

## مدیریت تقاضای آب آبیاری: کاربرد روش مطلوبیت چند معیاری

جواد ترکمانی\* و شاهرخ شجری<sup>۱</sup>

(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 اسنادی 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 آب‌بها 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 هکتار را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند. لذا، کاهش قیمتی تقاضای آب در سطوح بالای آب‌بها 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 به‌عنوان 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 شیب منفی) 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 نهاد 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 به‌عنوان 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، کانال‌ها، 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

اهداف مربوط به حفظ محیط زیست مطابق با ترجیحات جامعه، مجدداً 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 ارائه شده است. در این روش، شبیه‌سازی (Simulation) به‌عنوان یک تکنیک مناسب برای اجرای مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در قالب روش تصمیم‌گیری چند معیاری (Multi-Criteria Decision Making) مطرح شده است. این مطالعه در دشت زرقان از مناطق تحت پوشش آبی سد درودزن در استان فارس انجام شده 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 آلترناتیوهای مرتبط با یک معیار انفرادی را رتبه‌بندی کند. لذا، مطلوبیت‌های حاصل از n خاصیت از آلترناتیوهای متفاوت در یک تابع مطلوبیت به‌صورت زیر کمی می‌شوند:

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

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 تولید است. اگر ویژگی‌های مورد نظر کشاورز به‌صورت دو طرفه مستقل باشند فرمول تابع مطلوبیت به‌صورت 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 به‌صورت زیر است:

$$U(x_1, x_2, \dots) = \sum w_i u_i(x_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad [3]$$

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

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

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

## 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 به‌وسیله 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 به‌طور هم‌زمان با مسئله انتخاب بین مجموعه‌ای از اهداف متضاد روبه‌رو هستند. لذا، نظریه مطلوبیت چند مشخصه‌ای (Multi-attribute utility theory) به‌عنوان چارچوب نظری مناسبی برای این نوع تصمیم‌گیری پیشنهاد شده است (۵، ۶، ۱۰، ۱۴، ۱۶، ۱۷، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۸، ۲۹، ۳۰ و ۳۷). این نظریه توسط کینی و رایفا (۳۱) توسعه داده شده است و به عقیده بسیاری از محققین از جمله بالسترو و رومرو (۸)، گومزلیمون و بریل (۲۱)، گومزلیمون و رایسگو (۲۳) و گومزلیمون و مارتینز (۲۲) به‌عنوان 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 می شود:

۱- ابتدا، مجموعه اهدافی که به طور تجربی به نظر می رسد از نظر کشاورزان بیشترین اهمیت را دارند تعیین می شود. برای این منظور استفاده از مطالعات گذشته و استخراج اطلاعات از پرسش نامه ها کافی خواهد بود.

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

۳- در انتها، با استفاده از ماتریس بازده مجموعه وزن هایی که به طور بهینه ترجیحات کشاورزان را منعکس می کند تخمین زده می شود.

مرحله اول شامل تعیین تجربی اهداف  $f_1(x), \dots, f_n(x)$  ،  $f_1(x), \dots, f_2(x)$  است. اهداف کشاورزان می تواند شامل حداکثر کردن سود، حداقل کردن ریسک و حداقل کردن نیروی کار مورد استفاده می باشد (۲۱، ۲۲ و ۲۳).

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

	$f_1(X)$	$f_2(X)$	$\dots$	$f_i(X)$	$\dots$	$f_q(X)$
$f_1(X)$	$f_{11}^*$	$f_{12}$	$\dots$	$f_{1i}$	$\dots$	$f_{1q}$
$f_2(X)$	$f_{21}$	$f_{22}^*$	$\dots$	$f_{2i}$	$\dots$	$f_{2q}$
$f_i(X)$	$f_{i1}$	$f_{i2}$	$\dots$	$f_{ii}^*$	$\dots$	$f_{iq}$
$f_q(X)$	$f_{q1}$	$f_{q2}$	$\dots$	$f_{qi}$	$\dots$	$f_{qq}$

لازم است که عناصر ماتریس از طریق بهینه سازی یک هدف در هر ردیف محاسبه شوند. بنابراین چنانچه  $q$  هدف از طرف زارع دنبال شود،  $f_{ij}$  ارزش ویژگی  $i$  زمانی که هدف  $i$  بهینه شده است می باشد. پس از تعیین ماتریس بازده سیستم  $q$  معادله ای زیر را می توان حل نمود.

