

مدیریت تقاضای آب آبیاری: کاربرد روش مطلوبیت چند معیاری

جواد ترکمانی* و شاهرخ شجری^۱

(تاریخ دریافت: ۸۵/۱۰/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۸/۱۶)

چکیده

هدف اصلی این مقاله تجزیه و تحلیل اثر سیاست قیمت‌گذاری آب آبیاری بر میزان تقاضای بهره برداران آب‌های سطحی است. بدین منظور، از روش برنامه‌ریزی ریاضی مطلوبیت چند معیاری و هم‌چنین تکنیک شبیه‌سازی استفاده گردید. آمار و اطلاعات لازم به دو صورت استنادی و پیمایشی در استان فارس جمع‌آوری شده است. نتایج حاصل نشان می‌دهد که گروههای همگن کشاورزان الگوی رفتاری متفاوتی نسبت به آب آبیاری نشان می‌دهند. در این رابطه، مصرف آب کشاورزان ریسک‌گریزتر به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از میزان آبی است که به آن دسترسی دارند. هم‌چنین، این کشاورزان در نرخ‌های بالاتر آب‌ها با تغییر الگوی کشت و گرایش به سمت تولید محصولات با روش‌های کم آبیاری و هم‌چنین محصولات دیم میزان کل تقاضای آب و هم‌چنین متوسط مصرف آب در هكتار را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند. لذا، کشش قیمتی تقاضای آب در سطوح بالای آب‌ها برای این کشاورزان، نسبت به دیگر کشاورزان، بیشتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تقاضای آب آبیاری، قیمت‌گذاری آب، روش مطلوبیت چند معیاری، شبیه‌سازی

مقدمه

در بخش کشاورزی تعلق می‌گیرد. از این رو اقتصاددانان سیاست‌های مدیریت تقاضای آب را به عنوان یک راه حل اجتناب‌ناپذیر برای این مسئله مطرح نموده‌اند. از جمله این سیاست‌ها می‌توان به تخصیص مجدد منابع آب، قیمت‌گذاری آب آبیاری، بهبود زیرساخت‌ها و معرفی بازار آب اشاره نمود (۱۲، ۱۳، ۱۵ و ۳۸).

قیمت‌گذاری آب ابزاری اقتصادی است. به این مفهوم که، کشاورزان با افزایش قیمت آب روی یک منحنی تقاضا (با شبیه‌منفی) واکنش نشان داده و مصرف آب آبیاری را کاهش می‌دهند. از این رو، آب ذخیره شده می‌تواند بین مصارف دیگر، از جمله استفاده در تولید محصولات با ارزش‌تر و هم‌چنین

مدیریت ضعیف آبیاری در ایران منجر به افزایش تقاضا برای این نهاده حیاتی و هم‌چنین هدر رفتن مقادیر قابل ملاحظه‌ای از آن گردیده است (۱، ۲، ۳ و ۴). بهره‌برداران کشاورزی در ایران تنها بخش کوچکی از هزینه‌های تأمین آب و هم‌چنین تعمیر و نگهداری تأسیسات مربوطه را به عنوان قیمت آب پرداخت می‌کنند. در حقیقت، قیمت پرداختی آنها حتی قادر به پوشاندن هزینه‌های عملیاتی و مدیریت شبکه‌های آبی نیز نمی‌باشد (۱، ۲ و ۳). لذا، هزینه‌های مالی مانند استهلاک مربوط به تأسیسات، کanal‌ها، سد و غیره از طریق بودجه دولتی تأمین می‌شود که این در واقع یارانه پنهانی است که به بهره‌برداران آب‌های سطحی

۱. به ترتیب دانشیار و دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: Torkmanijavad@yahoo.com

جمله وزن دهی مناسب به اهداف مورد نظر کشاورزان با توجه به ترجیحات واقعی آنها را در بر دارد (۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳). در این مقاله برای فائق آمدن بر این محدودیت از روش استخراج تابع مطلوبیت بر اساس ترجیحات آشکار شده (Revealed preferences) در ارزش‌های واقعی متغیرهای تصمیم (ترکیب واقعی محصولات کشت شده توسط کشاورزان مورد مطالعه) به منظور تخمین وزن دهی نسبی (w_i) به معیارهای مورد نظر کشاورزان استفاده شده است. این روش بر پایه برنامه‌ریزی هدف وزنی (Weighted goal programming) استوار است.

هدف تئوری مطلوبیت چند معیاری ارایه ابعاد مختلف یک مسئله تصمیم با معیارهای چندگانه در قالب یک تابع کمی یا عددی است که بتواند آلتراستراتیویتی‌های مرتبط با یک معیار انفرادی را رتبه‌بندی کند. لذا، مطلوبیت‌های حاصل از n خاصیت از آلتراستراتیویتی‌های متفاوت در یک تابع مطلوبیت به صورت زیر کمی شوند:

$$U_1 = U(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad [1]$$

که U تابع مطلوبیت چند مشخصه‌ای (Multi-attribute Utility function, MAUF) و x_i ویژگی‌های مورد توجه کشاورز در فرایند تصمیم‌گیری، از جمله حداکثر کردن سود و حداقل نمودن ریسک توکید است. اگر ویژگی‌های مورد نظر کشاورزان به صورت دو طرفه مستقل باشند فرمول تابع مطلوبیت به صورت زیر خواهد بود (۳۱):

$$U = f\{u_1(x_1), u_2(x_2), \dots, u_n(x_n)\} \quad [2]$$

که شکل ریاضی جمعی (Additive) آن به صورت زیر است:
 $U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum w_i u_i(x_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad [3]$

یا شکل ریاضی ضربی (Multiplicative) تابع مطلوبیت به صورت زیر می‌باشد:

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \left\{ \prod (Kw_i u_i(x_i) + 1) - 1 \right\} / K, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad [4]$$

که $1 \leq w_i \leq k$ و $f(w_i) = 0$ می‌باشد. اگر $\sum w_i = 1$ باشد، آنگاه $k = 1$ و تابع مطلوبیت به صورت جمعی است. در حالی که، اگر $\sum w_i \neq 1$ باشد، آنگاه $k \neq 1$ و شکل ریاضی تابع مطلوبیت به صورت ضربی

اهداف مربوط به حفظ محیط زیست مطابق با ترجیحات جامعه، مجددًا توزیع شود. تخصیص مجدد منابع آب می‌تواند موجب افزایش کارایی استفاده از آن شود (۲۰ و ۳۷).

در این مقاله روشی برای تجزیه و تحلیل اثر سیاست قیمت‌گذاری آب در کشاورزی بر تقاضای گروه‌های مختلف بهره‌برداران معرفی، توسعه و کاربرد آن ارایه شده است. در این روش، شبیه‌سازی (Simulation) به عنوان یک تکنیک مناسب برای اجرای مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در قالب روش (Multi-Criteria Decision Making) تصمیم‌گیری چند معیاری (Multi-Criteria Decision Making) مطرح شده است. این مطالعه در دشت زرگان از مناطق تحت پوشش آبی سد درودزن در استان فارس انجام شده است.

