_i = \hat{L}_i$ ، $X_i = X_i^*$ تبدیل شده یا وزنی و V_i جزء اخلاص تبدیل شده است. حال به راحتی می‌توان اثبات کرد با فرض واریانس خطای اولیه به صورت $\sigma_u^2 = 1/[N_i P_i (1 - P_i)]$ جزء اخلاص V_i تبدیل شده دارای واریانس همسان است.

در مطالعه حاضر برای بررسی و تعیین عوامل مؤثر بر مصرف بهینه آب کشاورزی از مدل به این صورت استفاده شده است (رابطه ۱۸):

$$Y = C + \sum_{i=1}^n C_i X_i + u_i \quad (18)$$

که در آن متغیر وابسته، مصرف بهینه و یا غیربهینه آب توسط بهره‌برداران کشاورزی است و متغیرهای مستقل عبارت‌اند از: سن، سطح تحصیلات، سابقه و تجربه کاری (دانش فنی کشاورزان)، نوع نظام بهره‌برداری، روش آبیاری، آموزش (تعداد ساعات‌های شرکت در کلاس‌های ترویجی آموزش مصرف بهینه آب کشاورزی)، نوع کانال‌های ارتباطی

شهرستان‌های زابل و زهک تخمین زده شد. چون عامل جوئی (دما) در فصول یکسان تغییرات ناچیزی دارد و در مدل معنادار نیست، به همین علت برای تخمین تابع تقاضای آب در فصول مختلف، عامل جوئی از مدل حذف شده است. نتایج تخمین تابع تقاضای آب خانگی در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان شهرستان‌های زابل و زهک در جدول ۱ نشان داده شده است. همان طور که نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد، ضریب متغیر جمعیت در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب $0/000542$ ، $0/000841$ ، $0/00229$ و $0/00178$ است. به بیان دیگر، اگر در هر ماه یک نفر به جمعیت شهر اضافه شود، متوسط ماهانه مصرف سرانه خانگی آب در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب $0/000542$ ، $0/000841$ ، $0/00229$ و $0/00178$ اضافه می‌شود. ضریب متغیر قیمت واقعی آب که بیان می‌کند اگر به صورت ماهانه یک ریال به قیمت واقعی آب اضافه (کم) شود، متوسط ماهانه مصرف سرانه خانگی آب چه مقدار کاهش (افزایش) می‌یابد؛ در فصل‌های بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب $12/72$ ، $8/19$ ، $14/87$ و $16/07$ کاهش (افزایش) است.

ج) تخمین ضرایب تابع تقاضای آب شرب برای چهار

طبقه مصرفی شهرهای زابل و زهک

از آنجا که یک نظام محاسبه تصاعدی برای قیمت آب حاکم است، یعنی قیمت بیشتر در ازای مصرف بیشتر، ممکن است احتمال ایجاد یک رابطه مستقیم (مثبت) بین مصرف و قیمت‌ها وجود داشته باشد و سبب اختلال در

$$Q_i = \theta_0 + \theta_1 M_i + \theta_2 P_i + \theta_3 W_i + e_i$$

$$Q_i = 21/24 + 0/00079 M_i - 2/54 P_i + 0/306 W_i + 0/117 MA(1)$$

$$R^2 = 0/852$$

$$D.W = 1/86$$

آماره دوربین واتسن نیز $1/86$ به دست آمد که در محدوده قابل قبول قرار دارد. متغیر جمعیت (M) با اطمینان ۹۹ درصد و متغیرهای قیمت واقعی آب (P) و آب و هوا (W) با اطمینان ۹۵ درصد معنادار هستند که این تأثیر درباره جمعیت و آب و هوا مثبت و در زمینه قیمت واقعی آب منفی است.

ضریب متغیر جمعیت بیان می‌کند که اگر در هر ماه یک نفر به جمعیت شهر اضافه شود، به متوسط ماهانه مصرف سرانه خانگی آب $0/00079$ مترمکعب اضافه می‌شود. ضریب متغیر قیمت واقعی آب بیان می‌کند که اگر به صورت ماهانه یک ریال به قیمت واقعی آب اضافه (کم) شود، متوسط ماهانه مصرف سرانه خانگی آب $2/54$ مترمکعب کاهش (افزایش) می‌یابد. ضریب متغیر متوسط کمترین دما روزانه نشان می‌دهد اگر در هر ماه یک درجه سانتی‌گراد متوسط کمترین دمای روزانه افزایش (کاهش) یابد، متوسط ماهانه مصرف سرانه خانگی آب $0/306$ مترمکعب افزایش (کاهش) می‌یابد.

