

اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال هشتم، شماره ۲۹، بهار ۱۳۷۹

## تخصیص بهینه آب رودخانه هیرمند میان زیربخشهای کشاورزی منطقه سیستان

دکتر رحمان خوش اخلاق، جواد شهرکی\*

چکیده

آب از جمله کالاهای اساسی و ضروری به شمار می آید که ادامه زندگی، ایجاد آبادانی و توسعه اقتصادی در کشوری با وضعیت اقلیمی خشک و نیمه خشک همچون ایران، به آن وابسته است. مشکل کمیابی آب برای مناطقی مانند سیستان که حوزه جغرافیایی این پژوهش را تشکیل می دهد، به مراتب حادتر است و این موضوع مسئله تخصیص را مهمتر و ضروریتر می نماید. در زمینه تخصیص آب، پرسش اساسی این است که چگونه باید عامل کمیاب پیشگفته به کار گرفته شود تا بیشترین سود به دست آید، بنابراین مسئله مدیریت توزیع این منبع مطرح می شود که اهمیت ویژه ای دارد. در نوشتار حاضر تلاش بر آن است که بهترین شکل تخصیص عامل آب

---

\* به ترتیب: استادیار دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه اصفهان و عضو هیئت علمی دانشگاه سیستان و بلوچستان

مشخص شود تا بتوان به کمک آن، سود به دست آمده از استفاده آب را در منطقه سیستان حداکثر کرد. داده‌ها و اطلاعات به کار رفته در این مطالعه، به صورت مقطع عرضی بوده و از راه پرسشنامه، گفتگو و اطلاعات کتابخانه‌ای به دست آمده است. روش به کار رفته برای مطالعه نیز تکنیک برنامه‌ریزی خطی است که نتایج به دست آمده از آن، ناکارا بودن الگوی کنونی تخصیص آب را در منطقه نمایان می‌سازد.