مواد و روش‌ها

رویکرد برنامه‌ریزی چند معیاری

(Multi criteria programming approach)

در برنامه‌ریزی چند معیاری، برخلاف رویکردهای کلاسیک، فرض می‌شود که سطح مطلوبیت کشاورزان تنها به وسیله سود تعیین نمی‌شود و عوامل دیگری از جمله ریسک و پیچیدگی‌های مدیریت نیز در فرایند تصمیم‌گیری بهره‌برداران دخالت دارد (۲۲ و ۲۳). در این رابطه، کشاورزان تصمیمات را در حالی اتخاذ می‌کنند که به طور هم‌زمان با مسئله انتخاب بین مجموعه‌ای از اهداف متضاد روبرو هستند. لذا، نظریه مطلوبیت چند مشخصه‌ای (Multi-attribute utility theory) به عنوان چارچوب نظری مناسبی برای این نوع تصمیم‌گیری پیشنهاد شده است (۵، ۶، ۱۰، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۲۱، ۲۰، ۲۲، ۲۳، ۲۸، ۲۹، ۳۰ و ۳۷). این نظریه توسط کینی و رایغا (۳۱) توسعه داده شده است و به عقیده بسیاری از محققین از جمله بالسترو و رومرو (۸)، گومزیلیمون و بربل (۲۱)، گومزیلیمون و رایسگو (۲۳) و گومزیلیمون و مارتینز (۲۲) به عنوان مناسب‌ترین روش در میان مدل‌های چند معیاری در فرایند تصمیم‌گیری و انتخاب بین مجموعه‌ای از اهداف متضاد شناخته شده است. با این حال، استفاده از این روش نیاز به استخراج و استنباط توابع مطلوبیت دارد که این امر مشکلاتی از

(۲۱)، آریاز و همکاران (۷)، گومزلیمون و همکاران (۲۰)، گومزلیمون و رایسگو (۲۳) و گومزلیمون و مارتینز (۲۲) نیز مورد استفاده قرار گرفته است. مراحل این روش به طور خلاصه به صورت زیر انجام می‌شود:

۱- ابتدا، مجموعه اهدافی که به طور تجربی به نظر می‌رسد از نظر کشاورزان بیشترین اهمیت را دارند تعیین می‌شود. برای این منظور استفاده از مطالعات گذشته و استخراج اطلاعات از پرسشنامه‌ها کافی خواهد بود.

۲- سپس ماتریس بازده (Pay-off Matrix) برای اهداف مورد نظر تعیین می‌شود.

۳- در انتهایا، با استفاده از ماتریس بازده مجموعه وزن‌هایی که به طور بهینه ترجیحات کشاورزان را منعکس می‌کند تخمین زده می‌شود.

مرحله اول شامل تعیین تجربی اهداف (x) ، $f_1(x), \dots, f_n(x)$ است. اهداف کشاورزان می‌توانند شامل حداکثر کردن سود، حداقل کردن ریسک و حداقل کردن نیروی کار مورد استفاده می‌باشد (۲۱، ۲۲ و ۲۳).

پس از تعیین اهداف در مرحله دوم، ماتریس بازده به صورت زیر محاسبه می‌شود:

	$f_1(X)$	$f_2(X)$	\dots	$f_i(X)$	\dots	$f_q(X)$
$f_1(X)$	f_1^*	f_{12}^*		f_{1i}		f_{1q}
$f_2(X)$	f_{21}	f_2^*		f_{2i}		f_{2q}
$f_i(X)$	f_{i1}	f_{i2}		f_i^*		f_{iq}^*
$f_q(X)$	f_{q1}	f_{q2}		f_{qi}		f_q

لازم است که عناصر ماتریس از طریق بهینه‌سازی یک هدف در هر ردیف محاسبه شوند. بنابراین چنانچه q هدف از طرف زارع دنبال شود، f_{ij} ارزش ویژگی i زمانی که هدف i ام بهینه شده است می‌باشد. پس از تعیین ماتریس بازده سیستم q معادله‌ای زیر را می‌توان حل نمود.

$$\sum_{i=1}^q w_i f_{ij} = f_i \quad i = 1, 2, \dots, q$$

$$\sum_{i=1}^q w_i = 1 \quad [6]$$

خواهد بود (۱۹، ۳۲ و ۳۳).

آمادور و همکاران (۵)، ادواردز (۱۶)، فارمر (۱۷) و هیورین و هارداکر (۲۸) نشان دادند که، اگرچه تابع مطلوبیت جمعی یک نمونه ساده شده‌ای از تابع مطلوبیت واقعی است اما عملکرد آن نسبت به شکل صحیح تابع مفروض بسیار نزدیک است. همچنین نتایج حاصل از مطالعه فیشبرن (۱۸) و هارداکر و همکاران (۲۴) نشان داد که حتی اگر شرایط استقلال مطلوبیت هم برآورده نشود، با استفاده از روش جمعی تابع مطلوبیت تقریب نزدیکی برای تابع مطلوبیت واقعی به دست خواهد آمد.

به باور هوانگ و یون (۲۹)، روش جمعی از یک طرف تقریب بسیار نزدیکی برای شکل‌های غیرخطی تابع مطلوبیت است و از سوی دیگر نسبت به آنها بسیار ساده‌تر بوده و به راحتی قابل تخمین می‌باشد. لذا، به پیروی از مطالعات گومزلیمون و بربل (۲۱)، گومزلیمون و رایسگو (۲۳) و گومزلیمون و مارتینز (۲۲)، در این مقاله از رابطه زیر که مشابه رابطه ۳ است برای تخمین توابع مطلوبیت بهره‌برداران استفاده شده است:

$$U_j = \sum_{i=1}^n w_i r_{ij} \quad i = 1, \dots, n \quad [5]$$

که r_{ij} ارزش ویژگی مورد مطالعه i برای آلتنتاتیو j است. رابطه فوق براساس منحنی‌های بی‌تفاوتی - مطلوبیت خطی (Linear Utility-indifference Curves) ثابت، (Constant partial marginal utility) قرار دارد و به باور ادواردز (۱۶) و هارداکر و همکاران (۲۴) از آن می‌توان به عنوان تقریبی مناسب برای تابع مطلوبیت واقعی بهره‌برداران استفاده نمود.

تکنیک استخراج تابع مطلوبیت چند معیاری MAUF

سامپسی و همکاران (۳۷) روشهای تخمین MAUF جمعی پیشنهاد کردند که توسط آمادور و همکاران (۵) توسعه داده شد و توسط بربل و رودریگیوز (۹)، گومزلیمون و بربل

منظور شد. پس از شبیه‌سازی اثر سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری آب آبیاری، منحنی‌های تقاضای آب تهیه شد که نمایانگر عکس العمل کشاورزان در رویارویی با افزایش قیمت آب آبیاری است.

متغیرهای تصمیم عبارت از مجموعه‌ای از متغیرها (رشته فعالیت‌ها یا محصولات) است که در اختیار زارعین قرار دارد و عبارت از: گندم (x_1), جو (x_2), شلتوك (x_3), ذرت (x_4), گوجه فرنگی (x_5), پیاز (x_6), چغندرقند (x_7), هویج (x_8) و کلم (x_9) است.

بر اساس داده‌های میدانی فرض شد که زارعین اهداف زیر را پی‌گیری می‌کنند. قابل ذکر است که در مراحل بعدی تحقیق از مقایسه و نزدیکی نتایج الگوی رفتاری شبیه‌سازی با الگوی فعلی رفتاری زارعین می‌توان علاوه بر بررسی میزان اعتبار مدل شبیه‌سازی شده به اهداف واقعی زارعین دست یافت.

الف) حداقل کردن کل بازده برنامه‌ای (TGM)

این هدف در واقع تقریبی برای حداقل سازی سود کوتاه مدت است. در این رابطه، بازده برنامه‌ای حاصل از تولید هر محصول (GM_i) از متوسط بازده برنامه‌ای سری زمانی ۵ ساله (دوره زمانی ۱۳۸۲-۱۳۷۸) بر حسب قیمت ثابت ۱۳۸۲ به دست آمد.

$$\text{Max: } TGM = \sum \sum (GM_i \cdot X_i - r_j l_j) \quad [10]$$

به طوری که z_a نرخ بهره وام دریافتی و z_a عبارت از اخذ یک واحد وام از منابع اعتباری قابل دسترس می‌باشد.