ب) تخمین ضرایب تابع تقاضای خانگی آب آشامیدنی در

چهار فصل در شهرستان‌های زابل و زهک

در این قسمت با به‌کارگیری مشاهدات فصلی از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ ضرایب تقاضای آب آشامیدنی در چهار فصل در

جدول ۱. نتایج تخمین تابع تقاضای آب خانگی در چهار فصل در شهرستان‌های زابل و زهک

$Q_i = 31.05 + 0.000542M_i - 12.72P_i$ $R^2 = 0.81$ $D.W = 1.93$	تقاضای فصل بهار
$Q_i = 34.03 + 0.00841M_i - 8.19P_i$ $R^2 = 0.87$ $D.W = 1.84$	تقاضای فصل تابستان
$Q_i = 18.41 + 0.00229M_i - 14.87P_i$ $R^2 = 0.88$ $D.W = 1.93$	تقاضای فصل پاییز
$Q_i = 32.86 + 0.000178M_i - 16.07P_i$ $R^2 = 0.97$ $D.W = 1.86$	تقاضای فصل زمستان

در چهار طبقه یادشده، ضریب این متغیر به ترتیب ۰/۳۰۹، ۰/۳۱۷، ۰/۳۳۲ و ۰/۳۶۵ است.

پس از تخمین ضرایب توابع تقاضا با استفاده از مقادیر متوسط متغیرهای توضیحی در هر یک از نه تابع تقاضا، مقدار آب مصرفی سرانه در کلیه حالتها برآورد شده که در جدول ۳ به صورت Q^* مشخص شده است. همان گونه که در بخش روش تحقیق اشاره شد، با استفاده از ضرایب برآوردی، کمترین آب آشامیدنی لازم با توجه به عامل جوئی محاسبه شده که با S^* نشان داده شده است. تفاضل مقدار آب مصرفی سرانه، برآوردی از کمترین آب آشامیدنی مورد نیاز با توجه به عامل جوئی برابر خواهد بود با میزان آب مصرفی مازاد سرانه که در جدولهای ارائه شده با EQ معرفی شده‌اند.

در ادامه، کشش‌های تقاضا با استفاده از توابع تقاضای تخمین زده محاسبه شده که کشش قیمتی E_{IP} و کشش درآمدی E_{IM} است. نتایج بیان کننده کم کشش بودن تقاضای آب است؛ زیرا کلیه کشش‌های قیمتی کوچک‌تر از یک هستند. این امر درباره کشش‌های درآمدی نیز صادق است که نشان دهنده ضروری بودن این کالا است، ولی مشاهده می‌شود در مواجهه با بیشترین اضافه مصرف و بیشترین متوسط درآمد، کشش قیمتی به نسبت بیشتر بوده و این امر نشان می‌دهد افزایش قیمت می‌تواند تأثیر بیشتری در کاهش مصرف این گروه‌ها داشته باشد.

شیب توابع تقاضای تخمین زده شده، شود. بنابراین، برای حل این موضوع و رفع شبهه، اقدام به انتخاب چهار طبقه مصرفی کرده به گونه‌ای که با توجه به جدول های آب‌بها کمترین پرش قیمتی در آنها اتفاق افتاده باشد و رابطه بین قیمت و مصرف در هر طبقه معکوس باشد. تابع تقاضای آب آشامیدنی برای هر یک از این طبقات انتخابی تخمین زده شده است (جدول ۲). ضریب متغیر جمعیت در تقاضای طبقه مصرفی کمتر از ۱۰ مترمکعب، ۱۰ تا ۲۰ مترمکعب، ۲۰ تا ۴۰ مترمکعب و بیش از ۴۰ مترمکعب به ترتیب ۰/۰۰۰۵۴، ۰/۰۰۰۸۹، ۰/۰۰۱۲۶ و ۰/۰۰۱۸۹ است. به بیان دیگر، اگر در هر ماه یک نفر به جمعیت شهر اضافه شود، متوسط ماهانه مصرف سرانه خانگی آب در چهار طبقه مصرفی شهرهای زابل و زهک به ترتیب ۰/۰۰۰۵۴، ۰/۰۰۰۸۹، ۰/۰۰۱۲۶ و ۰/۰۰۱۸۹ متر مکعب اضافه می‌شود. ضریب متغیر قیمت واقعی آب در این چهار طبقه نیز به ترتیب ۰/۰۲، ۰/۲۷، ۰/۸۵، ۰/۱۲- است که نشان می‌دهد اگر به صورت ماهانه یک ریال به قیمت واقعی آب اضافه (کم) شود، متوسط ماهانه مصرف سرانه خانگی آب به ترتیب ۰/۰۲، ۰/۲۷، ۰/۸۵ و ۰/۱۲ مترمکعب کاهش (افزایش) می‌یابد. ضریب متغیر متوسط کمترین دمای روزانه نشان دهنده آن است که اگر در هر ماه یک درجه سانتی‌گراد متوسط کمترین دمای روزانه افزایش (کاهش) یابد، متوسط ماهانه مصرف سرانه خانگی آب چند مترمکعب افزایش (کاهش) می‌یابد. بر این اساس