#### مقدمه

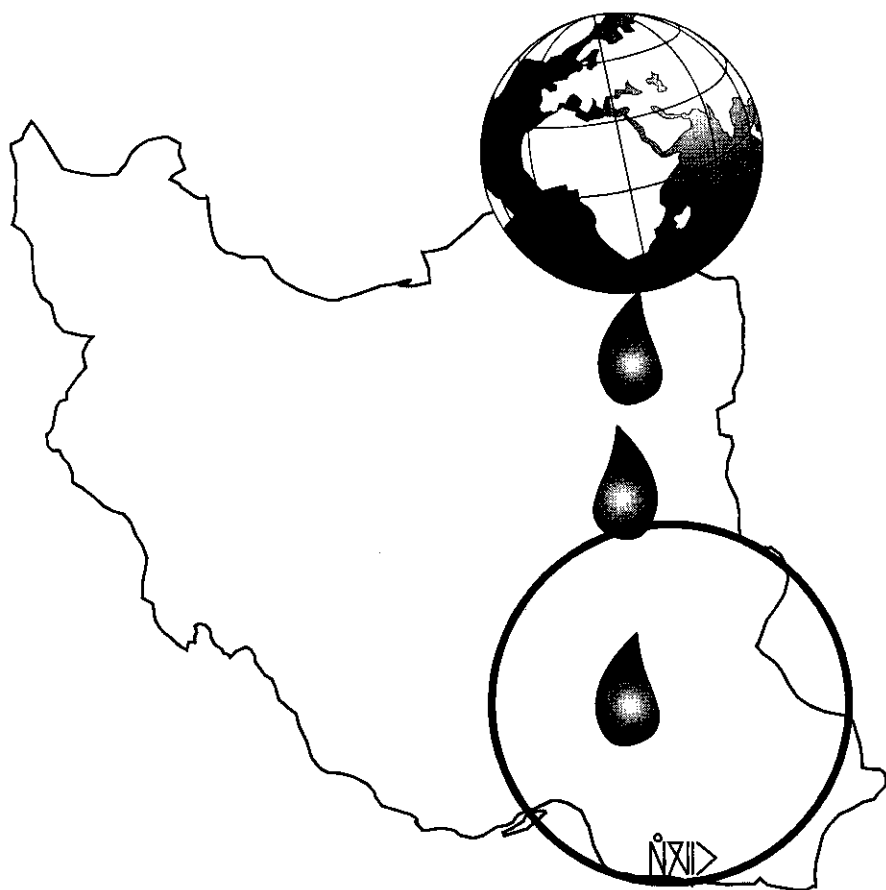
آب از کالاهای اساسی و ضروری برای ادامه زندگی انسان و دیگر موجودات زنده به شمار می‌آید. به کار بردن دو اصطلاح آب و آبادی در کنار هم، اهمیت آب در توسعه اقتصادی مملکت را نشان می‌دهد. کشور ایران از نظر بارندگی و رطوبت کشوری خشک یا نیمه خشک برشمرده می‌شود. منطقه مورد مطالعه این پژوهش نیز از نظر موقعیت جغرافیایی جزو مناطق بسیار کم باران ایران به شمار می‌آید و کشاورزی آن منحصراً به کمک سیستم آبیاری امکانپذیر است. ضرورت مطالعه و بهبود مدیریت توزیع آب با توجه به وضعیت کلی منطقه و محدودیت‌های طبیعی آن همچون اقلیم فراخشک، بارندگی بسیار کم نزدیک به ۶۰ میلی‌متر در سال، تبخیر بسیار بالا در حدود ۴۶۰۰ میلی‌متر، شوری و قلیایی بودن خاک، فرسایش خاک، محدودیت مقداری منابع آب، استمرار شیوه‌های سنتی آبیاری محصولات گوناگون و ارزش حیاتی آب در احیا و توسعه کشاورزی منطقه، آشکار می‌شود. تخصیص بهینه و کمیابی عواملی همچون آب در هر کشور از جمله ایران، هنگامی اهمیت پیدا می‌کند که کشورها در کنار یکدیگر و به عنوان یک بازار، بررسی شوند. با چنین نگرشی مشخص می‌شود؛ تنها، کشورهایی در امر تولید و مبادله جهانی موفق خواهند بود که در به کارگیری عوامل تولید وضعیت نسبی بهتری داشته و یا کارا تر عمل کرده باشند و در این راستا تولیدات با کیفیت بهتری نیز به بازار ارائه کنند. این مسئله همچنین در زمینه مدیریت منابع آب چه در مقیاس محلی و چه در مقیاس ملی، مطرح بوده و هست. برنامه‌ریزی در راستای تخصیص بهینه منابع کمیاب مورد نیاز در امر توسعه کشاورزی و

بهره‌برداری اصولی، از جمله اقدامات اساسی و مهم دولتها و دست‌اندرکارانی به شمار می‌آید که با امر فراهم‌سازی بخشی از نیازهای غذایی و ایجاد فرصتهای اشتغال، ارتباط دارند. هدف اصلی این نوشتار نیز، دستیابی به ترکیبی کارا برای به کارگیری عوامل تولید کمیاب است که با فعالیتهای متعدد بخش کشاورزی منطقه سیستان در رقابت‌اند.

### ساختار الگو

مسئله بهینه‌سازی، در دنیای امروز گسترش فراوانی پیدا کرده است و در بیشتر شاخه‌های علوم همچون علوم اجتماعی، مهندسی، اقتصاد و بازرگانی کاربرد دارد. مدیریت آب، زمین، نیروی انسانی و دیگر عوامل تولید، هواره تأثیرات مهمی بر تولیدات کشاورزی می‌گذارند که در این راستا می‌توان با برنامه‌ریزی درست، کشاورزان را در جهت استفاده بهینه از این منابع هدایت کرد تا تولیدات خود را افزایش دهند، همچنین می‌توان از هدر رفتن نیروی انسانی و منابع کمیاب نیز جلوگیری کرد.