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

$$\sum_{i=1}^q w_i = 1$$

[۶]

خواهد بود (۱۹، ۳۲ و ۳۳).

آمدور و همکاران (۵)، ادواردز (۱۶)، فارمر (۱۷) و هیورین و هارداکر (۲۸) نشان دادند که، اگرچه تابع مطلوبیت جمعی یک نمونه ساده شده ای از تابع مطلوبیت واقعی است اما عملکرد آن نسبت به شکل صحیح تابع مفروض بسیار نزدیک است. هم چنین نتایج حاصل از مطالعه فیشرن (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 شکل های غیرخطی تابع مطلوبیت است و از سوی دیگر نسبت به آنها بسیار ساده تر بوده و به راحتی قابل تخمین می باشد. 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 بهره برداران استفاده شده است:

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

[۵]

که  $r_{ij}$  ارزش ویژگی مورد مطالعه  $i$  برای آلترناتیو  $j$  است. رابطه فوق براساس منحنی های بی تفاوتی - مطلوبیت خطی (Linear Utility-indifference Curves) (مطلوبیت نهایی جزئی ثابت، Constant partial marginal utility) قرار دارد و به باور ادواردز (۱۶) و هارداکر و همکاران (۲۴) از آن می توان به عنوان تقریبی مناسب برای توابع مطلوبیت واقعی بهره برداران استفاده نمود.

#### تکنیک استخراج تابع مطلوبیت چند معیاری MAUF

سامپسی و همکاران (۳۷) روشی را برای تخمین MAUF جمعی پیشنهاد کردند که توسط آمدور و همکاران (۵) توسعه داده شد و توسط بربل و رودریگوز (۹)، گومزلیمون و بربل

منظور شد. پس از شبیه‌سازی اثر سناریوهای مختلف قیمت‌گذاری آب آبیاری، منحنی‌های تقاضای آب تهیه شد که نمایانگر عکس‌العمل 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 ( $x_2$ )، شلتوک ( $x_3$ )، ذرت ( $x_4$ )، گوجه فرنگی ( $x_5$ )، پیاز ( $x_6$ )، چغندر قند ( $x_7$ )، 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) حداکثر کردن کل بازده برنامه‌ای (TGM)

این هدف در واقع تقریبی برای حداکثر 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 ۱۳۷۸-۱۳۸۲) بر حسب قیمت ثابت ۱۳۸۲ به دست آمد.

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

به طوری که  $r_j$  نرخ بهره وام دریافتی و  $|j|$  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 مارکویچ (۳۳)، گومز لیمون و بربل (۲۱)، گومز لیمون و رایسگو (۲۳) و گومز لیمون و مارتینز (۲۲) ریسک به‌عنوان واریانس بازده برنامه‌ای (TGM) در نظر گرفته شد. لذا، ریسک از رابطه  $x'[\text{cov}].x$  محاسبه می‌شود که در آن [cov] ماتریس واریانس-کواریانس 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. گومز لیمون 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 حداکثر ( $f_i^*$ ) و حداقل ( $f_i^*$ ) هدف  $i$  ام در ماتریس بازده توسعه یافته برای هر یک از معیارهای مورد بررسی است.

به منظور شبیه‌سازی سناریوها 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 نتیجه، تأمین بخشی از هزینه‌های مربوط به کشت محصولات بعد از فروش آنها، دو محدودیت برای سرمایه به نحو زیر در مدل لحاظ گردید:

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

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

که  $C_i$  هزینه تولید یک هکتار محصول  $i$ ام،  $R_j$  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 مزرعه در هر یک از دو مقطع عرضه محصول در طول سال و  $I_j$  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 مزرعه محدودیت زیر لحاظ شد:

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

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

### ۵. محدودیت‌های بازار

در این مطالعه برای هر یک از محصولات گوجه فرنگی، پیاز، کلم، هویج و چغندر قند برحسب 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:

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

### 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 تقاضای 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 زارعی می‌تواند انتخاب ترکیبی از محصولات با حداقل نیاز به نیروی کار به‌صورت زیر می‌باشد:

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

محدودیت‌های مدل شامل موارد زیر است:

### ۱. محدودیت زمین

در این رابطه، با توجه به تقویم 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 به‌صورت 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 به‌صورت زیر با توجه به نیاز آبی هر هکتار از محصولات مختلف ( $REQ_i$ )، در مدل لحاظ شد:

$$\sum \text{REQ}_i X_i \leq W_j, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, 3 \quad [14]$$

که  $W_{TL}$  و  $W_{VAR}$ ،  $W_{TGM}$  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 تعرفه‌های مختلف) می‌باشد. بنابراین کل بازده برنامه‌ای مساوی با بازده‌های برنامه‌ای اولیه (با تعرفه صفر برای آب) منهای مقدار هزینه پرداختی برای آب (مقدار مصرف آب برای هر محصول  $REQ_i$ ، ضرب در میزان تعرفه‌ها  $C_{wi}$ ) 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 رشته 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 معرفی می‌شوند.

برای بررسی اعتبار مدل شبیه‌سازی شده لازم به ذکر است که اعتبار مدل اشاره به طراحی صحیح مدل دارد به طوری که اثبات کند مدل به سطح قابل قبولی از دقت در پیش‌بینی‌هایش 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، ۲۶، ۳۴، ۳۵ و 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 به وسیله 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 آیین‌نامه‌های سازمان آب در ارتباط با محدودیت کشت شلتوک و هم‌چنین در بعضی از سال‌ها محدودیت کشت محصول ذرت، محدودیت کشت به صورت زیر در مدل لحاظ شد:

$$X_i \leq L_i, \quad i = 1, 2 \quad [19]$$

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

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

$$X_{10} \geq 0.05 A_i \quad [20]$$

در نهایت مجموعاً تعداد 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:

$$\text{Max } U(X) = W_{TGM} \cdot K_{TGM} \cdot TGM(X) - W_{VAR} \quad [21]$$

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

مطالعه برای انجام آنالیز خوشه 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 ۸۳-۱۳۸۲ سطح پوشش حوضه آبخور زیر سد درودزن شامل ۴۸۹۲۳ هکتار شتوی و ۱۹۴۴۱ 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، چغندرقد، شلتوک، 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 بهره‌برداري 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 نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای ۲۰ درصد از روستاهای منطقه انتخاب و سپس با تهیه لیستی از کشاورزان روستاهای منتخب ۱۰ درصد آنها به‌طور 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 LINGO و LINDO 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 خوشه (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 برآورد 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. بریل و رودریگویز (۹) معتقدند که کاراترین روش برای طبقه‌بندی کشاورزان روش تجزیه خوشه‌ای است که در آن بردارهای تصمیم واقعی کشاورزان (ترکیب واقعی محصولات) به‌عنوان معیار طبقه‌بندی استفاده می‌شود. در این مطالعه به منظور تجزیه خوشه 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 خوشه محاسبه گردید. با استفاده از این روش سه گروه همگن از کشاورزان شناسایی و مشاهدات یا مزارع در هر خوشه نیز مشخص گردیدند. در این

## نتایج

به منظور بررسی اعتبار مدل های ساخته شده، وضعیت موجود (مقادیر مشاهده شده) با داده های شبیه سازی شده حاصل از مدل ها در سناریوی شرایط موجود (نرخ آب بهای فعلی) مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج آن برای خوشه های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است.

پایین بودن نسبی شاخص واگرایی (۱۵/۶۲ الی ۲۰/۸۳ درصد) در جدول مذکور نشان می دهد که ترکیب بهینه محصولات در هر یک از خوشه ها به اندازه کافی به ترکیب واقعی محصولات نزدیک می باشد. در این رابطه گومزلیمون و رایسگو (۲۳) درصد واگرایی را در دامنه ۱۳ الی ۲۲ درصد محاسبه و آن را به عنوان یک دامنه قابل قبول برای شبیه سازی رفتار کشاورزان معرفی کرده اند. بنابراین می توان گفت که مدل های طراحی شده در این مطالعه نیز تقریب های مناسبی برای فرآیند تصمیم گیری کشاورزان محسوب می شود.