جدول ۲. تخمین ضرایب تابع تقاضای آب شرب برای چهار طبقه مصرفی شهرهای زابل و زهک

$Q_i = 17.46 + 0.000548M_i - 9.02P_i + 0.122W_i + 0.309MA(1)$ $R^2 = 0.78$ $D.W = 1.97$	تقاضای طبقه مصرفی کمتر از ۱۰ مترمکعب:
$Q_i = 23.18 + 0.00089M_i - 11.27P_i + 0.189W_i + 0.317MA(1)$ $R^2 = 0.81$ $D.W = 1.93$	تقاضای طبقه مصرفی ۱۰ تا ۲۰ متر مکعب:
$Q_i = 31.81 + 0.00126M_i - 14.85P_i + 0.237W_i + 0.332MA(1)$ $R^2 = 0.85$ $D.W = 1.91$	تقاضای طبقه مصرفی ۲۰ تا ۴۰ مترمکعب:
$Q_i = 36.52 + 0.00189M_i - 17.12P_i + 0.282W_i + 0.356MA(1)$ $R^2 = 0.89$ $D.W = 1.77$	تقاضای طبقه مصرفی بیش از ۴۰ مترمکعب:

جدول ۳. ضرایب توابع نه‌گانه تقاضای آب خانگی برآوردشده در شهرهای زابل و زهک

D.W	R ²	MA(1)	θ_3	θ_2	θ_1	ضریب ثابت	نوع تقاضا
۱/۸۶	۰/۸۵۲	۰/۱۱۷	۰/۳۰۶	-۲/۵۴	۰/۰۰۰۷۹	۲۱/۲۴	کل
۱/۹۳	۰/۸۱	-	-	-۱۲/۷۲	۰/۰۰۰۵۴۲	۳۱/۰۵	بهار
۱/۸۴	۰/۸۷	-	-	-۸/۱۹	۰/۰۰۰۸۴	۳۴/۰۳	تابستان
۱/۹۳	۰/۸۸	-	-	-۱۴/۸۷	۰/۰۰۰۲۲۹	۱۸/۴۱	پاییز
۱/۸۶	۰/۹۷	-	-	-۱۶/۰۷	۰/۰۰۰۱۷۸	۳۲/۸۶	زمستان
۱/۹۷	۰/۷۸	۰/۳۰۹	۰/۱۲۲	-۹/۰۲	۰/۰۰۰۵۴۸	۱۷/۴۶	طبقه مصرفی (کمتر از ۱۰ مترمکعب)
۱/۹۳	۰/۸۱	۰/۳۱۷	۰/۱۸۹	-۱۱/۲۷	۰/۰۰۰۰۸۹	۲۳/۱۸	طبقه مصرفی (۱۰-۲۰)
۱/۹۱	۰/۸۵	۰/۳۳۲	۰/۲۳۷	-۱۴/۸۵	۰/۰۰۱۲۶	۳۱/۸۱	طبقه مصرفی (۲۰-۴۰)
۱/۷۷	۰/۸۹	۰/۳۵۶	۰/۲۸۲	-۱۷/۱۲	۰/۰۰۱۸۹	۳۶/۵۲	طبقه مصرفی (بیش از ۴۰ مترمکعب)

سال است. کشش قیمتی تقاضای آب خانگی در این فصل ۰/۲۹۴ و کشش درآمدی برابر ۰/۳۸۲ است. مقدار تقاضای سرانه آب خانگی در فصل پاییز برابر ۵۳/۸ مترمکعب در سال و اضافه مصرف سرانه آن ۲۰/۶ مترمکعب برآورد شده است. کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای خانگی آب در این فصل به ترتیب برابر ۰/۲۶۱ و ۰/۳۵۰ است. تقاضای سرانه در فصل زمستان برابر ۴۱/۴ مترمکعب در سال و اضافه مصرف سرانه آن ۱۵/۱ مترمکعب برآورد شده است. کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای خانگی آب در فصل زمستان به ترتیب برابر ۰/۱۸۶ و ۰/۳۲۸ است. به همین ترتیب، میزان سرانه مصرف آب خانگی و مازاد مصرف آن به همراه کشش‌های قیمتی و درآمدی در طبقات مصرفی چهارگانه محاسبه شده و نتایج آن در جدول ۴ آمده است. در طبقه مصرفی نخست یعنی با میزان مصرف کمتر از ۱۰ مترمکعب در ماه، تقاضای سرانه برابر ۳۷/۵ مترمکعب در سال و اضافه مصرف سرانه آن ۲/۸ مترمکعب برآورد شده است. کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای خانگی آب به ترتیب برابر ۰/۱۱۵ و ۰/۲۱۴ هستند.