ب) حداقل کردن ریسک (VAR)

در این مطالعه یکی از اهداف مدل حداقل کردن ریسک می‌باشد. در این مطالعه به پیروی از رویکرد کلاسیکی مارکوویچ (۳۳)، گومزلیمون و بریل (۲۱)، گومز لیمون و رایسگو (۲۳) و گومز لیمون و مارتینز (۲۲) ریسک به عنوان واریانس بازده برنامه‌ای (TGM) در نظر گرفته شد. لذا، ریسک از رابطه $x \cdot [cov]$ محاسبه می‌شود که در آن $[cov]$ ماتریس واریانس-کوواریانس بازده برنامه‌ای محصولات در طول دوره ۵ سال

اگر سیستم بالا (با مجموعه‌ای از وزن‌های اهداف (w_i) که رفتار واقعی کشاورز را نشان می‌دهد) بدون جواب باشد، ضروری است که برای بهترین جواب ممکن مجدداً تحقیق و مراحل مذکور تکرار شود. برای این منظور رومرو (۳۶) نشان داد که می‌توان از برنامه‌ریزی هدف وزنی با متغیرهای درصد انحراف به صورت زیر استفاده نمود:

$$\text{Min} [(n_1 + p_1)/f_1 + \dots + (n_i + p_i)/f_i + \dots + (n_q + p_q)/f_q], \quad [7]$$

subject to :

$$w_1 f_{11} + \dots + w_i f_{1i} + \dots + w_q f_{1q} + n_1 - p_1 = f_1$$

$$w_1 f_{i1} + \dots + w_i f_{ii} + \dots + w_q f_{iq} + n_i - p_i = f_i$$

$$w_1 f_{q1} + \dots + w_i f_{qi} + \dots + w_q f_{qq} + n_q - p_q = f_q$$

$$w_1 + \dots + w_i + \dots + w_q = 1$$

که p_i متغیر انحرافی مثبت (شاخص بیش از حد موفق هدف i) ام نسبت به یک هدف معین) و n_i یک متغیر انحرافی منفی است که تفاوت بین ارزش واقعی و جواب مدل را برای هدف i ام اندازه‌گیری می‌کند. دایر (۱۴) معتقد است که پس از این که وزن‌های هر هدف از مدل بالا به دست آمد این وزن‌ها با تابع مطلوبیت جمعی قابل تفکیک زیر سازگار است:

$$U = \sum_{i=1}^q \frac{w_i}{k_i} f_i(x) \quad [8]$$

در فرمول ۸ k_i یک عامل نرمال‌سازی است. گومزلیمون و رایسگو (۲۳) نشان دادند که رابطه ۸ معادل با رابطه زیر می‌باشد:

$$U = \sum_{i=1}^n w_i \frac{f_i(x) - f_i^*}{f_i^* - f_i^*} \quad [9]$$

عامل نرمال‌سازی در رابطه ۹ عبارت از تفاوت بین مقادیر حداقل (f_i^*) و حداقل (f_i) هدف i ام در ماتریس بازده توسعه یافته برای هر یک از معیارهای مورد بررسی است.

به منظور شبیه‌سازی سناریوهای و بررسی تأثیر افزایش قیمت آب بر میزان آب مصرفی سناریوهای مختلفی برای قیمت آب در دامنه صفر تا ۱۰۰ برابر قیمت پرداختی فعلی بهره برداران

که W_j کل آب قابل دسترس در هر دوره می‌باشد. در این رابطه با اندازه‌گیری دبی آب در هر دوره بر حسب مترمکعب بر ثانیه و مدت زمان آب قابل دسترس در مزرعه، کل آب قابل دسترس در هر دوره محاسبه گردیده است.

۳. محدودیت سرمایه

با توجه به عرضه و فروش محصولات در دو مقطع از سال و در نیتجه، تأمین بخشی از هزینه‌های مربوط به کشت محصولات بعد از فروش آنها، دو محدودیت برای سرمایه به نحو زیر در مدل لحاظ گردید:

$$\sum C_i X_i - R_j - l_j \leq K_j, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2 \quad [15]$$

$$R_j = \sum GM_i X_i \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2 \quad [16]$$

که C_i هزینه تولید یک هکتار محصول آم، R_j نمایانگر انتقال یک واحد از درآمد حاصل از فروش محصولات در هر یک از دو مقطع عرضه محصول به بازار برای تأمین هزینه‌های تولید در طول سال، K_j میزان سرمایه موجود مزروعه در هر یک از دو مقطع عرضه محصول در طول سال و l_j اخذ یک واحد وام از منابع اعتباری قابل دسترس است.

۴. محدودیت تناوب و ملاحظات زراعی

برای رعایت این محدودیت و عدم کاشت پی‌درپی محصولات زراعی از قبیل محصولات گروه غلات در یک قطعه زمین از مزروعه محدودیت زیر لحاظ شد:

$$\Sigma (X_i - X_j) \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad [17]$$

که X_i و X_j به ترتیب، نمایانگر محصولاتی است که به طور متناوب کشت می‌شوند.

۵. محدودیت‌های بازار

در این مطالعه برای هر یک از محصولات گوجه فرنگی، پیاز، کلم، هویج و چغندر قند بر حسب نیاز بازار محدودیت‌هایی به نحو زیر در مدل لحاظ شد:

$$X_i \leq M_i, \quad i = 1, 2, \dots, 5 \quad [18]$$

مورد مطالعه و X بردار تصمیم محصول است. پس خواهیم داشت:

$$\text{Min: } \text{VAR} = \mathbf{x}' \cdot [\text{cov}] \cdot \mathbf{x} \quad [11]$$

(ج) حداقل کردن نیروی کار (TL)

محصولات کاربر نیاز به نظارت بیشتری توسط مدیر مزرعه دارند. افزون بر آن، در بعضی از ماههای سال نیز به دلیل تراکم فعالیت‌های زراعی تقاضا برای نیروی کار افزایش یافته و عدم دسترسی به موقع به نیروی کار برای انجام عملیات زراعی مانند کشت نشاء برنج، وجین چغندر قند، آبیاری محصولات مختلف و مبارزه با آفات و بیماری‌ها نیز می‌تواند تأثیر منفی بر عملکرد محصولات داشته باشد. لذا، یکی از اهداف زارعین می‌تواند انتخاب ترکیبی از محصولات با حداقل نیاز به نیروی کار به صورت زیر می‌باشد:

$$\text{Min: } TL = \sum TL_i X_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad [12]$$

محدودیت‌های مدل شامل موارد زیر است:

۱. محدودیت زمین

در این رابطه، با توجه به تعویم زمانی عملیات دوره کاشت تا برداشت هر یک از محصولات، در طول سال سه دوره مشخص گردید. دوره اول: از ابتدای آبان تا آخر بهمن ماه، دوره دوم: از اول اسفند تا آخر خرداد ماه و دوره سوم: از ابتدای تیر تا آخر مهر ماه است. برای هر دوره به صورت زیر یک محدودیت زمین در نظر گرفته شد:

$$\sum X_i \leq A_j \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, 3 \quad [13]$$

A_j نشان دهنده مقدار زمین قابل کشت در هر دوره و n نمایانگر تعداد محصولات موجود در هر دوره است.

۲. محدودیت آب

با توجه به سه دوره منظور شده برای محدودیت زمین، سه محدودیت برای آب به صورت زیر با توجه به نیاز آبی هر هکتار از محصولات مختلف (REQ_i)، در مدل لحاظ شد:

$$\sum REQ_i X_i \leq W_j, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, 3 \quad [14]$$

که W_{TGM} , W_{VAR} و W_{TL} به ترتیب اهمیت نسبی هر یک از اهداف حداکثرسازی بازده برنامه‌ای، حداقل‌سازی ریسک و کل نیروی کار را نشان می‌دهند. هم‌چنین K_{TGM} , K_{VAR} و K_{TL} به ترتیب عامل نرمال‌سازی هر یک از اهداف مذکور می‌باشد.

