

## بهینه‌سازی بهره‌برداری تلفیقی از منابع آبهای سطحی و زیرزمینی در کشاورزی

حمید آماده<sup>۱</sup> و سیدمهریار صدراالاشرفی<sup>۲</sup>  
۲۰- دانشجوی دوره دکتری و استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تهران  
تاریخ پذیرش مقاله ۷۹/۱۱/۵

### خلاصه

با توجه به نقش مهم نهاده آب در تولید محصولات کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک، بهینه‌سازی فعالیت‌های کشاورزی با توجه به محدودیت نهاده آب از اهمیت فراوانی برخوردار است. در الگوسازی فعالیت‌های زراعی بایستی به تعادل منابع آب از نظر میزان عرضه و تقاضا توجه شود. مطالعه حاضر الگویی را آزمون نموده است که ضمن بدست آوردن الگوی بهینه کشت، سطح بهینه برداشت از منابع آب سطحی و زیرزمینی را بدست می‌دهد. نتایج نشان داد که ضمن کاش برداشت آب از منابع سطحی و زیرزمینی بخصوص در ماه‌های فصول تابستان و پاییز همراه با تعدیلاتی در سطوح زیر کشت محصولات مهم زراعی، درآمد ناخالص کشاورزی منطقه مورد مطالعه به میزان ۱/۳۴ درصد افزایش می‌یابد. در این حال، چنانچه راندمان کاربرد آب از ۶۰ درصد به ۷۰ درصد افزایش یابد، با تعدیلاتی مشابه در برداشت آب و سطوح زیر کشت، امکان افزایش درآمد ناخالص تا حد ۱۷/۱ درصد نیز وجود دارد.

**واژه‌های کلیدی:** بهره‌برداری از منابع آب، الگوی بهینه، برنامه‌ریزی خطی.

### مقدمه

در کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک، آب و آبیاری از جمله عوامل مهم تولیدی هستند که در سال‌های اخیر باعث افزایش تولیدات کشاورزی شده‌اند. در طی زمان، بخش‌های مختلف اقتصاد قادر به تولید و عرضه مقادیر بیشتری از عوامل تولید مورد نیاز بخش کشاورزی هستند، اما در مورد نهاده آب، از آنجا که نهاده‌ای طبیعی می‌باشد، این طبیعت است که مقادیر قابل دسترس آب را تعیین می‌کند. البته با فنون و روش‌های جدید امکان مهار، انتقال و استفاده مقادیر بیشتری از نهاده آب وجود دارد. اما از بعد اقتصادی مطمئناً طرف تقاضا نیز از نظر مقدار و نحوه مصرف آب در برنامه‌ریزی نظام‌های بهینه کشاورزی نقش به‌سزایی دارد، از این‌رو برنامه‌ریزی و مدیریت توأم عرضه و تقاضای آب همراه با بهینه‌سازی مصرف آب و سرمایه‌گذاری برای افزایش استحصال آب از اهم نیازهای مطالعاتی بخش کشاورزی است.

در برنامه‌ریزی مصرف آب در بخش کشاورزی دسترسی مطمئن به منابع آب پایا در حال حاضر و دوره‌های آتی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. بر این اساس یکی از مسایل بسیار مهم که مدیریت اقتصادی و پایایی منابع آب نقش فراوانی دارد، ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب است و محور اصلی راه‌حل‌های پایداری و اقتصادی بایستی دستیابی به توازن در منابع آب همراه با بهینه‌سازی فعالیت‌های زراعی باشد، چرا که وقتی تقاضای آب به مرز موجودیهای بالقوه آب و بالاخص عرضه اقتصادی آب نزدیک می‌شود و یا از آن تجاوز می‌کند، امر پایداری مشکل می‌شود.

مطالعه حاضر در پی آنست که همراه با تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی در یکی از دشت‌های خشک شمال استان خراسان، مسئله تعادل بین عرضه و تقاضای آب را مورد توجه قرار داده و در فرآیند برنامه‌ریزی وارد سازد. در زمینه بهینه‌سازی فعالیت‌های زراعی مطالعات چندی صورت

حد برابری MR و MC آب مطابق الگوی کشت بهینه می‌تواند افزایش یابد. همان‌طور که اشاره شد یکی از مسایل مهم در مدیریت منابع آب که امروزه کاربرد فراوان یافته است و اهمیت شایان توجهی دارد، تعادل بین عرضه و تقاضای آب است. برای این منظور بجای سعی در افزایش کنترل و استحصال آب، تلاش می‌شود تقاضای آب طوری تعدیل شود که با عرضه آن در حال تعادل باشد.