در طبقه مصرفی با میزان مصرف بین ۱۰ تا ۲۰ مترمکعب در ماه، تقاضای سرانه برابر ۴۷/۶ مترمکعب در سال و اضافه مصرف سرانه آن ۱۲/۹ مترمکعب برآورد شده است. کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای خانگی آب به ترتیب برابر با ۰/۱۷۳ و ۰/۲۸۳ هستند. در طبقه مصرفی با میزان مصرف بین ۲۰ تا ۴۰ مترمکعب در ماه، تقاضای

با استفاده از ضرایب معادلات برآوردشده، مقدار آب مصرفی سرانه (Q^*) کمترین آب آشامیدنی مورد نیاز (S^*) با توجه به عامل جوئی محاسبه و به ترتیب در جدول ۴ آمده است. تفاضل آب مصرفی سرانه و کمترین آب آشامیدنی برابر با میزان آب مصرفی مازاد سرانه (EQ^*) است که در ستون سوم جدول نشان داده شده است. همچنین، مقادیر مربوط به کشش‌های قیمتی (E_{ip}) و درآمدی (E_{im}) در ستون‌های بعدی آمده است.

طبق اعداد و ارقام محاسباتی، تقاضای سرانه در حالت کلی معادل با ۶۱/۵ مترمکعب در سال و اضافه مصرف سرانه در این حالت ۲۶/۸ مترمکعب برآورد شده است. همچنین، کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای خانگی آب در این حالت به ترتیب برابر با ۰/۲۸۲ و ۰/۳۷۳ هستند. بنابراین، کشش قیمتی تقاضای خانگی بیان‌کننده کم‌کشش بودن تقاضای آب نسبت به قیمت است زیرا اندازه این کشش کمتر از یک محاسبه شده است. کشش درآمدی نیز کمتر از یک است و بیان‌کننده ضروری بودن کالای آب است.

تقاضای سرانه در فصل بهار برابر ۵۹/۴ مترمکعب در سال و اضافه مصرف سرانه آن ۲۱/۱ مترمکعب برآورد شده است. کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای خانگی آب در فصل بهار به ترتیب برابر با ۰/۲۷۸ و ۰/۳۷۱ هستند. در فصل تابستان تقاضا کل سرانه آب خانگی ۶۶/۱ مترمکعب در سال و اضافه مصرف سرانه برابر ۲۵/۹ مترمکعب در هر

جدول ۴. مقادیر تقاضای سرانه آب خانگی، اضافه مصرف سرانه، کشش‌های قیمتی و درآمدی در شهرهای زابل و زهک

E_{Im}	E_{Ip}	EQ^*	S^*	Q^*	نوع تقاضا
۰/۳۷۳	-۰/۲۸۲	۲۶/۸	۳۴/۷	۶۱/۵	تقاضای کل
۰/۳۷۱	-۰/۲۷۸	۲۱/۱	۳۸/۳	۵۹/۴	تقاضای فصل بهار
۰/۳۸۲	-۰/۲۹۴	۲۵/۹	۴۰/۲	۶۶/۱	تقاضای فصل تابستان
۰/۳۵۰	-۰/۲۶۱	۲۰/۶	۳۳/۲	۵۳/۸	تقاضای فصل پاییز
۰/۳۲۸	-۰/۱۸۶	۱۵/۱	۲۶/۳	۴۱/۴	تقاضای فصل زمستان
۰/۲۱۴	-۰/۱۱۵	۲/۸	۳۴/۷	۳۷/۵	طبقه مصرفی (کمتر از ۱۰ مترمکعب)
۰/۲۸۳	-۰/۱۷۳	۱۲/۹	۳۴/۷	۴۷/۶	طبقه مصرفی (۱۰-۲۰)
۰/۳۶۶	-۰/۲۲۴	۴۰/۷	۳۴/۷	۷۵/۴	طبقه مصرفی (۲۰-۴۰)
۰/۳۷۸	-۰/۲۷۱	۵۹/۱	۳۴/۷	۹۳/۸	طبقه مصرفی (بیش از ۴۰ مترمکعب)

می‌کنند، با مقدار یک و بهره‌بردارانی که از منابع آب استفاده غیربهینه دارند، با مقدار صفر وارد شدند.

برای بررسی میزان تأثیر عوامل مؤثر بر مدیریت منابع آب کشاورزی، با استفاده از آنالیز آماری بین متغیرها، متغیرهای مستقل از جمله سن، سطح تحصیلات، سابقه و تجربه کاری (دانش فنی کشاورزان)، نوع نظام بهره‌برداری، روش آبیاری، آموزش (تعداد ساعت‌های شرکت در کلاس‌های ترویجی آموزش مصرف بهینه آب کشاورزی)، نوع کانال‌های ارتباطی (کانال‌های بتونی و نهرهای خاکی) و میزان استفاده از کودها و سموم شیمیایی در مدل وارد شدند (جدول ۵).