جدول ۳ مقدار تقاضای آب آبیاری به دست آمده از مدل های شبیه سازی را در هر یک از خوشه ها در نرخ های متفاوت آب بها نشان می دهد. نتایج این جدول نشان می دهد که مقدار آب آبیاری تقاضا شده به طور قابل ملاحظه ای از یک خوشه به خوشه دیگر متفاوت است. در نرخ آب بهای صفر (هزینه نهایی صفر) خوشه اول به میزان ۲۲۳۵۰۸۰ متر مکعب آب مصرف می کند که بیش از ۲/۱۷ برابر مصرف آب در خوشه دوم (۱۰۲۸۳۶۰ متر مکعب) می باشد. کمترین مصرف آب در نرخ آب بهای صفر مربوط به خوشه سوم برابر با ۲۷۵۰۶۵/۵ متر مکعب می باشد که حدود ۱۲/۳ درصد مصرف آب در خوشه اول می باشد.

همان طور که نتایج جدول ۳ نشان می دهد، با افزایش نرخ آب بها تا مرز ۲۰ برابر نرخ آب بهای فعلی میزان تقاضای آب آبیاری در خوشه اول تغییر نمی کند. با این حال، اگر نرخ آب بها از ۲۰ برابر نرخ فعلی افزایش یابد میزان تقاضای آب آبیاری به مقدار قابل ملاحظه ای در این خوشه کاهش می یابد. در خوشه های دوم و سوم، میزان تقاضای آب آبیاری

جدول ۱ ویژگی مزارع و کشاورزان در هر خوشه را نشان می دهد. در این رابطه الگوی کشت محصولات در خوشه اول شامل گندم، جو، هویج، کلم، شلتوک، ذرت، پیاز، چغندر قند و گوجه فرنگی است. در خوشه دوم، ترکیب کشت محصولات با حذف شلتوک شبیه به خوشه اول است. در خوشه سوم، ترکیب کشت شامل محصولات گندم، ذرت، گوجه فرنگی، کلم و هویج می باشد.

### خوشه اول

مقادیر وزن ها برای اهداف مختلف حداکثر کردن کل بازده برنامه ای، 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 وزن ها برای اهداف مذکور کشاورزان در خوشه اول تابع مطلوبیت زیر را حداکثر می کنند:

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

### خوشه دوم

مقادیر وزن ها 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 وزن ها برای اهداف مذکور کشاورزان در خوشه دوم تابع مطلوبیت زیر را حداکثر می کنند:

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

### خوشه سوم

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

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



جدول ۱. مشخصات خوشه‌ها (گروه‌های همگن کشاورزان)

خوشه سوم			خوشه دوم			خوشه اول			متغیر
تعداد بهره برداران = ۳۲			تعداد بهره برداران = ۱۶			تعداد بهره برداران = ۹			
میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	
۱۸/۳۹	۵۶	۳	۸۰	۱۲۰	۶۰	۱۶۹/۷	۲۰۰	۱۳۹	اندازه مزرعه (هکتار)
۴/۹۳	۱۴	۰	۱۰/۵	۱۴	۵	۱۰/۶۶	۱۲	۸	سطح تحسیلات 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، ذرت، گوجه فرنگی، کلم و هویج			گندم، جو، هویج، کلم، ذرت، پیاز، چغندر قند و گوجه فرنگی			گندم، جو، هویج، کلم، شلتوک، ذرت، پیاز، چغندر قند و گوجه فرنگی			الگوی کشت

مأخذ: آمار جمع‌آوری شده و یافته‌های تحقیق

می‌دهد که اولاً، با افزایش نرخ آب‌بها از ۲۰ برابر نرخ تعرفه فعلی در خوشه اول و از ۱۵ برابر نرخ تعرفه فعلی در خوشه‌های دوم و سوم، میزان متوسط مصرف آب در هر هکتار به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. هم‌چنین، مقدار متوسط مصرف آب آبیاری در هر هکتار در خوشه‌های دوم و سوم در نرخ‌های مختلف آب‌بها به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از مقادیر آبی است که در اختیار دارند (مقدار متوسط مصرف آب در هر هکتار در خوشه اول). این موضوع می‌تواند ناشی از رفتار ریسک‌گریزی این دو گروه از

با افزایش نرخ آب‌بها تا مرز ۱۵ برابر نرخ آب‌بهای موجود تغییر نمی‌کند. اما با افزایش نرخ آب‌بها از ۱۵ برابر نرخ فعلی میزان تقاضای آب آبیاری در این دو خوشه 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 خوشه‌های مختلف محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۴ آمده است. نتایج نشان