بدیهی است که کشاورزان با گزینه‌های مختلف فعالیت زراعی، دامی و باغی و دیگر موارد، روبه‌رویند. در این گزینه‌ها تولیدات برای استفاده از نهاده‌های محدود و در همین حال مشابه، با هم در رقابت‌اند. اگر بپذیریم که کشاورزان خواهان حداکثر سودند، این پرسش مطرح می‌شود که از میان گزینه‌های مختلف برای تولید محصولات گوناگون، کدام را برگزینند تا سود آنها حداکثر شود. برای رسیدن به این هدف، به برنامه‌ریزی دقیق و حساب شده نیاز است و در همین راستا نخست باید فعالیت تولیدی کشاورزان را شناخت، و سپس محدودیتهایی را که بر میزان تولید اثر می‌گذارند، در کنار آن قرار داد تا با در نظر گرفتن این محدودیتهای بتوان فعالیت تولید بهینه و در پی آن تخصیص بهینه عوامل تولید را پیدا کرد. برای بهینه‌سازی و پیدا کردن ترکیب مطلوب عوامل تولید، روشهای گوناگونی وجود دارد که به این شرح‌اند:



الف) بهینه‌سازی در حالت ایستا که در واقع نوعی برنامه‌ریزی ریاضی به شمار می‌آید و در برگیرنده برنامه‌ریزی کلاسیک، برنامه‌ریزی غیر خطی، برنامه‌ریزی خطی و نظریه بازیهاست.

ب) بهینه‌سازی در حالت پویا نیز به صورتهای، حساب تغییرات، برنامه‌ریزی پویا، اصل ماکزیم یابی و کنترل تئوری مطرح می‌شود. از جمله مسائل کنترل می‌توان به تعیین مسیر مصرف آب برای حداکثر کردن ارزش حال و ارزش افزوده برگرفته از مصرف آن در لحظات زمانی گوناگون، اشاره کرد. در این پژوهش از روش بهینه‌سازی موسوم به برنامه‌ریزی خطی استفاده شده است. در برنامه‌ریزی خطی تابع هدف و قیود، همگی خطی‌اند. در واقع برنامه‌ریزی خطی، به مسئله تخصیص کارای منابع محدود میان فعالیت‌های معلوم به منظور رسیدن به هدفی مطلوب مربوط می‌شود که شکل کلی آن چنین است:

$$\text{Max } F(x)$$

$$\text{S.t. : } g(x) \leq b \quad x \geq 0$$

که در آن:  $x$  بردار متغیرهای مربوط به فعالیت،  $F(x)$  تابع هدف،  $g(x)$  تابع قید و  $b$  نیز بردار قید ظرفیت عوامل موجود است.

روش برنامه‌ریزی خطی را نخستینبار جرج دنتزیک (George Dantzig) (۱۶) ریاضی‌دان آمریکایی در جنگ جهانی دوم در برنامه‌ریزی حملات هوایی به کار برد. همچنین در سال ۱۹۷۳ میلادی رابرت لانسفرد (Robert. R. lansford)، شال بن دیوید (Shaul Ben-David)، توماس ج. جبهارد (Thomos.G.Gebhard)، ولم برو تسایرت (Willem Brutsaert) و بانی کرید (Bobby.j.Creed) (۱۸)، باکمک این روش، مطالعه چند جانبه استفاده از منابع آب را در ناحیه ریوگرانند نیومکزیکو انجام دادند. در سال ۱۹۸۱ نیز گیدون و دیوید کار ملی (Gideon Olon, David Karml) (۱۹)، برنامه‌ریزی خطی را برای طراحی سیستم آبیاری به کار بردند و در سال ۱۹۸۶، کوز مورالز (Chavez Morales) (۱۳) مطالعه بهینه‌سازی و شبیه‌سازی برای برنامه‌ریزی آبیاری را به وسیله روش یاد شده انجام داد. در ایران و در سال

۱۳۷۲، سلطانی برای تعیین آب بهاء و تخصیص بهینه آب از برنامه ریزی خطی استفاده کرد. این روش همچنین در سال ۱۳۷۳ از سوی مظفری برای تعیین الگوی کشت بهینه و در همان سال از سوی حسن شاهی (۴) برای تخمین تقاضای آب در بخش کشاورزی به کار رفت.

#### روش تحقیق

در این پژوهش از داده‌های مقطع عرضی مربوط به سال زراعی ۱۳۷۳ - ۷۴ و اطلاعات و منابع موجود در سیستان استفاده شده است.