(ب) محاسبه بازده برنامه‌ای هر محصول (GM_i) شامل هزینه آب (مربوط به تعریف‌های مختلف) می‌باشد. بنابراین کل بازده برنامه‌ای مساوی با بازده‌های برنامه‌ای اولیه (با تعریف صفر برای آب) منهای مقدار هزینه پرداختی برای آب (مقدار مصرف آب برای هر محصول i ، ضرب در میزان تعریف‌ها C_{wi}) در هر سطح قیمت آب مورد نظر می‌باشد.

$$TGM = \sum (GM_i - C_{wi} \cdot REQ_i \cdot X_i) \quad [22]$$

(ج) سناریوهای پیشنهادی در قالب رشتہ فعالیت‌های جدید (محصولات) از جمله تولید محصولات با روش کم آبیاری (گندم (x_{11}), جو (x_{12}), ذرت (x_{13}), چغندر قند (x_{14})), پیاز (x_{15}) و گوجه فرنگی (x_{16}) و محصولات دیم (گندم (x_{17}) و جو (x_{18})) در مدل معروفی می‌شوند.

برای بررسی اعتبار مدل شبیه‌سازی شده لازم به ذکر است که اعتبار مدل اشاره به طراحی صحیح مدل دارد به‌طوری که اثبات کند مدل به سطح قابل قبولی از دقت در پیش‌بینی‌های نایل شده است (۳۴). در عمل بیشتر تلاش‌ها در مورد بررسی اعتبار مدل به صورت مقایسه نتایج مدل شبیه‌سازی شده و سیستم واقعی به منظور تعیین درجه سازگاری یا نزدیکی نتایج حاصل از مدل با آنچه که در واقعیت وجود دارد می‌باشد (۱۱، ۱۹، ۲۵، ۳۴ و ۳۵، ۲۶، ۳۷). در این مطالعه به پیروی از مطالعات گذشته (۱۹، ۲۵، ۳۴ و ۳۵) به منظور بررسی اعتبار مدل شبیه‌سازی شده با استفاده از شاخص و درصد واگرایی، میزان انحراف مقادیر اهداف و متغیرهای تصمیم در شرایط موجود با مقادیر پیش‌بینی شده از مدل‌های شبیه‌سازی محاسبه شده است. شاخص واگرایی از مجموع قدر مطلق انحرافات متغیرهای تصمیم به دست می‌آید.

تاکنون هیچ محدودیت یا مقدار آستانه‌ای برای اعتبار مدل‌ها توسط محققین مطرح نشده است. در صورت مشاهده اختلاف

که M_i میزان سطح زیر کشت هر یک از محصولات است که به‌وسیله بازار محدود گردیده است. در این رابطه متوسط سطح زیر کشت سری زمانی ۵ ساله برای محصولات مذکور به عنوان حداکثر کشت مجاز (M_i) منظور گردید.

۶. محدودیت قانونی

با توجه به مقررات و آینه‌نامه‌های سازمان آب در ارتباط با محدودیت کشت شلتوك و هم‌چنین در بعضی از سال‌ها محدودیت کشت محصول ذرت، محدودیت کشت به صورت زیر در مدل لحاظ شد:

$$X_i \leq L_i, \quad i = 1, 2 \quad [23]$$

که L_i میزان سطح زیر کشت مجاز برای هر یک از محصولات مذکور می‌باشد و هر ساله توسط سازمان آب و شرکت بهره‌برداری از آب‌های سطحی در استان به زارعین اعلام می‌شود.

۷. محدودیت آیش

هر ساله به منظور رعایت ملاحظات مربوط به توسعه پایدار در بهره‌برداری از زمین‌های زراعی حداقل ۵ درصد از کل زمین‌های ایش قابل کشت در هر دوره (A_i) به عنوان آیش (X_{10}) به نحو زیر در مدل منظور شد.

$$X_{10} \geq 0.05 A_i \quad [24]$$

در نهایت مجموعاً ۱۸ محدودیت در مدل منظور گردید. دست‌یابی به منحنی‌های تقاضای آب آبیاری نیاز به شبیه‌سازی مدل‌های مناسب دارد. در این رابطه، موارد زیر باید مورد توجه باشد:

(الف) تابع هدف شامل حداکثرسازی تابع مطلوبیت برای هر یک از گروه‌های همگن کشاورزان به شکل زیر می‌باشد:

$$\text{Max } U(X) = W_{TGM} \cdot K_{TGM} \cdot TGM(X) - W_{VAR} \cdot K_{VAR} \cdot VAR(X) - W_{TL} \cdot K_{TL} \cdot TL(X) \quad [25]$$

$$K_{VAR} \cdot VAR(X) - W_{TL} \cdot K_{TL} \cdot TL(X)$$

مطالعه برای انجام آنالیز خوش از نرم افزار SPSS 11.5 استفاده گردید.

داده‌ها و منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در دشت زرقان در استان فارس انجام شده است. آب مورد نیاز آبیاری در این دشت از طریق رودخانه کر که منشعب از شبکه تلفیقی سد درودزن است تغذیه می‌شود. حوضه آبخور زیر سد درودزن دارای دو شبکه مدرن درودزن و تلفیقی کربال (زرقان و خرامه) می‌باشد. در این رابطه، در سال زراعی ۱۳۸۲-۸۳ سطح پوشش حوضه آبخور زیر سد درودزن شامل ۴۸۲۳ هکتار شتوی و ۱۹۴۱ هکتار صیفی (مجموعاً ۶۸۳۶۴ هکتار و با ۹۵۵۷ بهره‌بردار) بوده است. از این مقدار، ۱۳۹۵۰ هکتار شتوی و ۳۶۳۶ هکتار صیفی (مجموعاً ۱۷۵۸۶ هکتار و تعداد ۱۴۲۵ بهره‌بردار) به شبکه تلفیقی کربال (زرقان) اختصاص داشته است. ترکیب محصولات کشت شده در این منطقه در سال ۱۳۸۴ گندم، جو، کلزا، چغندر قند، شلتوك، ذرت، پیاز، گوجه فرنگی، کلم و هویج بوده است.

آمار و اطلاعات لازم در این مطالعه به دو شکل اسنادی و پیمایشی جمع‌آوری شده است. در این رابطه، به منظور اخذ اطلاعات در مورد نرخ آب‌بها برای محصولات مختلف و اطلاعات مربوط به ظرفیت و سطح زیر پوشش شبکه‌های حوضه تحت پوشش سد درودزن به مدیریت شبکه بهره‌برداری آب‌های سطحی (استان فارس، شهرستان مرودشت و بخش زرقان) مراجعه شد. آمار و اطلاعات مورد نیاز در سطح مزرعه از طریق مصاحبه حضوری با زارعین و تکمیل پرسشنامه جمع‌آوری گردید. برای این منظور ابتدا با استفاده از روش نمونه گیری خوش‌های دو مرحله‌ای ۲۰ درصد از روستاهای منطقه انتخاب و سپس با تهیه لیستی از کشاورزان روستاهای منتخب ۱۰ درصد آنها به طور تصادفی انتخاب شدند. در نهایت تعداد ۵۷ کشاورز در منطقه زرقان انتخاب و با آنها مصاحبه شد. به منظور اجرای مدل‌های شبیه‌سازی شده از نرم افزارهای LINDO و LINGO استفاده شد.

قابل ملاحظه بین نتایج مدل شبیه‌سازی و مقادیر واقعی، فرایند معتبر شدن مدل تا زمان حصول اطمینان کافی در مدل برای استفاده از آن برای مقاصد عملی ادامه می‌یابد. برای این‌که این مقایسه‌ها معتبر باشد، نتایج مدل شبیه‌سازی شده و سیستم واقعی باید تحت سیاست‌های مدیریتی مشابه و در شرایط یکسانی از نظر ریسک و عدم حتمیت مورد بررسی قرار گیرند (۱۱، ۱۹، ۲۵، ۲۶، ۳۴ و ۳۷).