در این مطالعه جهت برقراری تعادل بین عرضه و تقاضای آب از الگوی برنامه‌ریزی خطی ذیل استفاده شده است. این الگو برای کل منطقه مورد مطالعه و در طی یک سال زراعی شامل ده ماه طراحی و استفاده شده است اما می‌توان دوره‌ها و زیربخش‌های مختلف را نیز در الگو وارد نمود (۱۲ و ۲۴).

$$\text{Subject to } \sum_{i,j} X_{ij} - S_j - G_j = 0$$

$$S_j \leq S_j^*$$

$$G_j \leq G_j^*$$

$$\sum_j X_{ij} \leq X^*$$

$$X_{ij}, S_j, G_j \geq 0$$

که در آن:

$i$  = شمارشگر محصول

$j$  = شمارشگر دوره‌ها (ماه‌های سال)

$X_{ij}$  = سطح زیر کشت محصول  $i$  در دوره  $j$ .

$C_{ij}$  = ضریب تابع هدف برای محصول  $i$  (درآمد ناخالص هر محصول).

$a_{ij}$  = مقدار آب مصرفی برای هر هکتار محصول  $i$  در دوره  $j$ .

$S_j$  = آب سطحی استحصالی.

$S_j^*$  = محدودیت آب سطحی در دسترس.

$G_j$  = آب زیرزمینی استحصالی

$G_j^*$  = محدودیت آب زیرزمینی در دسترس.

$X^*$  = محدودیت سطح زیر کشت

$p$  = هزینه استحصال آب سطحی

$q$  = هزینه متغیر پمپ کردن آب زیرزمینی.

با حل الگوی فوق می‌توان علاوه بر سطوح زیر کشت بهینه

محصولات، مقادیر بهینه مصرف آب سطحی ( $S_j$ ) و آب

پذیرفته‌اند (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۸)، اما در هیچکدام متغیرها و عوامل مهم و موثر در ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب مد نظر قرار نگرفته‌اند. در راستای این هدف در مقاله حاضر ابتدا ادبیات برنامه‌ریزی در کشاورزی با توجه به مسئله آب مرور مختصری خواهد شد. در قسمت بعدی الگوی مورد استفاده در این مطالعه معرفی می‌شود و سپس وضعیت کلی منابع آب دشت سرخس توضیح داده می‌شود. در نهایت و پس از معرفی داده‌ها و محاسبات لازم، نتایج حاصل از کاربرد الگوی مورد نظر در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روشها

به طور کلی الگوهای برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب بر دو محور اساسی قرار دارند. یکی محور مدیریت آبیاری و تخصیص منابع آب موجود بین محصولات زراعی مختلف طی دوره رویش و دیگری محور مدیریت آبیاری و تخصیص منابع آب موجود بین محصولات زراعی مختلف طی دوره رویش و دیگری محور مدیریت منابع آب با اهداف متعادل و پایدار ماندن منابع آب (۱۳، ۱۴ و ۱۵). مزیت عمده مطالعه حاضر این است که هر دو محور فوق را توأمأ در نظر می‌گیرد و الگوی بهینه کشت محصولات زراعی را طوری تعیین می‌کند که منابع آب سطحی و زیرزمینی در تعادل باشند.

از نظر روش‌شناسی، برنامه‌ریزی استفاده بهینه از آب و تخصیص اقتصادی آن از روش‌های مختلفی امکان‌پذیر است. بعضی از این روش‌ها عبارتند از (۵ و ۲۱). روش بودجه‌بندی - روش تابع تولید - روش برنامه‌ریزی ریاضی و روش شبیه‌سازی، عمومی‌ترین روش برنامه‌ریزی منابع آب و تخصیص بهینه آن، روش برنامه‌ریزی خطی است (۱۵، ۱۶، ۱۸ و ۱۹). این روش عموماً جهت برنامه‌ریزیهای کوتاه مدت آبیاری، تعیین الگوی بهینه کشت، تخصیص منابع آب بین محصولات مختلف در زمان و مکان معین بکار می‌رود. در ایران از الگوی بهینه کشت، تخصیص منابع آب بین محصولات مختلف در زمان و مکان معین بکار می‌رود. در ایران از این روش عموماً جهت تعیین الگوی بهینه کشت با تاکید بر نهاده آب استفاده شده است (۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۸).