نتایج تخمین اولیه مدل نشان داد متغیرهای سن و نوع نظام بهره‌برداری (خرده‌مالکی و عمده‌مالکی) معنادار نیستند. بنابراین، متغیرهای یادشده حذف و مدل دوباره تخمین زده شد. جدول ۶ نتایج تخمین مدل مدیریت منابع آب کشاورزی را نشان می‌دهد. همان طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، عامل سودمندی برازش مدل، که یکی از شاخص‌های مهم در تخمین مدل‌های لجستیک است، ۷۲ درصد به دست آمده که نشان‌دهنده خوبی برازش مدل و قابلیت تعریف متغیر وابسته توسط متغیرهای مستقل است. در این مدل عامل لازم برای محاسبه اثر نهایی ۰/۲۳۴۷ بوده و مقادیر مربوط به اثر نهایی از حاصل ضرب مقدار این عامل (۰/۲۳۴۷) در مقدار ضریب متغیرها به دست آمده است. این مقدار نشان‌دهنده میزان احتمال مدیریت بهینه آب کشاورزی بر اثر تغییر یک واحد در متغیر مستقل است.

سرانه برابر ۷۵/۴ مترمکعب در سال و اضافه مصرف سرانه آن ۴۰/۷ مترمکعب برآورد شده است. کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای خانگی آب به ترتیب برابر ۰/۲۲۴ و ۰/۳۶۶ است. در نهایت، در طبقه مصرفی با بیش از ۴۰ مترمکعب مصرف در ماه، تقاضای سرانه برابر ۹۳/۸ مترمکعب در سال و اضافه مصرف سرانه آن ۵۹/۱ مترمکعب برآورد شده است. کشش‌های قیمتی و درآمدی تقاضای خانگی آب به ترتیب برابر ۰/۲۷۱ و ۰/۳۷۸ محاسبه شده‌اند.

د) بررسی عوامل مؤثر بر مدیریت بهینه منابع آب در بخش کشاورزی در شمال سیستان و بلوچستان

در این بخش از گزارش به بررسی وضعیت مدیریت بهینه منابع آب در بخش کشاورزی پرداخته شده است. در استان سیستان و بلوچستان به دلیل خشکسالی و کمبود منابع آبی و برای حمایت از کشاورزان منطقه، امکان برآورد تابع تقاضا (مشابه بخش خانگی) وجود ندارد. به این دلیل، در یک مدل لاجیت عوامل کمی و کیفی مؤثر بر مدیریت بهینه منابع آب کشاورزی بررسی شده است.

برای تخمین مدل لاجیت، دو گروه بهره‌برداران کشاورزی با مصرف بهینه و غیربهینه آب در منطقه مطالعه شده (شمال استان سیستان و بلوچستان)، مد نظر هستند. درخور یادآوری است نمونه آماری طوری در نظر گرفته شده که شرط همگنی بین بهره‌برداران نمونه رعایت شود، به طور مثال این نمونه‌ها الگوی کشت مشابه دارند. همچنین، با توجه به کاربرد مدل لاجیت، میانگین مصرف آب در هر هکتار در کل نمونه‌ها، معیار بهینه و غیربهینه بودن مصرف آب در نظر گرفته شده است. بنابراین، در متغیر وابسته (Y)، بهره‌بردارانی که از آب استفاده بهینه

۱. نتایج آنالیز آماری نشان داد بین متغیرهای مستقل انتخاب‌شده در سطح پنج درصد با یکدیگر وابستگی وجود ندارد و نیز بین متغیرهای مستقل با وابسته، وابستگی مناسبی وجود دارد.

جدول ۵. نتایج تحلیل همبستگی بین متغیرهای مدل

مدیریت منابع آب کشاورزی		متغیرها
p	r	
۰/۰۹۵	*۰/۳۰	سن
۰/۰۴۴	**۰/۶۷	سطح تحصیلات
۰/۰۰۱	***۰/۷۵	سابقه و تجربه کاری
۰/۰۴۱	**۰/۵۸	نوع نظام بهره‌برداری
۰/۰۴۱	**۰/۶۰	روش آبیاری
۰/۰۴۵	**۰/۶۳	آموزش
۰/۰۰۱۸	***۰/۷۲	نوع کانال‌های ارتباطی
۰/۰۰۱	***۰/۷۰	میزان استفاده از کودها و سموم شیمیایی

* سطح معناداری ۱۰ درصد؛ ** سطح معناداری پنج درصد و *** سطح معناداری یک درصد

ضریب متغیر آموزش $0/0347$ و اثر نهایی آن $0/0081$ است. یعنی با افزایش یک ساعت به ساعت‌های شرکت بهره‌برداران کشاورزی در کلاس‌های ترویجی مرتبط با مصرف آب، احتمال مشارکت آنها در فعالیت‌های آبیاری مزارع $0/81$ درصد افزایش می‌یابد. بنابراین، برگزاری کلاس‌ها در زمان مناسب و با موقعیت مکانی مناسب و نیز استفاده از مناسب‌ترین روش‌های انتقال مفاهیم مصرف بهینه آب کشاورزی متناسب با سطح سواد بهره‌برداران، می‌تواند سبب مدیریت منابع آب کشاورزی در منطقه شود. از دیگر متغیرهای این مدل، استفاده از کودها و سموم شیمیایی است. ضریب به‌دست‌آمده برای این متغیر منفی و با اطمینان 99 درصد معنادار است. به بیان دیگر، استفاده بیشتر از کودها و سموم شیمیایی سبب استفاده غیر بهینه از منابع آب کشاورزی و مصرف بی‌رویه آن می‌شود. مقدار ضریب این متغیر $1/152$ و اثر نهایی آن $0/2704$ درصد است، یعنی کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی 27 درصد سبب افزایش احتمال استفاده بهینه از منابع آب کشاورزی می‌شود.