به منظور جمع‌آوری اطلاعات، مراحل زیر دنبال شده است:

۱. تنظیم پرسشنامه و مراجعه به کشاورزان آگاه به مسائل کشاورزی برای تکمیل پرسشنامه (به طور عمده کشاورزان نمونه).

۲. جمع‌آوری کردن اطلاعات لازم به وسیله تکمیل پرسشنامه از کارشناسان آگاه به مسائل کشاورزی منطقه سیستان.

۳. مراجعه به اسناد و املاک موجود در سازمانها و اداره‌های مربوط.

تلفیق کردن داده‌ها و آمار و اطلاعات و همچنین تحلیل و جمع‌بندی، تخمین و محاسبه ضرایب تابع سود و ضرایب فنی به منظور اجرا کردن مدل برنامه ریزی خطی بوده است.

طراحی مدل ریاضی برنامه ریزی خطی برای منطقه و حل آن با به کارگیری بسته نرم‌افزاری QSB<sup>+</sup> و همچنین به دست آوردن الگوی کشت بهینه برای کل منطقه به شکل زیر است:

$$\begin{aligned} \text{Max } \Pi &= \sum^{20} P_i Q_i - \sum^{20} \sum^{26} F_{ij} \times P_{ij} \\ \text{S.t } \sum^{20} \sum^{26} a_{ij} Q_i &\leq A \quad Q_i \geq 0 \end{aligned}$$

در این رابطه:

$\Pi$ : سود خالص بر گرفته از محصولات تولیدی کشاورزی در کل منطقه انتخابی

$P_i$ : قیمت یک واحد محصول  $i$ ام

$Q_i$ : میزان تولید محصول  $i$ ام

$F_{ij}$ : مقداری از عامل تولیدی  $i$ ام که برای تولید  $i$ ام به کار گرفته شده است

$r_{ij}$ : میزان پرداختی به یک واحد عامل تولیدی  $i$ ام برای تولید محصول  $i$ ام

$a_{ij}$ : مقدار عامل تولید  $i$ ام مورد نیاز برای تولید یک واحد محصول  $i$ ام

و  $A_j$ : میزان موجودی عامل تولید  $i$ ام است.

آمارهای جمع آوری شده، مربوط به سال زراعی ۱۳۷۳ - ۷۴ می شوند و از راه تکمیل

پرسشنامه های تنظیم شده با مراجعه مستقیم به منابع زیر به دست آمده اند:

کشاورزان آگاه و نمونه که در امر کشاورزی از دیگران موفقتر بوده اند، کارشناسان آگاه

به مسائل کشاورزی و شاغل در مدیریت کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی، ایستگاه

کشاورزی زهک، مراکز خدمات روستایی، مدیریت جهادسازندگی، اداره منابع طبیعی، اداره

کل شیلات سیستان و دانشکده کشاورزی شهرستان زابل.

با به کارگیری اطلاعات به دست آمده، ضرایب مورد نیاز مدل به دست آمد همچنین با

استفاده از بسته نرم افزاری QSB<sup>+</sup> به تجزیه و تحلیل اطلاعات و حل مدل اقدام شد.

### تحلیل الگو

شکل ریاضی تابع تولید به کار رفته در برنامه ریزی خطی، تابع تولید از نوع لئونتیف

است که می توان در رابطه با مسئله انتخابی، تابع تولید را به شکل فرمول زیر درآورد:

$$Q_i = \text{MIN} \left( \frac{A_1}{a_{i1}}, \dots, \frac{A_j}{a_{ij}}, \dots, \frac{A_{26}}{a_{i26}} \right) \quad i = 1, \dots, 20$$

$$j = 1, \dots, 26$$

در تابع تولید از نوع لئونتیف، امکان جانشینی برای عوامل وجود نداشته است و هر

مقداری از تولید، به نسبت معینی از عوامل تولید نیاز دارد. کشش جانشینی عوامل تولید برای

این توابع صفر است.