نکته قابل توجه این است که در الگوهای برنامه‌ریزی خطی که به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرند، تقاضای آب تا

جدول ۱- شمای کلی ماتریس الگوی برنامه‌ریزی خطی با هدف برابری عرضه و تقاضای آب

فعالیتها	GW <sub>۱</sub>	GW <sub>۲</sub>	GW <sub>۳</sub>	GW <sub>۴</sub>	GW <sub>۵</sub>	GW <sub>۶</sub>	GW <sub>۷</sub>	GW <sub>۸</sub>	GW <sub>۹</sub>	GW <sub>۱۲</sub>
محدودیتها										
LD <sub>۱</sub>										
LD <sub>۲</sub>										
TLD										
DW <sub>۱</sub>	-۱									
DW <sub>۲</sub>		-۱								
...										
DW <sub>۱۲</sub>										-۱
SGW <sub>۱</sub>	+۱									
SGW <sub>۲</sub>		+۱								
...										
SGW <sub>۱۲</sub>										+۱
SSW <sub>۱</sub>										
SSW <sub>۲</sub>										
SSW <sub>۳</sub>										
SSW <sub>۱۲</sub>										
تابع هدف										

ادامه جدول ۱

فعالیتها	SW <sub>۱</sub>	SW <sub>۲</sub>	SW <sub>۳</sub>	SW <sub>۱۲</sub>	X <sub>۱</sub>	X <sub>۲</sub>	X <sub>۳</sub>	X <sub>۴</sub>	X <sub>۵</sub>	L <sub>۱</sub>	L <sub>۲</sub>	علامت	B
محدودیتها													
LD <sub>۱</sub>							+۱	+۱	+۱	-۱		≤	۶۲۰۰
LD <sub>۲</sub>					+۱	+۱					-۱	≤	۱۴۶۰۰
TLD					+۱	+۱	+۱	+۱	+۱	-۱	-۱	≤	۲۰۸۰۰
DW <sub>۱</sub>	-۱											=	۰
DW <sub>۲</sub>		-۱						a <sub>ij</sub>				=	۰
...												...	...
DW <sub>۱۲</sub>												=	۰
SGW <sub>۱</sub>												≤	BGW <sub>۱</sub>
SGW <sub>۲</sub>												≤	BGW <sub>۲</sub>
...												...	...
SGW <sub>۱۲</sub>												≤	BGW <sub>۱۲</sub>
SSW <sub>۱</sub>	+۱											≤	BGW <sub>۱</sub>
SSW <sub>۲</sub>		+۱										≤	BSW <sub>۲</sub>
SSW <sub>۳</sub>			+۱									≤	BSW <sub>۳</sub>
SSW <sub>۱۲</sub>				+۱								≤	BSW <sub>۱۲</sub>
تابع هدف													
					GM <sub>۱</sub>	GM <sub>۲</sub>	GM <sub>۳</sub>	GM <sub>۴</sub>	GM <sub>۵</sub>				

بهینه مشترک آبهای سطحی و زیرزمینی را بدست آورد. نحوه ساختن الگوی فوق و ماتریس ضرایب آن در قسمت نتایج و بحث خواهد آمد. ضریب تابع هدف در الگوی مورد استفاده برای

زیرزمینی (Gj) را بدست آورد. یکی دیگر از مزیت‌های الگوی فوق علاوه بر برابری عرضه و تقاضای آب، ترکیب آب زیرزمینی و سطحی است. در واقع با این الگو می‌توان مقادیر و تخصیص

- $L_1$  = فعالیت افزایش سطح زیر کشت بهاره  
 $L_2$  = فعالیت افزایش سطح زیر کشت پاییزه  
 $DW_1$  = تقاضای آب در فروردین  
 $DW_{12}$  = تقاضای آب در اسفند  
 $GM$  = بازده ناخالص محصولات  
 $a_{ij}$  = نیاز آبی محصولات در ماه‌های مختلف  
 $X_1$  = فعالیت کاشت یک هکتار گندم  
 $X_2$  = فعالیت کاشت یک هکتار جو  
 $X_3$  = فعالیت کاشت یک هکتار پنبه  
 $X_4$  = فعالیت کاشت یک هکتار هندوانه  
 $X_5$  = فعالیت کاشت یک هکتار خربزه