در رابطه با موضوع اریب کلی (Aggregation bias) و تجزیه خوش (Cluster Analysis) لازم به توضیح است که مدل‌سازی سیستم‌های کشاورزی برای مجموعه‌ای از مزارع مختلف در یک دشت گسترده در یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی واحد، تحرک منابع میان واحدهای تولید را بیش از اندازه برآورده می‌کند و ترکیبی از منابع تولید را که در شرایط واقعی ممکن نیست در نظر می‌گیرد. نتیجه این گونه مدل‌ها این هست که مقدار تابع هدف را به سمت بالا اریب نموده و در نتیجه مقادیر متغیرهای تصمیم در شرایط واقعی قابل دسترس نخواهد بود (۲۷).

برای اجتناب از اریب کلی ناشی از قرار دادن کشاورزان با توابع هدف متفاوت در یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی، طبقه‌بندی کشاورزان منطقه در گروههای همگن با رفتار تصمیم‌گیری مشابه (توابع هدف) ضروری است. برخلاف وودریگیوز (۹) معتقدند که کاراترین روش برای طبقه‌بندی کشاورزان روش تجزیه خوش‌های است که در آن بردارهای تصمیم واقعی کشاورزان (ترکیب واقعی محصولات) به عنوان معیار طبقه‌بندی استفاده می‌شود. در این مطالعه به منظور تجزیه خوش از روش وارد (Wards method) استفاده شد. به‌طوری که ابتدا بر اساس ترکیب محصولات کشت شده کشاورزان گروههای همگن شناسایی و میانگین متغیرهای مورد نظر از جمله اندازه مزرعه، میزان سواد، سن، تجربه کشاورزان و درجه مکانیزاسیون در داخل هر خوش محاسبه گردید. با استفاده از این روش سه گروه همگن از کشاورزان شناسایی و مشاهدات یا مزارع در هر خوش نیز مشخص گردیدند. در این

نتایج

به منظور بررسی اعتبار مدل‌های ساخته شده، وضعیت موجود (مقادیر مشاهده شده) با داده‌های شبیه‌سازی شده حاصل از مدل‌ها در سناریوی شرایط موجود (نرخ آب‌بهای فعلی) مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج آن برای خوش‌های مختلف در جدول ۲ ارایه شده است.

پایین بودن نسبی شاخص واگرایی ($15/62$ الی $20/83$) در جدول مذکور نشان می‌دهد که ترکیب بهینه محصولات در هر یک از خوش‌های به اندازه کافی به ترکیب واقعی محصولات نزدیک می‌باشد. در این رابطه گومز لیمون و رایس‌گو ($22/23$) درصد واگرایی را در دامنه 13 الی 22 درصد محاسبه و آن را به عنوان یک دامنه قابل قبول برای شبیه‌سازی رفتار کشاورزان معرفی کرده‌اند. بنابراین می‌توان گفت که مدل‌های طراحی شده در این مطالعه نیز تقریب‌های مناسبی برای فرآیند تصمیم‌گیری کشاورزان محسوب می‌شود.

جدول ۳ مقدار تقاضای آب آبیاری به دست آمده از مدل‌های شبیه‌سازی را در هر یک از خوش‌های در نرخ‌های متفاوت آب‌بها نشان می‌دهد. نتایج این جدول نشان می‌دهد که مقدار آب آبیاری تقاضا شده به‌طور قابل ملاحظه‌ای از یک خوش‌ه به خوش‌ه دیگر متفاوت است. در نرخ آب‌بهای صفر (هزینه نهایی صفر) خوش‌ه اول به میزان 22350.80 متر مکعب آب مصرف می‌کند که بیش از $2/17$ برابر مصرف آب در خوش‌ه دوم (102836.0 متر مکعب) می‌باشد. کمترین مصرف آب در نرخ آب‌بهای صفر مربوط به خوش‌ه سوم برابر با 275065.0 متر مکعب می‌باشد که حدود $12/3$ درصد مصرف آب در خوش‌ه اول می‌باشد.

همان‌طور که نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد، با افزایش نرخ آب‌بها تا مرز 20 برابر نرخ آب‌بهای فعلی میزان تقاضای آب آبیاری در خوش‌ه اول تغییر نمی‌کند. با این حال، اگر نرخ آب‌بها از 20 برابر نرخ فعلی افزایش یابد میزان تقاضای آب آبیاری به مقدار قابل ملاحظه‌ای در این خوش‌ه کاهش می‌یابد. در خوش‌های دوم و سوم، میزان تقاضای آب آبیاری

جدول ۱ ویژگی مزارع و کشاورزان در هر خوش‌ه را نشان می‌دهد. در این رابطه الگوی کشت محصولات در خوش‌ه اول شامل گندم، جو، هویج، کلم، شلتوك، ذرت، پیاز، چغندرقند و گوجه فرنگی است. در خوش‌ه دوم، ترکیب کشت محصولات با حذف شلتوك شبیه به خوش‌ه اول است. در خوش‌ه سوم، ترکیب کشت شامل محصولات گندم، ذرت، گوجه فرنگی، کلم و هویج می‌باشد.

خوش‌ه اول

مقادیر وزن‌ها برای اهداف مختلف حداکثر کردن کل بازده برنامه‌ای، حداقل کردن ریسک و نیروی کار مورد نیاز به ترتیب به صورت $w_1=0/909$ ، $w_2=0/091$ و $w_3=0$ از مدل استخراج شد. با استفاده از مقادیر وزن‌ها برای اهداف مذکور کشاورزان در خوش‌ه اول تابع مطلوبیت زیر را حداکثر می‌کنند:

$$\text{Max: } \text{MAUF}_1 = 69.4 \text{ (TGM)} - 0.00000142 \text{ (VAR)} \quad [23]$$

خوش‌ه دوم

مقادیر وزن‌ها برای اهداف مورد نظر در این گروه همگن از کشاورزان به صورت $w_1=0/9083$ ، $w_2=0/0917$ و $w_3=0$ از مدل استخراج شد. با استفاده از مقادیر وزن‌ها برای اهداف مذکور کشاورزان در خوش‌ه دوم تابع مطلوبیت زیر را حداکثر می‌کنند:

$$\text{Max: } \text{MAUF}_2 = 12.45 \text{ (TGM)} - 0.0000003587 \text{ (VAR)} \quad [24]$$

خوش‌ه سوم

مقادیر وزن‌ها برای اهداف مورد نظر در این گروه همگن از کشاورزان به صورت $w_1=0/8743$ ، $w_2=0/1257$ و $w_3=0$ از استخراج گردید. با توجه به مقادیر وزن‌های به دست آمده برای اهداف مذکور، کشاورزان در خوش‌ه سوم تابع مطلوبیت زیر را حداکثر می‌کنند:

$$\text{Max: } \text{MAUF}_3 = 36.688 \text{ (TGM)} - 0.000008475 \text{ (VAR)} \quad [25]$$

جدول ۱. مشخصات خوشها (گروه‌های همگن کشاورزان)

	خوش سوم			خوش دوم			خوش اول			متغیر
	تعداد بهره برداران = ۳۲	تعداد بهره برداران = ۱۶	تعداد بهره برداران = ۹	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	میانگین	
	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر	اندازه مزرعه (هکتار)
۱۸/۳۹	۵۶	۳	۸۰	۱۲۰	۶۰	۱۶۹/۷	۲۰۰	۱۳۹		
۴/۹۳	۱۴	۰	۱۰/۵	۱۴	۵	۱۰/۶۶	۱۲	۸		سطح تحصیلات کشاورز (تعداد سال‌های آموزشی)
۴۵/۱۷	۶۷	۲۶	۴۶	۵۹	۲۳	۵۱/۳۳	۶۰	۴۰		سن کشاورز (سال)
۲۵/۶	۵۰	۸	۲۹/۷۵	۵۰	۴	۳۵	۴۵	۲۰		تجربه کشاورز (سال)
۴۳	۵۵	۳۵	۸۷/۳	۹۰	۷۰	۶۶/۷	۷۷	۳۵		درجه مکانیزاسیون (درصد انجام عملیات زراعی با ماشین آلات)
			گندم، جو، هویج، کلم، ذرت، پیاز، چغندر قند و گوجه فرنگی هویج	گندم، جو، هویج، کلم، شلتوك، ذرت، پیاز، چغندر قند و گوجه فرنگی						الگوی کشت