در این راستا محصولات تولیدی بیست‌گانه عبارت است از:

۱. گندم	۲. جو	۳. ذرت علوفه‌ای	۴. شبدر
۵. خیارسیز	۶. خربزه	۷. گوجه‌فرنگی	۸. بادجیان
۹. تنباکو	۱۰. زیره	۱۱. انگور	۱۲. پیاز
۱۳. هندوانه	۱۴. یونجه	۱۵. ارزن	۱۶. عدس
۱۷. فلفل	۱۸. سیر	۱۹. مرتع	۲۰. ماهی

و عوامل تولید عبارت است از:

۱. کود فسفات	۲. کود اوره	۳. کود پتاس	۴. کود نیترات
۵. کود حیوانی	۶. کود مایع	۷. سم ویتاواکس	۸. سم توفردی
۹. سم ویلوکسان	۱۰. سم اردیکان	۱۱. سم انفوزیون	۱۲. سم اکامت
۱۳. سم الکتیک	۱۴. سم دیازینون	۱۵. سم لیندین	۱۶. سم سنکور
۱۷. سم گوگرد	۱۸. سم سومیتون	۱۹. سم مالاتیون	۲۰. سم فسفر دوزنگ
۲۱. نیروی کار	۲۲. تراکتور	۲۳. دروکن	۲۴. آب
۲۵. زمین	۲۶. بذر		

این الگو تأثیرات توأم عواملی را که در اختیار تصمیم‌گیرنده (تولیدکننده‌ها) قرار دارد، همراه با محدودیتهای تولیدکننده، در نظر می‌گیرد. مدل برنامه‌ریزی خطی در کشاورزی راه حلی را برای تخصیص منابع کمیاب میان فعالیتهای متعددی که همان تولید محصولات متفاوت است، به دست می‌دهد. شکل ریاضی و خلاصه شده مدل به کار رفته در این مطالعه چنین است:

$$\text{Max} \Pi = \sum_{i=1}^{20} P_i Q_i - \sum_{j=1}^{26} F_{ij}^x r_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, 20$$

$$\text{S.t: } \sum_{i=1}^{20} a_{ij} Q_i \leq b_j, \quad Q_i \geq 0, \quad j = 1, \dots, 26$$

جدول شماره ۱. میزان عوامل تولید مورد نیاز برای تولید ۱۰۰۰ کیلوگرم محصولات ۲۰ گانه منطقه سیستان

مصرف	معمول	کدام	چو	ذرت علوفه‌ای	شیدر	خیار	خرزبه	گوچه فرنگی	بامچان	تیناکو	زیره
عامل تولید											
کود فسفات	۶۲/۵	۵۷/۲۴	۲/۷۵	۷/۵	۱۲/۵	۱۲/۵	۱۰	۱۰	۶۲/۵	۲۵۰	
کود اوره	۵۰	۴۲/۸۶	۵	۵	۲۵	۲۵	۲۰	۲۰	۳۲۲/۴	-	
کود پتاسیم	-	-	-	-	-	-	۱۰	۱۰	-	-	
کود حیوانی	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
سم ویتاواکس	۰/۵	۰/۷۵	۰/۱۱۵	-	-	-	-	-	-	-	
سم توفوری	۰/۵	-	۰/۳۷۵	-	-	-	-	-	-	-	
سم دیلوکسان	۰/۲۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
سم اردپکان	-	-	۰/۶۲۵	-	-	-	-	-	-	-	
سم افورزیون	-	-	-	-	-	۰/۷۵	-	-	-	-	
سم اکامت	-	-	-	-	-	۰/۸	۰/۵	-	-	-	
سم الکت	-	-	-	-	-	۰/۸	-	-	-	-	
سم لیدین	-	-	-	-	-	-	۰/۳۷۵	-	-	-	
سم سنکور	-	-	-	-	-	-	-	۰/۲۵	-	-	
نیروی کار	۷۵	۸۵/۷۱	۲۸/۱۲۵	۵	۲۰۶/۷	۷۴	۱۰۵/۲	۱۰۵/۲	۸۴/۱۶	۶۷۱	۷۶۲/۵
تراکتور	۵	۵/۷۱	۰/۴۲۵	۰/۲۵	۰/۲	۰/۴۵	۰/۸	۰/۸	۰/۶۲	۵/۶	۱۲/۵
دروکن	۱	۱/۱۲	۰/۲۵	۰/۳	-	-	-	-	-	-	-
آب	۳۴۰	۳۸۹۷	۳۸۲/۱۴	۷۶۴/۲۸	۷۴۱/۵	۹۰۴	۷۱۴/۵	۷۱۴/۵	۵۱۲/۲	۳۸۵۴	۱۷۰۰
زمین	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۱۱۵	۰/۲۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۲۲	۰/۸
بذر	۳۷/۵	۴۲/۸۶	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۲	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۵/۶	۱۲۵
سم دیازینون	-	-	-	-	-	-	۰/۱۵	-	-	-	-