#### شناخت منطقه مورد مطالعه

این مطالعه در دشت سرخس انجام شده است. این دشت در شمال شرقی استان خراسان و در مرز ایران و ترکمنستان در  $۵۳' - ۶۰^\circ$  تا  $۸' - ۶۱^\circ$  طول شرقی و  $۳۶' - ۳۹^\circ$  تا  $۳۶' - ۳۹^\circ$  عرض شمالی واقع شده است. آب و هوای دشت سرخس خشک و از نوع کویری است و دوره خشکی در این دشت از اواخر بهار شروع شده و تا اواسط مهرماه ادامه می‌یابد (۹). در این دشت دو رودخانه جریان دارد، رودخانه مهم دشت که نقش قابل توجهی در سیراب کردن دشت دارد، رودخانه هریرود می‌باشد. در مطالعه حاضر منابع آب سطحی همین رودخانه مورد توجه قرار گرفته است و از رودخانه دیگر که شورلق نام دارد و نقشی در آبیاری اراضی دشت ندارد صرف نظر شده است.

به دلیل محدودیت آب‌های سطحی، بخش قابل توجهی از آب مورد نیاز کشاورزی دشت سرخس از سفره آب زیرزمینی تامین می‌شود. مقدار برداشت سالیانه از سفره آب زیرزمینی در سال ۱۳۶۴ برابر ۱۵۶ میلیون متر مکعب بوده است که در سال ۱۳۷۲ علیرغم افزایش تعداد چاهها، به ۱۲۸ میلیون متر مکعب کاهش یافته است که خود نشانه فشار بر سفره آب زیرزمینی منطقه است (۱۰). جدول ذیل وضعیت کلی مصرف آب در کشاورزی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

#### داده‌ها و اطلاعات

داده‌های اولیه مورد نیاز مطالعه از طریق پرسشنامه و با مصاحبه مستقیم با زارعین منطقه بدست آمده‌اند. این داده‌ها

محصولات بازده ناخالص (GM) و برای فعالیت‌های استحصال آب صفر منظور شده است. ضرایب فنی مصرف آب در این الگو (Zaij) با استفاده از روش رگرسیون با ضرایب متغیر (RCR) برآورد شده‌اند. بهمین دلیل در این الگو نیازی به همگن سازی وجود ندارد و تفاوت‌های مزارع در معادلات رگرسیونی در نظر گرفته شده‌اند و به این اساس یک الگوی کلی برای کل منطقه ساخته شده است.

جدول ۱ شمای کلی این نوع الگوی برنامه‌ریزی خطی را نشان می‌دهد. در این الگو ابتدا راندمان انتقال آب ۶۰ درصد در نظر گرفته شده است و سپس اثر افزایش راندمان انتقال به ۷۰ درصد بر برنامه بهینه کشت و استحصال آب مورد بررسی قرار گرفته‌اند. یکی از مزیت‌های مهم الگوی بکار رفته این است که تخصیص بهینه منابع آب بین محصولات مختلف و نیز استحصال بهینه آب در دوره‌های مورد نظر را به طور مشترک برای منابع آب زیرزمینی و منابع آب سطحی بدست می‌دهد.

برای ساخت این الگو ضرایب آب مورد استفاده محصولات مختلف بر اساس وضعیت فعلی تامین آب از منابع زیرزمینی و سطحی، محاسبه شده‌اند. در منطقه مورد مطالعه در ماه‌های اسفند، فروردین، اردیبهشت و خرداد از منابع آب زیرزمینی و سطحی بطور مشترک استفاده می‌شود ولی در بقیه ماههای سال منبع تامین آب فقط سفره آب زیرزمینی است.