با توجه به مقدار ضرایب به‌دست‌آمده برای متغیرهای مستقل، بیشترین تأثیر مربوط به متغیر سابقه و تجربه کاری است. سپس، به ترتیب متغیرهای استفاده از کودها و سموم شیمیایی، نوع کانال‌های ارتباطی، روش آبیاری، آموزش و سطح تحصیلات بیشترین تأثیر را بر استفاده بهینه از منابع آب کشاورزی دارند.

متغیرهای سابقه و تجربه کاری با اطمینان 90 درصد، روش آبیاری، سطح تحصیلات و نوع کانال‌های ارتباطی با اطمینان 95 درصد و آموزش با اطمینان 99 درصد، تأثیر مثبت و معناداری بر استفاده بهینه از منابع آب کشاورزی دارند. متغیر سابقه و تجربه کاری نشان می‌دهد با افزایش یک سال تجربه و سابقه کاری بهره‌برداران کشاورزی، $50/42$ درصد به میزان احتمال مدیریت بهینه منابع آب کشاورزی توسط آنها اضافه می‌شود. همان‌طور که در بررسی نمونه آماری دیده می‌شود، بیشتر بهره‌برداران مطالعه شده تجربه و سابقه کاری بیش از 15 سال دارند. همچنین، با توجه به میزان تأثیر زیاد این عامل بر مصرف بهینه آب کشاورزی، انتقال دانش فنی و تجربه بهره‌برداران باتجربه در خصوص روش‌های مصرف بهینه آب کشاورزی به سایر بهره‌برداران کشاورزی می‌تواند به مدیریت منابع آب در منطقه کمک کند. ضریب روش آبیاری $0/0742$ و اثر نهایی آن $0/174$ درصد به دست آمده است. بنابراین، استفاده از روش‌های نوین آبیاری در مقایسه با روش‌های سنتی سبب افزایش 17 درصدی در احتمال استفاده بهینه از منابع آب کشاورزی است. متغیر نوع کانال‌های ارتباطی که در سطح 95 درصد معنادار است و مقدار ضریب آن $0/5283$ و اثر نهایی آن $0/124$ است، نشان می‌دهد استفاده بیشتر از کانال‌های بتونی در مقایسه با نهرهای خاکی برای انتقال آب درصد احتمال استفاده بهینه از منابع آب کشاورزی را $12/4$ درصد افزایش می‌دهد.

جدول ۶. نتایج تخمین مدل مدیریت بهینه منابع آب کشاورزی در شمال سیستان و بلوچستان

متغیر	نام متغیر	ضریب	خطای معیار	اثر نهایی
ضریب ثابت	C	*۲/۵۴۱	۱/۰۲۵۴	-
سطح تحصیلات	X1	** ۰/۰۲۴۶	۰/۶۱۷۵	۰/۰۰۵۸
سابقه و تجربه کاری	X2	* ۲/۱۴۸۲	۱/۱۵۲۳	۰/۵۰۴۲
آموزش	X3	*** ۰/۰۳۴۷	۰/۲۵۳۶	۰/۰۰۸۱
استفاده از کودها و سموم شیمیایی	X4	*** -۱/۱۵۲۰	۳/۷۴۲۵	-۰/۲۷۰۴
روش آبیاری	D1	** ۰/۰۷۴۲	۰/۰۴۵۲۱	۰/۰۱۷۴
نوع کانال‌های ارتباطی	D2	** ۰/۵۲۸۳	۱/۲۵۹۶	۰/۱۲۴۰
اثر نهایی			۰/۲۳۴۷	
عامل خوبی برازش			۰/۷۲	

* سطح معناداری ۱۰ درصد؛ ** سطح معناداری پنج درصد و *** سطح معناداری یک درصد

نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادها

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تخمین ضرایب تابع تقاضای خانگی برای آب آشامیدنی در شهرستان‌های زابل و زهک می‌توان گفت که متغیرهای جمعیت، آب و هوا رابطه مثبت و معنادار و متغیر قیمت واقعی آب رابطه منفی و معنادار با تقاضای خانگی آب آشامیدنی دارند. همچنین، عوامل سابقه و تجربه کاری، آموزش، سطح تحصیلات، روش آبیاری و نوع کانال‌های ارتباطی تأثیر مثبت و معنادار و استفاده از کودها و سموم شیمیایی تأثیر منفی و معناداری بر مدیریت بهینه منابع آب در بخش کشاورزی در شمال استان سیستان و بلوچستان داشته است. بر همین اساس و با استفاده از ایده‌های کارشناسان در حوزه آب، پیشنهادهایی برای مدیریت تقاضای آب در مصارف خانگی و کشاورزی ارائه شد:

مصارف آب شهری روش‌های مناسب برای کاهش تقاضای مصرف آب هستند که باید از طریق ابزار قانونی، فنی، مالی و نیز آگاه‌کردن و آموزش همگانی به طور فعال و مستمر پیگیری شود.