مأخذ: آمار جمع‌آوری شده و یافته‌های تحقیق

می‌دهد که اولاً، با افزایش نرخ آب‌ها از ۲۰ برابر نرخ تعریفه فعلی در خوش‌های دوم و سوم، میزان متوسط مصرف آب در هر هکتار به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. هم‌چنان، مقدار متوسط مصرف آب آبیاری در هر هکتار در خوش‌های دوم و سوم در نرخ‌های مختلف آب‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از مقادیر آبی است که در اختیار دارند (مقدار متوسط مصرف آب در هر هکتار در خوش اول). این موضوع می‌تواند ناشی از رفتار ریسک‌گریزی این دو گروه از

با افزایش نرخ آب‌ها تا مرز ۱۵ برابر نرخ آب‌های موجود تغییر نمی‌کند. اما با افزایش نرخ آب‌ها از ۱۵ برابر نرخ فعلی میزان تقاضای آب آبیاری در این دو خوش نیز به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

با توجه به مقادیر تقاضای آب آبیاری تخمینی در جدول ۳ و نتایج تراکم کشت پیش‌بینی شده حاصل از اجرای سناریوهای مختلف در مدل‌های شبیه‌سازی، مقدار متوسط مصرف آب به ازای هر هکتار در خوش‌های مختلف محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۴ آمده است. نتایج نشان

جدول ۲. بررسی اعتبار مدل‌های شبیه‌سازی شده در خوش‌های مختلف (گروه‌های همگن کشاورزان)

آلفا (%)	نحوه سوم (۱/۳۷ هکتار)	نحوه دوم (۰/۸۵ هکتار)	نحوه اول (۰/۹۶ هکتار)	اهداف		بسازه برنامه‌ای کل (۱/۱۳۴۱۷/۵)		
				نحوه اول (۰/۹۶ هکتار)				
				مقدار مشاهده شده	مقدار پیش‌بینی شده			
۱/۳/۳۴	۲۷۷۴/۳/۴	۲۴۲۷/۴/۵	۷/۹	۷۶۷۵/۴/۹	۸۸۸۰/۱/۵۳	۱۵۳۳۴/۸/۵		
۵/۴/۴۲	۱۴۷۷۳/۳۷	۹۶/۰۹۶	۳۱/۱۲	۲۵۷۰	۱۹۶۰	۷۶۵۰		
۹/۸/۳	۲۲۸۸۷/۷۳	۲۰۵/۰۹۱	۷/۵	۷۷۸۳/۲/۳	۷۴۰/۴۶	۱۴۵۷۴/۲/۲۴		
میزان انحراف	مقدار پیش‌بینی شده	مقدار مشاهده شده	میزان انحراف	مقدار مشاهده شده	میزان انحراف	مقدار مشاهده شده		
۱/۲	۸	۹/۲	-۲/۵	-۲/۰/۵	-۱/۸	۷/۹		
۰	۰	۰	۰	۰	۴	۳		
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰		
۰/۷	۴/۱	۴/۸	۲/۵	۱/۷/۵	۲/۱	۱/۳		
۰	۰	۰	-۱	۰	۴	-۲		
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰		
۰	۰	۰	-۱/۵	۱/۷/۵	۱/۵	-۳		
-۰/۹۱	۳/۳	۲/۳۹	-۲	۸	۸	-۲		
-۱	۴	۳	-۱	۸	۷	۰		
۳/۸/۱	۲/۷۴	۲/۷۴۹	۱/۷/۵	۸۴/۵	۸۴	۱/۷۴۲		
(۰/۹۶/۱)				(۱/۷/۵)		(۱/۷/۵)		
مقدار مشاهده شده								
مقدار پیش‌بینی شده								
انحراف (%)								
نحوه سوم (۱/۳۷ هکتار)								
نحوه دوم (۰/۸۵ هکتار)								
نحوه اول (۰/۹۶ هکتار)								
بسازه برنامه‌ای کل (۱/۱۳۴۱۷/۵)								
توانی								
ریسک								
کل نیروی کار (نفر-سالهای کار)								
متغیرهای تصمیم (هکتار)								
گذنم (X _۱)								
جو (X _۲)								
شلتوک (X _۳)								
ذرت (X _۴)								
گوچه فرنگی (X _۵)								
پیاز (X _۶)								
چمنزار قد (X _۷)								
هویج (X _۸)								
کلم (X _۹)								
شانص و آگرانی								
درصد واگرایی								
محاسبات تحقیق								

جدول ۳. مقادیر تقاضای آب آبیاری در نرخ‌های مختلف آب‌بهای در خوشیده‌های مختلف (گروه‌های همگن کشاورزان)

نرخ آب‌بهای نرخ آب‌بهای	تقاضای آب نرخ مخصوص فعلی						
۱۰۰ برابر نرخ فعلی	۱۱۵۹۹۱۳۴	۱۱۵۹۹۱۴۸	۲۰۴۶۱۴۸	۲۲۳۵۰۸۰	۲۲۳۵۰۸۰	۲۲۳۵۰۸۰	۲۲۳۵۰۸۰
۳۰ برابر نرخ فعلی	۵۹۰۰۶۳۳۴	۳۱۷۸۰۲۱۷۴	۵۹۸۰۰۰	۹۵۹۶۵۰	۱۰۲۸۳۶۰	۱۰۲۸۳۶۰	۱۰۲۸۳۶۰
۵۰ برابر نرخ فعلی	۱۴۸۰۲۱۱۶	۱۱۳۳۰۴۰/۴۵	۲۰۴۱۱۶	۲۱۳۳۴۱۹	۲۷۵۰۶۵۵	۲۷۵۰۶۵۵	۲۷۵۰۶۵۵

مانند: محاسبات تحقیق

جدول ۴. مقادیر متوسط تقاضای آب آبیاری در نرخ‌های مختلف آب‌بهای در خوشیده‌های مختلف (گروه‌های همگن کشاورزان)

نرخ آب‌بهای نرخ آب‌بهای	من�سط تقاضای آب در هکتار	نرخ صفر	نرخ فعلی	نرخ فعلی	نرخ فعلی	نرخ فعلی	نرخ فعلی
۱۰۰ برابر نرخ فعلی	۱۹۹۲	۷۲۰/۵	۱۲۷۰/۸/۹۹	۱۳۸۸۲/۵	۱۳۸۸۲/۵	۱۳۸۸۲/۵	۱۳۸۸۲/۵
۵۰ برابر نرخ فعلی	۷۰۲	۴۵۰۶	۷۱۲۵	۸۵۱/۹	۱۱۴۴۷/۵	۱۲۲۴۴/۵	۱۲۲۴۴/۵

مانند: محاسبات تحقیق

ریسک‌گریزی زارعین، تجزیه و تحلیل رفتار و توابع مطلوبیت آنها در یک مدل، نتایج ارجیبی را در بر خواهد داشت.

نتایج هم‌چنین نشان داد که با افزایش نرخ آب‌بهای بیشترین ذخیره آب در گروه‌های کشاورزان محافظه کار(خوش دوم و سوم) صورت می‌گیرد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده ضروری است که در مطالعات مربوط به بررسی تأثیر سیاست‌های مختلف بر رفتار کشاورزان، آنها را در گروه‌های همگن طبقه‌بندی نموده و عکس‌العمل آنها به طور جداگانه بررسی گردد.