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

انحراف (%)	خوشه سوم (۱۸/۳۷ هکتار)			خوشه دوم (۸۰ هکتار)			خوشه اول (۱۶۹/۷ هکتار)			اهداف
	مقدار مشاهده شده	مقدار پیش بینی شده	انحراف (%)	مقدار مشاهده شده	مقدار پیش بینی شده	انحراف (%)	مقدار مشاهده شده	مقدار پیش بینی شده	انحراف (%)	
۱۷/۳۴	۲۴۲۷۴/۵۸	۲۴۲۷۱/۴۳	۷/۹	۷۶۷۵۴/۹	۸۲۸۰۱/۵۳	۶/۴	۱۳۳۱۷/۱	۱۵۳۳۲/۵	۱۳۳۱۷/۱	بازده برنام‌های کل (۱۰۰۰)
۵۴/۴۲	۹۶/۰۹۶	۱۴۸/۳۳۷	۳۱/۱۲	۱۹۶۰	۲۵۷۰	۳۱/۲۱	۵۳۰	۷۶۵۰	۵۳۰	تومان
۹/۸۳	۲۰۸۳/۹۱	۲۲۸۸/۷۳	۷/۵	۷۲۴۰/۶۴	۷۷۸۳/۲	۸/۱	۱۳۴۵۷/۳۴	۱۴۵۴۷/۲۴	۱۳۴۵۷/۳۴	ریسک
میزان انحراف	مقدار مشاهده شده	مقدار پیش بینی شده	میزان انحراف	مقدار مشاهده شده	مقدار پیش بینی شده	میزان انحراف	مقدار مشاهده شده	مقدار پیش بینی شده	میزان انحراف	کل نیروی کار (نفر-روز/هکتار)
۱/۲	۹/۲	۸	-۲/۵	۱۸	۲۰/۵	۷/۹	۴۰	۳۲/۱	۴۰	متغیرهای تصمیم (هکتار)
۰	۰	۰	۴	۴	۰	۳	۳	۰	۳	گندم (X <sub>1</sub> )
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱/۳	۴	۲/۷	۴	جو (X <sub>2</sub> )
۰/۷	۴/۸	۴/۱	۴/۵	۲۲	۱۷/۵	-۸	۴۲	۵۰	۴۲	شلوک (X <sub>3</sub> )
۰	۵	۵	-۱	۴	۵	-۲	۵	۷	۵	ذرت (X <sub>4</sub> )
۰	۰	۰	۰	۸	۸	-۲	۵	۸	۵	گوچه فرنگی (X <sub>5</sub> )
۰	۰	۰	-۲/۵	۱۵	۱۷/۵	-۳	۴۲	۴۵	۴۲	پیاز (X <sub>6</sub> )
-۹/۹۱	۲/۳۹	۳/۳	-۲	۶	۸	۰	۱۰	۱۰	۱۰	چغندر قند (X <sub>7</sub> )
-۱	۳	۴	-۱	۷	۸	۰	۱۰	۱۰	۱۰	هویج (X <sub>8</sub> )
۳/۸۱	۲۴/۳۹	۲۴/۴	۱۷/۵	۸۴	۸۴/۵	۲۸/۲	۱۶۱	۱۶۴/۸	۱۶۱	کلم (X <sub>9</sub> )
(۱۵/۶۲/)	(۲۰/۸۳/)	(۲۰/۸۳/)	(۱۷/۵۱/)	(۱۷/۵۱/)	(۲۰/۸۳/)	(۱۷/۵۱/)	(۱۷/۵۱/)	(۱۷/۵۱/)	(۱۷/۵۱/)	شاخص واگرایی
										درصد واگرایی

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۳. مقادیر تقاضای آب آبیاری در نرخ‌های مختلف آب‌بهاء در خوشه‌های مختلف (گروه‌های همگن کشاورزان)