متغیرهای جدول ۱ به ترتیب زیر تعریف می‌شوند:

- $GW_1$  = فعالیت استحصال آب زیرزمینی در فروردین  
 $GW_{12}$  = فعالیت استحصال آب زیرزمینی در اسفند  
 $SGW_1$  = عرضه آب زیرزمینی در فروردین  
 $SGW_{12}$  = عرضه آب زیرزمینی در اسفند  
 $SW_1$  = فعالیت استحصال آب سطحی در فروردین  
 $SW_{12}$  = فعالیت استحصال آب سطحی در اسفند  
 $SSW_1$  = عرضه آب سطحی در فروردین  
 $SSW_{12}$  = عرضه آب سطحی در اسفند  
 $LD_1$  = محدودیت زمین در کشت بهاره  
 $LD_2$  = محدودیت زمین در کشت پاییزه  
 $BGW$  = مقدار قابل دسترس آب زیرزمینی  
 $BSW$  = مقدار قابل دسترس آب سطحی  
 $TLD$  = محدودیت زمین در کل سال

جدول ۲- خصوصیات کلی مصرف آب در دشت سرخس

کل مصرف آب (میلیون مترمکعب)		درصد مصرف		مقدار مصرف		متوسط مصرف در هکتار		راندمان	
زیرزمینی سطحی		زیرزمینی سطحی		زیرزمینی سطحی		توزیع و مزرعه		کل	
۷۷/۱	۲۲/۹	۱۲۷۹۷۹	۳۸۰۰۵	۵۶۱۲	۳۳	۳۰			

منبع: مأخذ شماره ۴.

در جدول ۳ ستون دوم مقادیر برداشت آب از منابع زیرزمینی طی ماه‌های فروردین تا اسفند بغیر از دی و بهمن و نیز برداشت آب از رودخانه را طی اسفندماه و فصل بهار را نشان می‌دهد. در واقع الگوی کشت فعلی دشت مورد مطالعه این مقادیر استحصال را اجتناب‌ناپذیر ساخته است. در این وضعیت چنانچه مقدار برداشت آب از مقدار نیاز محصولات بیشتر باشد، مقدار آب اضافه جز آب هدر رفته بحساب می‌آید. ستون سوم جدول فوق نشان‌دهنده الگوی بهینه کشت و نیز نیاز آبی الگو طی ماه‌های مختلف به آب زیرزمینی و سطحی است. با مقایسه این دو ستون مشخص می‌شود که با حذف محصول خربزه از الگوی کشت، افزایش سطح زیر کشت هندوانه به میزان ۷۳ درصد، کاهش سطح زیر کشت پنبه به میزان ۱۶/۳ درصد و تغییرات جزئی در سطوح زیر کشت محصولات پاییزه گندم و جو علاوه بر اینکه نمی‌توان ارزش تولیدات منطقه را ۱/۲۴ درصد افزایش داد، می‌توان در ماه‌های مرداد، شهریور، مهر، آبان و آذر در مصرف آب زیرزمینی و در فروردین ماه در مصرف آب سطحی صرفه‌جویی نمود. مقادیر این صرفه‌جویی یا کاهش استحصال در جدول مشخص شده است. بدین ترتیب می‌توان استفاده بهتر، کاراتر و اقتصادی‌تر از منبع کمیاب آب را با تغییرات در سطوح زیر کشت و مقادیر استحصال آب برنامه‌ریزی نمود.

جهت تغییرات مورد نظر در سطح زیر کشت محصولات می‌توان از ابزارها و انگیزه‌های قیمت‌گذاری بر محصولات استفاده نمود. برای کاهش استحصال آب در ماه‌های فوق‌الذکر می‌توان ضمن آموزش و ترویج زارعین اقدام به تعیین و اخذ آب بها نمود. نتایج الگوهای قبلی در این زمینه راهنمای خوبی هستند.

خصوصیات مهم زراعی و اقتصادی محصولات عمده زراعی منطقه را شامل می‌شوند. نمونه مورد نیاز از طریق نمونه‌گیری تصادفی سه مرحله‌ای بدست آمده‌اند. بعد از بررسی داده‌های نمونه تعداد ۱۰۵ نفر از زارعین به عنوان نمونه اصلی انتخاب شده‌اند. سایر اطلاعات لازم برای ساخت الگوها از انتشارات طرح جامع آب کشور و نیز طرح جامع توسعه کشاورزی خراسان بدست آمده‌اند. با استفاده از داده‌ها و اطلاعات مورد نظر، ضرایب تابع هدف الگوها از طریق متوسط‌گیری نمونه‌ای و ضرایب فنی از طریق رگرسیون برآورد شده‌اند.