برای این منظور الگوی رفتاری گروه‌های همگن کشاورزان را می‌توان به وسیله تکنیک خوش‌های و با تخمین توابع مطلوبیت چند معیاری (MAUF) جمعی تعریف نمود. در این مطالعه بر اساس تصمیمات تولید واقعی کشاورزان، وزن‌های اهداف مختلف برای هر یک از گروه‌های کشاورزان تعیین و تابع مطلوبیت آنها فرموله گردید. این تابع به عنوان توابع هدف در مدل‌های شبیه‌سازی به کار برده شدند. در این رابطه ملاحظه شد که روش تحقیق به کار رفته بر اساس تئوری مطلوبیت چند معیاری (MAUT) یک تکنیک با ارزش برای شبیه‌سازی رفتار گروه‌های مختلف کشاورزان که موافق با سیاست‌گذاری‌های مختلف از جمله سیاست قیمت‌گذاری آب هستند می‌باشد.

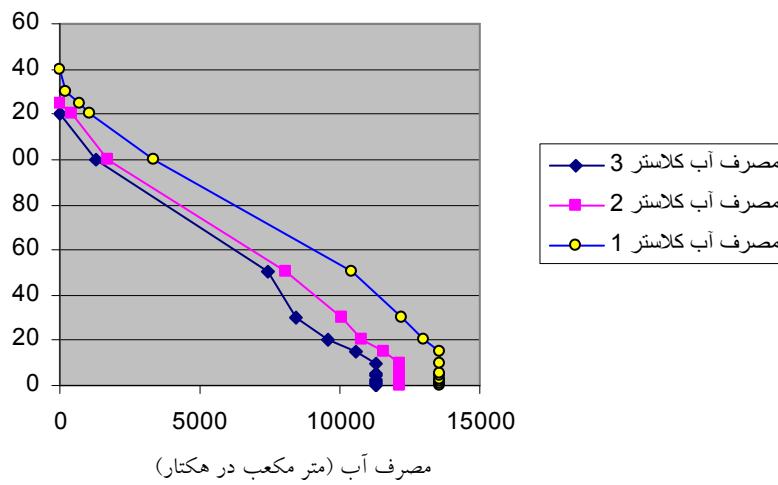
با توجه به نتایج تحقیق می‌توان گفت که چون آب‌بهای دریافتی در ایران بسیار پایین و از ارزش واقعی آب بسیار پایین‌تر است و از طرفی این روش نرخ‌گذاری (بر اساس سطح زیرکشت) هیچ مبنای علمی نداشته و امنیت لازم را برای بهره‌بردار ایجاد نمی‌کند که او بتواند در طول زمان از منافع حاصل از تخصیص و کاهش مصرف آب خود بهره‌مند شود. در نتیجه روش نرخ‌گذاری مذکور مانع از افزایش کارایی از طریق ایجاد انگیزه استفاده از تکنولوژی‌های آب اندوز شده است به این دلیل که اگر یک کشاورز از طریق کاهش مصرف آب (سطوح مختلف کم آبیاری) بخواهد مقدار آب دریافتی را به جای استفاده در یک هکتار به بیش از یک هکتار اختصاص دهد سیستم نرخ‌گذاری موجود، آب‌بهای را متناسب با افزایش سطح زیرکشت و نه مقدار حجم آب مورد استفاده از او دریافت می‌کند. نتیجه

کشاورزان باشد. بنابراین، کشاورزان در خوش‌های دوم و سوم تمایل به کشت ترکیبی از محصولات مطمئن (با میزان تغییر پذیری کمتر بازده برنامه‌ای کل) با نیازهای آبی کمتر دارند.

افرون بر آن، همان‌گونه که نمودار ۱ نشان می‌دهد، الگوهای مصرف آب در طول منحنی‌های تقاضای آب آبیاری در خوش‌های مختلف تغییر می‌کند. در این رابطه، قسمت‌های کشش‌ناپذیر منحنی‌های تقاضای آب آبیاری با شبیه زیاد منطبق با نرخ‌های پایین آب‌بهایست که کشاورزان نسبت به افزایش قیمت آب بدون حساسیت یا حساسیت کمی در رابطه با تغییر الگوی کشت و کاهش میزان متوسط مصرف آب در هکتار نشان می‌دهند. قسمت‌های کشش پذیر منحنی‌های تقاضا (با شبیه کمتر) مربوط به نرخ‌های بالاتر آب‌بهای است که کشاورزان از طریق تغییر الگوی کشت (از طریق جایگزینی محصولات با نیاز آبی بالا به وسیله محصولات با نیاز آبی کمتر) و هم‌چنین گرایش به سمت تولید محصولات با استفاده از روش‌های کم آبیاری و محصولات دیم میزان کل تقاضای آب و میزان متوسط مصرف آب در هکتار را کاهش می‌دهند.

بحث

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که گروه‌های همگن کشاورزان در خوش‌های مختلف حساسیت‌های متفاوتی نسبت به افزایش نرخ آب‌بهای نشان می‌دهند. هم‌چنین، آستانه تأثیرگذاری افزایش نرخ آب‌بهای در خوش‌های اول نسبت به خوش‌های دوم و سوم متفاوت است. در مطالعاتی که تاکنون در زمینه تقاضای آب آبیاری در کشاورزی انجام شده است، به طور معمول، کشاورزان، با وجود داشتن ویژگی‌ها مختلف و متفاوت بودن اندازه مزارع آنها، در قالب یک مدل برنامه ریزی ریاضی مطالعه شده و تقاضای آب آبیاری آنها در قالب یک الگو مورد بررسی قرار گرفته است (۲۱ و ۳۲). این در حالی است که، نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که در صورت یکسان نبودن رفتار



به منظور مدیریت و کاهش مؤثر تقاضای آب آبیاری افزایش قابل ملاحظه در قیمت آب نیاز می‌باشد که طرح این مسئله قطعاً با واکنش‌های جدی از طرف بهره برداران آب‌های سطحی و به دنبال آن سیاستگذاران و مسئولین اجرایی مرتبط با موضوع آب روبرو خواهد بود. با توجه به این مسئله به‌نظر می‌رسد به منظور مدیریت مطلوب تقاضای آب آبیاری بایستی همراه با برنامه‌ریزی و زمان‌بندی افزایش قیمت آب (به گونه‌ای که متوسط قیمت آب همگام با اصلاح ساختار اقتصادی کشور به سمت هزینه‌نهایی بلند مدت نزدیک شود) سیاست‌های تلفیقی دنبال نمود که در این رابطه می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- ۱- اصلاح قوانین آب از جمله ارایه الگوی مناسب تعیین نرخ آب‌ها
- ۲- تلاش در جهت تعریف چارچوب سازمانی مناسب بازار آب
- ۳- ایجاد و ترویج مکانیزم بازار به‌منظور مبادله آب بین مصارف مختلف و بهره برداران
- ۴- اصلاح مدیریت و برنامه‌ریزی توزیع منابع آب (ارایه یک الگوی زمانی مؤثر توزیع آب)
- ۵- تلاش در جهت بالا بردن کارایی و راندمان انتقال و مصرف

این گونه نرخ‌گذاری افزایش مصرف، که متناقض با سیاست‌های پایدار منابع آبی است. به این جهت که میزان قابل ملاحظه‌ای از آب آبیاری به صورت تبخیر و تعرق و جاری شدن در سطح خاک هدر می‌رود. اگر چه نتایج مطالعات انجام شده نیز نشان می‌دهد که در بهترین حالت، میزان آب‌های تعیین شده به این روش فقط می‌تواند تا حدودی هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری شبکه‌های آب را تأمین کند و ممکن است تا حدودی به نفع عملکرد مالی دستگاه متصلی بهره‌برداری آب باشد اما چون ممکن بر تحویل حجمی نیست انگیزه لازم را برای صرفه جویی آب فراهم نمی‌کند، در نتیجه عملکرد اقتصادی آن رضایت‌بخش نیست (۲ و ۳).