- کمبود اطلاع از میزان مصرف و الگوی بهینه مصرف آب، کمبود اطلاعات کافی درباره عوامل کاهش تقاضا، راحت‌تربودن اجرای برنامه‌های عرضه آب نسبت به تقاضا، کم‌بودن قابلیت پذیرش جامعه برای اجرای فعالیت‌های مدیریت تقاضا، کمبود همکاری و هماهنگی بین نهادها و سازمان‌های آبی از جمله موانع اجرای فعالیت‌های مدیریت تقاضا هستند. بسیاری از این موانع به‌آسانی به واسطه برنامه آموزش و آگاهی عمومی و ابزارهای قانونی برداشته می‌شوند.
- مطالعه چگونگی مناسب توزیع آب در شهر و دیگر روش‌های مدیریت تقاضا هم‌زمان با عرضه آب بیشتر، امری ضروری برای پایداری سیستم آب شهری است. همچنین، باید در یک طرح مطالعاتی جامع، الگوی مصرف آب پیشنهادی برای شهرهای مختلف با توجه به جمعیت مصرف‌کنندگان، کمترین و بیشترین مصارف مورد نیاز و الگوی مصرف در دیگر نقاط مشابه در جهان (از نظر فرهنگی، اقلیمی و منابع آبی) تهیه و ابلاغ شود.
- با توجه به پرداخت‌نکردن بهای آب از سوی بهره‌برداران کشاورزی در منطقه، پیشنهاد می‌شود که آب‌بهای کشاورزی در حدی تعیین شود که کمترین هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری را جبران کند. این

- نظر به اینکه کشتش قیمتی به‌ترتیب در فصول تابستان، پاییز، بهار و زمستان افزایش می‌یابد و افزایش قیمت در فصولی که کشتش قیمتی بیشتر دارند، اثر بیشتری در کاهش مصرف خواهد داشت، پیشنهاد می‌شود با در نظر گرفتن ضریب فصل برای قیمت‌ها، از مصرف اضافه شهروندان در این فصول کاست. این نکته نیز درخور توجه است که بیشترین اضافه مصرف در همین فصول یعنی تابستان و پاییز صورت می‌گیرد.
- به طور کلی در مدیریت تقاضا، کاهش فشار در شبکه، نوع سیستم توزیع آب در شهر، اصلاح سیستم لوله‌کشی آب منازل، استفاده از قطعات و وسایل کاهنده مصرف آب و آموزش صرفه‌جویی در