ادامه جدول شماره ۱. میزان عوامل تولید مورد نیاز برای تولید ۱۰۰۰ کیلوگرم محصولات ۲۰ گانه منطقه سیستان

مربع	عدس	سیر	فلفل	ماهی	ارزن	بونه	هندوانه	پیاز	انگور	محصول
۷۵	۴۱/۶۶	۱۰	۲۰	۲۷۵	۵	۲۰	۸/۳	۳/۷۵	۳۳/۲	عامل تولید
۵۰	۴۱/۶۶	۲۹/۶۶	۶۰	-	۶/۶۶	-	۲۹/۶	۱	۲۰	کود فسفات
-	-	۱۳/۲۳	۲۰	-	-	-	-	۵	-	کود اوره
-	-	-	-	۲۷۰	-	-	-	-	-	کود پتاسیم
-	-	-	-	۱۵۰۰	-	-	-	-	-	نیزات آمونیم
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	کود حیوانی
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	سم آکامیت
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	سم دیازینون
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	سم لیندین
-	-	-	۰/۰۵	-	-	-	-	-	-	سم سنکور
-	-	-	-	-	-	-	-	-	۱۰	سم گل گوگرد
-	-	-	-	-	-	۰/۱۳	-	-	-	سم سومیون
-	-	-	-	-	-	۰/۱۳	-	-	-	سم مالاتیون
-	-	-	-	-	-	۰/۰۱	-	-	-	سم فسفوردوزنگ
۵۰	۵۰۰	۴۲۸/۴	۲۱۰/۴	۷۲۰	۸۶/۶۶	۲۰	۰/۵	۱۴۰/۶۵	۶۵	نیروی کار
۵	۱۶/۶۶	۱	۱/۶	۰/۲۵	۰/۲	۱/۶	-	۰/۰۳۷۵	۶/۸۸	تراکتور
-	-	-	-	-	۰/۴۶۶	۱/۸۶	۶۰۲/۶	-	-	دروکی
۳۰۰	۱۱۳۶۶/۶	۱۶۶/۶۶	۱۴۸۳	۲۲۰۳۳	۲۸۹/۰۵	۲۳۹۱/۷	۰/۰۳	۳۷۰/۷۵	۲۴۱۲/۳	آب
۰/۵	۰/۸۳	۰/۰۶۶	۰/۱	۰/۲۵	۰/۰۱۶	۰/۰۶۶	۰/۱	۰/۰۲۵	۰/۱۱	زمین
۷/۵	۱۶/۶۶	۷۳/۳۳	۰/۱	۴۰۰۰*	۰/۸۳	۱	-	۰/۱	-	بذر

\* بجه ماهی  
منبع: مدیریت کشاورزی شهرستان زابل - واحد آمار و اطلاعات

جدول شماره ۲. الگوی کشت بهینه در منطقه سیستان با به حساب آوردن راندمان آبیاری ۵۴ درصد با توجه به اینکه هیچ‌گونه محدودیتی برای سطح زیر کشت محصولات به کار نرفته است.