### نتایج و بحث

در الگوهای مطرح شده در قسمت قبلی ردیف‌های (محدودیت‌های) تقاضای آب، شرایط برابری تقاضا و استحصال (عرضه) آب را برآورده می‌سازند. همچنین ردیف‌های عرضه آب طوری تنظیم شده‌اند که اجازه فزونی تقاضا بر مقدار عرضه فعلی را نمی‌دهند. بدین ترتیب مقادیر استحصال بهینه (عرضه آب) فقط در حدی که اولاً برابر مقدار تقاضا باشند و ثانیاً از مقادیر عرضه فعلی فراتر نروند، امکان تغییر دارند. بدین ترتیب در این الگوها قیمت سایه‌ای برای آب بدست نخواهد آمد. الگوی بهینه کشت در شرایط تعادل عرضه و تقاضا و نیز حجم استحصال بهینه آب در ماه‌های مختلف سال از منابع سطحی و زیرزمینی موجود، نتایج این الگوها هستند. جدول ۳ نتایج حل الگو برای راندمان انتقال ۶۰ درصد را نشان می‌دهد.

مقادیر فعلی استحصال منابع آب را هم می‌توان بر اساس وضعیت فعلی محاسبه کرد و هم بر اساس الگوی بهینه کشت حاصل از الگوهای ساده برنامه‌ریزی خطی در این مطالعه مقادیر فعلی استحصال منابع آب بر اساس الگوی موجود تخصیص عوامل تولید محاسبه شده‌اند.

جدول ۳- مقایسه وضعیت فعلی و بهینه استحصال آب در ماه‌های مختلف و الگوی فعلی و بهینه کشت محصولات راندمان انتقال ۶۰ درصد .  
میلیون متر مکعب - هکتار

درصد تغییر	بهینه	فعلی	
۰	۱۶/۰۰	۱۶/۰۰۴	فروردین ۱
۰	۱۸/۷۵۳	۱۸/۷۵۳	اردیبهشت ۱
۰	۱۱/۰۵۷	۱۱/۰۵۷	خرداد ۱
۰	۹/۰۸۴۳	۹/۰۸۴۳	تیر
-۰/۷۷	۶/۱۴۶۶	۶/۱۹۴۴	مرداد
-۱/۰۸	۳/۲۰۹	۳/۲۴۴	شهریور
-۰/۷	۷/۴۲۲	۷/۴۷۴۶	مهر
-۰/۲۴	۷/۲۴۱۱	۷/۲۵۸۷	آبان
-۰/۴۳	۹/۶۵۴۵	۹/۶۹۶	آذر
۰	۶/۳۴۳۹	۶/۳۴۳۹	اسفند ۱
-۰/۵۱	۱۱/۸۱۶	۱۱/۸۷۷	فروردین ۲
۰	۱۳۲/۹۱۸	۱۳/۹۱۸	اردیبهشت ۲
۰	۸/۲۰۶	۸/۲۰۶	خرداد ۲
۰	۴/۷۰۸	۴/۷۰۸	اسفند ۲
+۰/۴۶	۷۵۳۵	۷۵۰۰	گندم
-۱/۰۱	۶۸۳۰	۶۹۰۰	جو
-۱۶/۳	۱۶۹	۲۰۲	پنبه
+۷۳	۶۰۲۲	۳۴۸۰	هندوانه
-۱۰۰	۰	۲۴۰۰	خریزه
+۱/۳۴	۱/۹۲×۱۰ <sup>۱۰</sup>	۱/۸۹۵×۱۰ <sup>۱۰</sup>	ارزش برنامه
+۰/۳۶	۲۰۵۵۶	۲۰۴۸۲	سطح کشت

منبع: نتایج بررسی.

توضیح: کد ۱ معرف آب زیر زمینی و کد ۲ معرف آب سطحی است.

همان‌طور که جدول فوق نشان می‌دهد، در اثر افزایش راندمان انتقال آب و سطح زیر کشت کل را می‌توان ۱۸/۲ درصد افزایش داد. در این الگو و الگوی قبلی امکان افزایش سطح زیر کشت در دو فصل کشت بهاره و پاییزه از طریق وارد

در این الگو می‌توان اثر افزایش راندمان انتقال از ۶۰ به ۷۰ درصد را بر مقادیر استحصال آب و الگوی تخصیصی آب بین محصولات رقیب آزمون کرد. جدول ۴ اثر افزایش راندمان انتقال آب از ۶۰ تا ۷۰ درصد را روی الگوی قبلی نشان می‌دهد.