نرخ آب‌بها		نرخ آب‌بها					تقاضای آب
نرخ فعلی	نرخ ۱۰ برابر نرخ فعلی	نرخ ۲۰ برابر نرخ فعلی	نرخ ۱۵ برابر نرخ فعلی	نرخ ۱۰ برابر نرخ فعلی	نرخ موجود	صفر	
۳۲۰۷۲۹/۱۶	۱۱۵۹۳۴	۱۶۲۸۴۰۰	۲۰۴۶۱۴۸	۲۲۳۵۰۸۰	۲۲۳۵۰۸۰	۲۲۳۵۰۸۰	خوشه اول (m <sup>3</sup> )
۵۹۰۰۶/۳۴	۳۷۸۵۲۱/۷۴	۵۹۸۵۰۰	۷۱۵۰۰۰	۹۵۹۶۶۰	۱۰۲۸۳۶۰	۱۰۲۸۳۶۰	خوشه دوم (m <sup>3</sup> )
۱۴۸۰۲/۱۶	۱۳۳۷۴۰/۴۵	۱۸۷۲۶۲/۳۸	۲۰۴۱۱۶	۲۳۳۴۱۹	۲۷۵۰۶۵/۵	۲۷۵۰۶۵/۵	خوشه سوم (m <sup>3</sup> )

مأخذ: محاسبات تحقیق

جدول ۴. مقادیر متوسط تقاضای آب آبیاری در هر هکتار در نرخ‌های مختلف آب‌بها در خوشه‌های مختلف (گروه‌های همگن کشاورزان)

نرخ آب‌بها		نرخ آب‌بها					متوسط تقاضای آب در هکتار
نرخ فعلی	نرخ ۱۰ برابر نرخ فعلی	نرخ ۲۰ برابر نرخ فعلی	نرخ ۱۵ برابر نرخ فعلی	نرخ ۱۰ برابر نرخ فعلی	نرخ صفر	متوسط تقاضای آب در هکتار	
۱۹۹۲	۷۲۰۴/۵	۱۰۳۳۸/۵	۱۲۷۰۸/۹۹	۱۳۸۸۲/۵	۱۳۸۸۲/۵	۱۳۸۸۲/۵	خوشه اول (m <sup>3</sup> )
۷۰۲	۴۵۰۶	۷۱۲۵	۸۵۱/۹	۱۱۴۲۴/۵	۱۲۲۴۲/۵	۱۲۲۴۲/۵	خوشه دوم (m <sup>3</sup> )
۶۰۶	۵۴۸۳	۷۶۷۷	۸۳۶۸/۸۴	۹۵۷۰/۲۷	۱۱۲۷۷/۷۷	۱۱۲۷۷/۷۷	خوشه سوم (m <sup>3</sup> )

مأخذ: محاسبات تحقیق

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

نتایج هم‌چنین نشان داد که با افزایش نرخ آب‌بها بیشترین ذخیره آب در گروه‌های کشاورزان محافظه‌کار (خوشه دوم و سوم) صورت می‌گیرد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست 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 به‌طور جداگانه بررسی گردد.

برای این منظور الگوی رفتاری گروه‌های همگن کشاورزان را می‌توان به‌وسیله 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 توابع به‌عنوان توابع هدف در مدل‌های شبیه‌سازی به‌کار برده شدند. در این رابطه ملاحظه شد که روش تحقیق به‌کار رفته بر اساس تئوری مطلوبیت چند معیاری (MAUT) یک تکنیک با ارزش برای شبیه‌سازی رفتار گروه‌های مختلف کشاورزان که مواجه با سیاست‌گذاری‌های مختلف از جمله سیاست قیمت‌گذاری آب هستند می‌باشد.

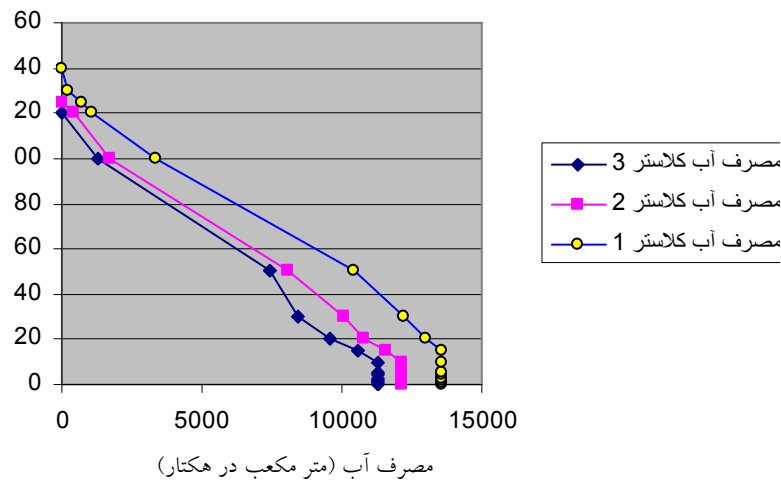
با توجه به نتایج تحقیق می‌توان گفت که چون آب‌بهای دریافتی در ایران بسیار پایین و از ارزش واقعی آب بسیار پایین‌تر است و از طرفی این روش نرخ‌گذاری (بر اساس سطح زیرکشت) هیچ مبنای علمی نداشته و امنیت لازم را برای بهره‌بردار ایجاد نمی‌کند که او بتواند در طول زمان از منافع حاصل از تخصیص و کاهش مصرف آب خود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