مقدار زمین قابل زراعت ۱۲۰۰۰۰ هکتار		مقدار زمین قابل زراعت ۲۲۵۰۰۰ هکتار	
اگر آمار ۳۸ ساله مبنای قرار گیرد	اگر سهم آب ایران ۵۰ درصد آب هیرمند باشد	اگر سهم آب ایران ۵۰ درصد آب هیرمند باشد	اگر سهم ایران یک سوم آب هیرمند باشد
مقدار آب ۵/۱۲x۱۰ <sup>۹</sup> مترمکعب	مقدار آب ۴/۵x۱۰ <sup>۹</sup> مترمکعب	مقدار آب ۸/۲x۱۰ <sup>۹</sup> مترمکعب	مقدار آب ۸/۲x۱۰ <sup>۹</sup> مترمکعب
سطح زیر کشت ۱۲۰۰۰۰	سطح زیر کشت ۱۲۰۰۰۰	سطح زیر کشت ۱۱۶۰۰۰	سطح زیر کشت ۳۲۸۰۰۰
نوع محصول سبزی	نوع محصول سبزی	نوع محصول سبزی	نوع محصول سبزی
۷۶۰۷/۴۵	۲۳۷/۷۳	ماهی	سبزی
۳۴۳۲۲/۵	۳۶۱۷۶۲/۳	مرتع	سبزی
سود = ۱/۶۷۰۰۰x۱۰ <sup>۱۲</sup>	سود = ۱/۶۵۱۱۷x۱۰ <sup>۱۲</sup>	سود = ۱/۵۰۵۱۲x۱۰ <sup>۱۲</sup>	سود = ۲/۲۵۵۸۸x۱۰ <sup>۱۱</sup>
مقدار زمین قابل زراعت ۲۲۵۰۰۰ هکتار			
۲۰۲۸۰۰	۱۸۰۰۰۰	۱۱۶۰۰۰	۳۲۸۰۰۰
نوع محصول سبزی	نوع محصول سبزی	نوع محصول سبزی	نوع محصول سبزی
سود = ۲/۶۵۷۳۳x۱۰ <sup>۱۲</sup>	سود = ۲/۳۳۵۵۶x۱۰ <sup>۱۲</sup>	سود = ۱/۵۰۵۱۲x۱۰ <sup>۱۲</sup>	سود = ۴/۲۵۵۸۸x۱۰ <sup>۱۱</sup>

منبع : مدیریت کشاورزی شهرستان زابل - واحد آمار و اطلاعات



جدول شماره ۴. الگوی کشت بهینه در منطقه سیستان با به حساب آوردن راندمان آبیاری ۵۴ درصد با توجه به اینکه مقدار زمین قابل کشت ۱۲۰۰۰۰ هکتار باشد.

مقدار زمین قابل زراعت ۱۲۰۰۰۰ هکتار

اگر آمار ۳۸ ساله مبنا قرار گیرد		اگر سهم آب ایران ۵۰ درصد آب		اگر سهم ایران یک سوم آب هیرمند باشد		اگر قرارداد سال ۱۳۵۶ اجرا شود	
مقدار آب ۵/۱۲×۱۰ <sup>۹</sup> متر مکعب	مقدار آب ۲/۹×۱۰ <sup>۹</sup> متر مکعب	مقدار آب ۴/۵×۱۰ <sup>۹</sup> متر مکعب	مقدار آب ۲/۹×۱۰ <sup>۹</sup> متر مکعب	مقدار آب ۲/۹×۱۰ <sup>۹</sup> متر مکعب	مقدار آب ۸/۲×۱۰ <sup>۸</sup> متر مکعب	مقدار آب ۸/۲×۱۰ <sup>۸</sup> متر مکعب	مقدار آب ۸/۲×۱۰ <sup>۸</sup> متر مکعب
سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت
۳۳۵۰۰	۷۳۵۰۰	۷۳۵۰۰	۷۱۹۰۰	۷۱۹۰۰	۲۲۸۸/۸۵	۲۲۸۸/۸۵	۲۲۸۸/۸۵
۷۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰
۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۶۰۰۰	۱۶۰۰۰	۱۶۰۰۰	۱۶۰۰۰	۱۶۰۰۰
۲۲۰۵۰	۱۴۶۸۰	۱۴۶۸۰	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰
۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰
۲۲۲۹۴۹	۲۲۰۳۱۹	۲۲۰۳۱۹	۱۵۴۷۶۲	۱۵۴۷۶۲	۲۲۸۸/۸۵	۲۲۸۸/۸۵	۲۲۸۸/۸۵
سود = ۷/۶۹۹۰۲×۱۰ <sup>۱۱</sup>	سود = ۷/۵۹۸۷۶×۱۰ <sup>۱۱</sup>	سود = ۷/۵۹۸۷۶×۱۰ <sup>۱۱</sup>	سود = ۷/۱۴۴۶×۱۰ <sup>۱۱</sup>	سود = ۷/۱۴۴۶×۱۰ <sup>۱۱</sup>	سود = ۲/۴۹۹۵۷×۱۱	سود = ۲/۴۹۹۵۷×۱۱	سود = ۲/۴۹۹۵۷×۱۱