جدول ۴- اثر افزایش راندمان انتقال آب از ۶۰ درصد به ۷۰ درصد

درصد تغییر	بهینه	فصلی	
۰	۱۸/۶۷۱	۱۸/۶۷۱	فروردین ۱
۰	۲۱۸۷۹	۲۱۸۷۹	اردیبهشت ۱
۰	۱۲/۸۹۹	۱۲/۸۹۹	خرداد ۱
۰	۱۰/۵۹۸	۱۰/۵۹۸	تیر
-۰/۷۷	۷/۱۷۱	۷/۲۲۶۸	مرداد
-۱/۰۶	۳/۷۴۳۷	۳/۷۸۴	شهریور
-۰/۷	۸/۶۵۸۹	۸/۷۲۰۴	مهر
-۰/۲۴	۸/۴۴۷۹	۸/۴۶۸۴	آبان
-۰/۴۳	۱۱/۲۶۳۶	۱۱/۳۱۲۳	آذر
۰	۷/۴۰۱۳	۷/۴۰۱۳	اسفند ۱
-۰/۵۱	۱۳/۷۸۶	۱۳/۸۵۷	فروردین ۲
۰	۱۶/۲۳۸	۱۶/۲۳۸	اردیبهشت ۲
۰	۹/۵۷۳۷	۹/۵۷۳۷	خرداد ۲
۰	۵/۴۹۲۹	۵/۴۹۲۹	اسفند ۲
+۱۷/۲	۸۷۹۰	۷۵۰۰	گندم
+۱۵/۴	۷۹۶۸	۶۹۰۰	جو
-۲/۴	۱۹۷	۲۰۲	پنبه
+۱۰۱/۹	۷۰۲۶	۳۴۸۰	هندوانه
-۱۰۰	-	۲۴۰۰	خریزه
+۱۷/۱	۲۳۹۸۱	۲۰۴۸۲	ارزش برنامه
+۱۸/۲	۲/۲۴×۱۰ <sup>۱۰</sup>	۱/۸۹۳×۱۰ <sup>۱۰</sup>	سطح کشت

منبع: نتایج بررسی.

توضیح: کد ۱ معرف آب زیر زمینی و کد ۲ معرف آب سطحی است.

می‌شود که مقادیر برداشت آب از سفره آب زیرزمین در ماه‌های مرداد، شهریور، مهر و آبان و آذر و مقادیر استحصال آب از رودخانه در ماه فروردین بیشتر از مقدار تقاضا است و بایستی مطابق اعداد مندرج در ستون چهارم جدول فوق کاهش یابند. این امر موجب صرفه‌جویی در مصرف آب به مقدار قابل توجهی خواهد شد.

کردن فعالیت‌های مناسب در الگو، ایجاد شده است. همین افزایش در سطح زیر کشت و تغییرات لازم در سطح زیر کشت محصولات ارزش تولیدات دشت را می‌تواند تا ۱۷/۱ درصد افزایش دهد. برای رسیدن به الگوی بهینه جدول ۴ بایستی ۲۱۵۹ هکتار زمین اضافه را در فصل کشت پاییزه ۱۰۲۳ هکتار را در فصل کشت بهار زیر کشت برد. در اینجا نیز مشاهده