با توجه به نتایج تحقیق پیشنهاد می‌گردد که از طریق روش نرخ‌گذاری علمی و منطقی آب‌ها انگیزه استفاده از تکنولوژی‌های آب انداز فراهم گردد و اجازه داده شود که کشاورزان آب مازاد بر مصرف‌شان را نیز در کشت‌های اضافی و فعالیت‌های اقتصادی با ارزش‌تر به کار برد. البته هر چند به تقاضا، آب مازاد بر مصرف‌شان را بفروشند. البته هر چند به منظور پایداری سیستم شبکه آب‌های سطحی افزایش قیمت آب ضروری است اما، با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق

دوره رشد گیاه	آب در کشاورزی از جمله پوشش انهار سنتی و ترویج استفاده
۷- ارایه الگوی کشت بهینه متناسب با ظرفیت‌های آبی و مزیت‌های نسبی در مناطق مختلف کشور	از روش‌ها و فناوری‌های نوین آبیاری
	۶- آموزش و کلاس‌های ترویجی در رابطه با برنامه ریزی صحیح در مورد مقدار و زمان مصرف آب آبیاری با توجه به

منابع مورد استفاده

۱. ترکمانی، ج.، غ. سلطانی و ه. اسدی. ۱۳۷۷. تعیین آب‌بها و بررسی ارزش بازده نهایی آب کشاورزی. آب و توسعه. فصلنامه امور آب وزارت نیرو. ۶(۱): ۵-۱۲.
۲. سلطانی، غ. و م. زیبایی. ۱۳۷۵. نرخ گذاری آب کشاورزی، آب و توسعه. فصلنامه امور آب وزارت نیرو. ۴(۵-۲۴).
۳. سلطانی، غ. ۱۳۷۵. نرخ گذاری آب کشاورزی، آب و توسعه. فصلنامه امور آب وزارت نیرو. ۴(۵-۲۴).
۴. صدر، س. ک. ۱۳۷۵. مبانی نرخ گذاری کارامد و عادلانه آب، آب و توسعه. فصلنامه امور آب وزارت نیرو. ۴(۴-۵۵).
5. Amador, F., J.M. Sumpsi and C. Romero. 1998. A non-interactive methodology to assess farmers' utility functions: an application to large farms in Andalusia, Spain. *Eur. Rev. A* PP. 411-418gric. Econ. 25: 95-109.
6. Anderson, J.R., J.L. Dillon and J.B. Hardaker. 1977. Agricultural Decision Analysis. Iowa University Press, Iowa.
7. Arriaza, M., J.A. Gómez-Limón and M. Upton. 2002. Local water markets for irrigation in Southern Spain: a multicriteria approach. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.* 46: 1-23.
8. Ballesteros, E. and C. Romero. 1998. Multiple Criteria Decision Making and Its Applications to Economic Problems. Kluwer Academic Pub., Dordrecht.
9. Berbel, J. and A. Rodríguez. 1998. An MCDM approach to production analysis: an application to irrigated farms in Southern Spain. *Eur. J. Oper. Res.* 107: 108-118.
10. Biswas, T. 1997. Decision-Making under Uncertainty. Macmillan Press, London.
11. Braat, L.C. and W.F.J. Van Lierop. 1987. Economic-Ecological Modelling. North-Holland, Amsterdam.
12. Chakravorty, U. and D. Zilberman. 2000. Introduction to the special issue on: management of water resources for agriculture. *Agric. Econ.* 24: 3-7.
13. Dinar, A., M.W. Rosegrant and R. Meinzen-Dick. 1997. Water allocation mechanisms—principles and examples. The World Bank, Washington.
14. Dyer, J.S. 1977. On the relationship between goal programming and multiattribute utility theory. Discussion Paper 69, Management Study Centre, University of California, Los Angeles.
15. Easter, W.K. and R. Hearne. 1995. Water markets and decentralized water resources management: international problems and opportunities. *Water Resour. Bull.* 31: 9-20.
16. Edwards, W. 1977. Use of Multiattribute utility measurement for social decision making. In: Bell, D.E., Keeney, R.L., Raiffa, H. (Eds.), Decisions. Wiley, Chichester.
17. Farmer, P.C. 1987. Testing the robustness of multiattribute utility theory in an applied setting. *Decision Sci.* 18: 178-193.
18. Fishburn, P.C. 1982. The Foundations of Expected Utility. Reidel Publishing Company, Dordrecht, The Netherlands.
19. Geissman, J.R. and R.D. Schultz. 1991. Verification and validation of expert system. PP. 12-19. In: Gupta, U.G. (Ed.), Validating and Verifying Knowledge-Based Systems, Chapter 2. IEEE Computer Society Press, Washington.
20. Gómez-Limón, J.A., M. Arriaza and J. Berbel. 2002. Conflicting implementation of agricultural and water policies in irrigated areas in the EU. *J. Agric. Econ.* 53: 259-281.
21. Gómez-Limón, J.A. and J. Berbel. 2000. Multicriteria analysis of derived water demand functions: a Spanish case study. *Agric. Syst.* 63: 49-71.
22. Gómez-Limón J.A. and Y. Martínez. 2005. Multi-criteria modelling of irrigation water market at basin level: A Spanish case study. *Eur. J. Oper. Res.* 1-24.
23. Gómez-Limón J.A. and L. Riesgo. 2004. Irrigation water pricing: differential impacts on irrigated farms. *Agric. Econ.* 31: 47-66.
24. Hardaker, J.B., R.B.M. Huirne and J.R. Anderson. 1997. Coping with risk in agriculture. CAB International, Oxon,

UK.

25. Harrison, S.R. 1987. Validation of models: methods, applications and limitations. PP. 26-42. In: Computer Assisted Management of Agricultural Production Systems. RMIT Press, Melbourne.
26. Harrison, S.R. 1991. Validation of agricultural expert systems. Agric. Sys. 35 (3): 265-285.
27. Hazell, P.B.R. and R.D. Norton. 1986. Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture. MacMillan Publishing Company, New York.
28. Huirne, R.B.M. and J.B. Hardaker. 1998. A multi-attribute utility model to optimise sow replacement decisions. Eur. Rev. Agric. Econ. 25: 488–505.
29. Hwang, C.L. and K. Yoon. 1981. Multi Attribute Decision Making. Springer-Verlag, New York.
30. Keeney, R.L. 1974. Multiplicative utility functions. Oper. Res. 22: 22–34.
31. Keeney, R.L. and H. Raiffa. 1976. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade Offs. Wiley, New York.
32. Montginoul, M. and T. Rieu. 1996. Instruments de gestion de l'eau d'irrigation en France: exemple de la Charente. Ingénieries-EAT. 8: 3–12.
33. Markowitz, H. 1952. Portfolio selection. J. Finance 7: 77–91.
34. O'Keefe, R.M., B. Osman and E.P. Smith. 1991. Validating expert systems performance. PP. 2-11. In: Gupta, U.G. (Ed.), Validating and Verifying Knowledge-Based Systems. Chapter 1. IEEE Computer Society Press, Washington.
35. Qureshi, M.E., S.R. Harrison and M.K. Wegener. 1999. Validation of multicriteria analysis models. Agric. Sys. 62: 105– 116.
36. Romero, C. 1991. Handbook of Critical Issues in Goal Programming. Pergamon Press, Oxford.
37. Sumpsi, J.M., F. Amador and C. Romero. 1997. On farmers' objectives: a multi-criteria approach. Eur. J. Oper. Res. 96: 64–71.
38. Sumpsi, J.M., A. Garrido, M. Blanco, C. Varela and E. Iglesias. 1998. Economía y política de gestión del agua en la agricultura. MAPA, Madrid.