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

افزون بر آن، همان‌گونه که نمودار ۱ نشان می‌دهد، الگوهای مصرف آب در طول منحنی‌های تقاضای آب آبیاری در خوشه‌های مختلف تغییر می‌کند. در این رابطه، قسمت‌های کشت‌ناپذیر منحنی‌های تقاضای آب آبیاری با شیب زیاد منطبق با نرخ‌های پایین آب‌بهاست 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 کشت‌پذیر منحنی‌های تقاضا (با شیب کمتر) مربوط به نرخ‌های بالاتر آب‌بها است که کشاورزان از طریق تغییر الگوی کشت (از طریق جایگزینی محصولات با نیاز آبی بالا به‌وسیله 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 خوشه‌های مختلف حساسیت‌های متفاوتی نسبت به افزایش نرخ آب‌بها نشان می‌دهند. هم‌چنین، آستانه تأثیرگذاری افزایش نرخ آب‌بها در خوشه اول نسبت به خوشه دوم و سوم متفاوت است. در مطالعاتی که تاکنون در زمینه تقاضای آب آبیاری در کشاورزی انجام شده است، به‌طور معمول، کشاورزان با وجود داشتن ویژگی‌ها مختلف و متفاوت بودن اندازه مزارع آنها، در قالب یک مدل برنامه‌ریزی 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



نمودار ۱. منحنی‌های تقاضای آب آبیاری در خوشه‌های مختلف

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 بهره‌برداران آب‌های سطحی و به دنبال آن سیاست‌گذاران و مسئولین اجرایی مرتبط با موضوع آب روبرو خواهد بود. با توجه به این مسئله به نظر 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 هزینه نهایی 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 آب‌بها
- ۲- تلاش در جهت تعریف چارچوب سازمانی مناسب بازار آب
- ۳- ایجاد و ترویج مکانیزم بازار به منظور مبادله آب بین مصارف مختلف و بهره‌برداران
- ۴- اصلاح مدیریت و برنامه ریزی 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 آب‌بهای 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 متصدی بهره‌برداری آب باشد اما چون متکی 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 آب‌بها انگیزه استفاده از تکنولوژی‌های آب‌اندوز فراهم گردد و اجازه داده شود که کشاورزان آب‌مازاد بر مصرفشان را نیز در کشت‌های اضافی و فعالیت‌های اقتصادی با ارزش‌تر به کار برده یا از طریق کاهش تقاضا، آب‌مازاد بر مصرفشان را بفروشند. البته هر چند به منظور پایداری سیستم شبکه آب‌های سطحی افزایش قیمت آب ضروری است اما، با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق

- آب در کشاورزی از جمله پوشش انهار سنتی و ترویج استفاده  
 از روش‌ها و فناوری‌های نوین آبیاری  
 دوره رشد گیاه  
 ۷- ارایه الگوی کشت بهینه متناسب با ظرفیت‌های آبی و  
 مزیت‌های نسبی در مناطق مختلف کشور  
 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): ۵-۱۳.
۲. سلطانی، غ. و م. زیبایی. ۱۳۷۵. نرخ‌گذاری آب کشاورزی، آب و توسعه. فصل‌نامه امور آب وزارت نیرو ۴: ۵-۲۴.
۳. سلطانی، غ. ۱۳۷۵. نرخ‌گذاری آب کشاورزی، آب و توسعه. فصل‌نامه امور آب وزارت نیرو ۴: ۵-۲۴.
۴. صدر، س. ک. ۱۳۷۵. مبانی نرخ‌گذاری کارآمد و عادلانه آب، آب و توسعه. فصل‌نامه امور آب وزارت نیرو ۴: ۴۴-۵۵.
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.* 411-418 *agric. 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.