## REFERENCES

## مراجع مورد استفاده

۱. آقایا، غ. ۱۳۷۳. تعیین ترکیب بهینه کشت با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و نقش قیمت‌های سایه در برنامه‌ریزی تولید کشاورزی. مجله آب، خاک، ماشین. شماره ۳. صفحه ۲۰.
۲. آماده، ح. ۱۳۷۳. تعیین قیمت سایه‌ای آب در منطقه باغین. سمینار پایان دوره کارشناسی، بخش اقتصاد کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان.
۳. اکبری، الف. م، بخشوده. ۱۳۷۲. تعیین ترکیب بهینه محصولات زراعی در اراضی زیر سد جیرفت. طرح تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان. بخش اقتصاد کشاورزی.
۴. سلطانی، غ. ۱۳۷۲. تعیین آب بها و تخصیص بهینه آب در اراضی زیر سدها. مطالعه موردی سد درودزن. مجموعه مقالات دومین سمپوزیوم سیاست کشاورزی ایران. دانشگاه شیراز. ص ۱۹۵.
۵. سلطانی، غ. ۱۳۷۳. برنامه‌ریزی آبیاری به منظور استفاده بهینه از منابع آب در ایران. مجله آب، خاک، ماشین. شماره ۳ صفحه ۱۰.
۶. سلطانی، غ. ۱۳۷۴. بهره‌برداری اقتصادی از منابع آب. فصلنامه آب و توسعه، سال سوم، شماره ۳، ص ۳۴.
۷. نوری نائینی، م. الف، صلاح منش. ۱۳۷۱. تعیین قیمت سایه‌ای منابع در بخش کشاورزی: مطالعه موردی روستاهای خراسان. مجله تحقیقات اقتصادی، شماره ۴۸، ص ۸۱.
۸. وزارت نیرو. ۱۳۷۰. منابع آب‌های زیرزمینی حوزه آبریز اترک و کشف رود. طرح جامع آب کشور، جاماب.
۹. ولایتی، س. منابع و مسایل آب در استان خراسان. آستان قدس رضوی. ۱۳۷۰.
10. Barnet, Vic. 1974. Elements of Sampling Theory. The English Universities Press.
11. Chakrovorty, V. and J. Roumasset. 1991. Efficient Spatial Allocation of Irrigation water. Amer. J. Agri. Econ; February 1991, pp: 165-173.
12. Dudley, N. J. et al. 1971. 1: Optimal Intraseasonal Irrigation water Allocation. Water Res. Research, Vol. 7, No. 4, P: 770.
13. Dudley, N. J. et al. 1971b. Irrigation planning 2: Choosing optimal acreages within a season. Water Res. Research, Vol. 7, No. 5, P: 1051.
14. Dudley, N. J. et al. 1972. Irrigation Planning. 3: The best size of Irrigation area for a reservoir. Water Res. Research, Vol.8, No.1, P: 7.
15. Dhawan, K. C. and A. S. Kaholon. 1977. Some Methodological Issues in using Linear Programming Technique in Agriculture. Indian J. of Agri. Econ., vol.32, No.1, PP: 147-159.
16. Parikh, A. and D. Bailey. Techniquis of Economic analysis with applications harvester – wheatsheaf publishing, first edition, 1990.
17. Sankhayan, P. L. and B. S. Dhillon. 1977. application of Linear programming Models in Indian Agri. Some Fallacies. Nidna J. of Agr. Econ., vol.32, No.2, pp: 51-58.
18. Sankhayan, P. L. and H. S. Cheema . 1991. Using Linear programming Models for Generating Optimum Farm Plans – An Expository Analysis. Indian. J. of Agri. Econ., vol. 46, No. 4, P: 601.
19. Shinde, S. D. 1988. Readings in Irrigated farming. Vishwanil publication,
20. Thamodaran, R; S. Bhide and E. O. Heady. 1982. An Economic Analysis of water management systems in – production function and programming Approaches. Indian J. Agri. Econ., Vol. 31, No.1.
21. Tolley, G. S. and V. S. Hastings. Optimal Water Allocation: The North Platte River. Quarterly J. of Economics.
22. Nieswiadomy, M. 1985. The demand for Irrigation water in the Amer. J. Agri. Econ., August 1985, P: 619.
23. \_\_\_\_\_ . 1988. An Economic optimization Model for water Resources. Transaction of ASAE. Vol 31(3). P: 715.



## **Optimizing the Joint Utilization and Extraction of Surface and Groundwater Resources in Agriculture**

**H. AMADEH<sup>1</sup> AND M. SADROLASHRAFI<sup>2</sup>**

**1&2- Former Graduate student and Professor, Faculty of Agriculture,  
University of Tehran, Karaj, Iran**

**Accepted. Jan. 24, 2001**

### **SUMMARY**

Considering the important role of water resources in agricultural production in arid and semi – arid areas, optimizing the agricultural activities with regard to water scarcity is of utmost importance. In farm activities modeling one must be concerned with balance in supply and demand of water. This article has examined a model that, besides the provision of an optimal crop pattern, gives rise to the optimal levels of extraction of surface and ground water resources. Results show that, along with reduction in water extraction especially during summer and autumn seasons, with some due modification in important crop acreages, the gross return in agriculture would rise by 1.34 percent. In this situation, if water use efficiency also rises from 60 to 70 percent, with similar modification, there would exist the possibility of 17.1 percent promotion in agricultural gross returns.

**Key words:** Water resource extraction, Optimal pattern, Linear programming.