- country. Quarterly Journal of Economic Strategy. 2012; 1(1): 199-233. [Persian].
- [5]. Sabouhi M, Soltani Gh, Beauty M. Investigating the effect of changing price of irrigation water on private and social benefits using a positive mathematical programming. Journal of Agricultural Science and Technology. 2007; 21(1): 53-71.
- [6]. Mozaffari MM. Determination of the appropriate policy programming to conservation of water resources in Qazvin plain. Journal of Water and Soil Resources Conservation. 2015; 5(2): 29-46.
- [7]. Bakhshi A, Moghaddasi R, Daneshvar kakhki M. An application of positive mathematical programming model to analyze the effects of alternative policies to water pricing in mashhad. Journal of Agricultural Economics and Development. 2011; 25(3): 284-294. [Persian].
- [8]. Hojipor M, Zakerinia M, Ziaei AN, Hesam M. Water demand management in agriculture and its impact on water resources of Bojnourd basin with WEAP and MODFLOW models. Journal of Water and Soil Conservation. 2015; 22(4): 85-102. [Persian].
- [9]. Louckas DP, Beek E, Stedinger JR, Dijkman JPM, Villars MT. Water resources system planning and management an introduction to method, models and application. Published by United Nation Educational Scientific and Cultural Organization. 2005.
- [10]. Saeidinia M, Samadi Brujeni H, Arab D, Fattahi R. 2008. Investigate transferring water from the Karoon branches adjacent to the basin by using WEAP model (Case study: Behesht Abad Tunnel). Water Res. J. 2008; 3: 33-44.
- [11]. Bani Habib MA, Shabestari MA, Hosseinzadeh M. A hybrid model for strategic management of agricultural water demand in arid regions. Journal of Iranian Water Resources Research. 2016; 12(4): 60-69. [Persian].
- [12]. Liu S, Gikas P, Papageorgiou L. An optimization-based approach for integrated water resources management. 20th European Symposium on Computer Aided Process Engineering. 2010.
- [13]. Shahateet MI. An econometric model for water sector in Jordan. Journal of Social Sciences. 2008; 4(4): 264-271.
- [14]. Bilali Moghadam b, Dararbi, M.H. Hamedan water demand forecast using artificial neural networks. Haft Hesar: Journal of Environmental Studies. 2016; 15(4): 71-81. [Persian].
- امر سبب می‌شود که قسمتی از هزینه‌های مالی بخش آب تأمین شود. همچنین، دریافت آب‌بهای مناسب ابزاری برای تخصیص و حفاظت آب، توزیع درآمد، مدیریت کارآمد آب، ایجاد انگیزه به منظور سرمایه‌گذاری در بخش آب و ایجاد آثار مثبت زیست‌محیطی مؤثر خواهد بود. برای صرفه‌جویی در مصرف آب همراه با سیاست‌های قیمتی، سیاست‌های غیرقیمتی از جمله سیاست‌های تشویقی و تنبیهی نیز باید به کار گرفته شود.
- با توجه به نتایج برآورد مدل عوامل مؤثر بر مدیریت بهینه منابع آب در بخش کشاورزی در شمال سیستان و بلوچستان، کاربرد لوله‌های پلاستیکی برای انتقال آب به مزرعه، استفاده از بقولات در تناوب زراعی، استفاده از کودهای دامی در حاصل‌خیزی زمین، استفاده از روش مبارزه تلفیقی با آفات، استفاده از الگوی کشت بهینه در استفاده از آب، کشت وارپته‌های مقاوم به آفات، استفاده از استخرهای ذخیره آب برای افزایش دبی آب ورودی به مزرعه و استفاده از روش‌های نوین آبیاری توصیه می‌شود.
- از دیگر عوامل مؤثر بر مدیریت مصرف بهینه آب در مزارع، سابقه فعالیت و تجربه بهره‌برداران و آموزش آنان است. بنابراین، ایجاد امکان استفاده بهره‌برداران کم‌تجربه از ایده‌های بهره‌برداران باتجربه از طریق برگزاری کلاس‌های آموزشی و ترویجی با هماهنگی سازمان جهاد کشاورزی منطقه، می‌تواند به مصرف بهینه آب در بخش کشاورزی کمک کند.

منابع

- [1]. Mousavi SN, Kavooosi Kalashami M. Evaluation of seasonal, ANN, and hybrid models in modeling urban water consumption: A case study of Rash city. Journal of Water and Wastewater. 2016; 27(4): 93-98. [Persian].
- [2]. Shahbazi Alamouti A. Water crisis, national problem, requires national resolve. Consulting Engineer Quarterly. 2015; 69: 13-19. [Persian].
- [3]. Ghafari A, Shirvan J. A review of Iran's water resources utilization status. 9th national conference for irrigation and drainage committee of Iran. 1994. [Persian].
- [4]. Keshavarz A, Dehghani Sanij, H. Water productivity index and future strategy of the

- [15]. Mousavi SN, Moahmmadi H, Boostani F. Estimation of water demand function for urban households: A case study in city of Marvedasht. *Journal of Water and Wastewater*. 2010; 21(2): 90-94. [Persian].
- [16]. Alamarah AR. Using socio economic indicators for integrated water resources for integrated water resources management (demand management-case study). The 4th World Water Forum, 16-22 March. 2006. Mexico.
- [17]. Yuan Zhou Y, Tol R. Water use in China's domestic, industrial and agricultural sectors: an empirical analysis. Working Papers, Research Unit Sustainability and Global Change, Hamburg University and Centre for Marine and Atmospheric Science. 2005.
- [18]. Chen Y, Zhang D, Sun Y, Liu X, Wang N, Savenije HG. Water demand management: A case study of the Heihe River Basin in China. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, Volume 30, Issues 6-7, Pages 408-419. 2005.
- [19]. Fathis F. Lawgali. Forecasting water demand for agricultural, industrial and domestic use in Libya. *International Review of Business Research Papers*. 2008; Vol.4 No: 231-248.
- [20]. Karimanzira D, Jacobi M. A feasible and adaptive water allocation model based on effective water demand. Fraunhofer Center for Applied Systems Technology (AST). 2008.
- [21]. Shajari Sh, Barikani A, Amjadi A. Water demand management using water pricing policy in Jahrom's palm trees: Case study of Shahani Date. *Journal of Agricultural Economics and Development*. 2009; 17(65): 55-72. [Persian].
- [22]. Sabouhi M, Nobakht M. Estimating the water demand function of Pardis city. *Journal of Water and Wastewater*. 2009; 20(2): 69-74. [Persian].
- [23]. Khosh-Akhlagh R, Shahraki J. Estimating urban residential water demand for Zahedan. *The Economic Research (Scientific Research Quarterly)*. 2009; 8(4): 129-145.
- [24]. Sistan and Baluchestan Regional water Authority. Reporting of statistics and basic information on water resources. 2017.