منبع: مدیریت کشاورزی شهرستان زابل - واحد آمار و اطلاعات

جدول شماره ۵. الگوی کفایت بهینه در منطقه سیستمان بدون احتساب راندمان آبیاری  
با توجه به اینکه میزان زمین قابل کشت ۱۲۰۰۰۰ هکتار باشد.

اگر سهم ایران یک سوم آب رودخانه هرسند	اگر سهم آب ایران ۵۰ درصد آب رودخانه هرسند	اگر آثار ۲۸ ساله میانوار گیرد	اگر قرارداد سال ۱۳۵۶ اجرا شود		
باند مقدار آب ۲/۹x۱۰ <sup>۹</sup> m <sup>۳</sup>	باند مقدار آب ۲/۵x۱۰ <sup>۹</sup> m <sup>۳</sup>	مقدار آب ۵/۱۲x۱۰ <sup>۹</sup> m <sup>۳</sup>	مقدار آب ۸/۲x۱۰ <sup>۸</sup> m <sup>۳</sup>	مقدار آب ۵/۱۵۳x۱۰ <sup>۱۱</sup> m <sup>۳</sup>	مقدار آب ۵/۱۵۳x۱۰ <sup>۱۱</sup> m <sup>۳</sup>
نوع محصول	نوع محصول	نوع محصول	نوع محصول	نوع محصول	نوع محصول
ذرت علوفه‌ای	ذرت علوفه‌ای	ذرت علوفه‌ای	ذرت علوفه‌ای	ذرت علوفه‌ای	ذرت علوفه‌ای
۷۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰	۷۰۰۰
گوجه فرنگی	هندوانه	هندوانه	هندوانه	گوجه فرنگی	گوجه فرنگی
۱۶۰۰	۱۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۱۵۱۱۶	۱۶۰۰	۱۶۰۰
سیب	سیب	سیب	سیب	سیب	سیب
۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰	۲۴۵۰۰
مرغ	مرغ	مرغ	مرغ	مرغ	مرغ
۲۲۹۰۸۳	۱۹۲۳۷۷	۳۲۵۰۰	۲۲۹۰۸۳	۲۲۹۰۸۳	۲۲۹۰۸۳
سود	سود	سود	سود	سود	سود
۵/۱۵۳x۱۰ <sup>۱۱</sup>	۸/۱۱۵۰۴x۱۰ <sup>۱۱</sup>	۸/۳۰۵x۱۰ <sup>۱۱</sup>	۷/۶۱۵۵x۱۰ <sup>۱۱</sup>	۵/۱۵۳x۱۰ <sup>۱۱</sup>	۵/۱۵۳x۱۰ <sup>۱۱</sup>

منبع: مدیریت کشاورزی شهرستان وابل - واحد آمار و اطلاعات

جدول شماره ۶۰ الگوی کشت بهینه در منطقه سیستان با به حساب آوردن راندمان آبیاری ۵۴ درصد با توجه به اینکه مقدار زمین قابل کشت ۲۴۵۰۰۰ هکتار باشد.

اگر آمار ۲۸ ساله مبنای قرار گیرد		اگر سهم آب ایران ۵۰ درصد آب رودخانه هیرمند		اگر سهم ایران یک سوم آب رودخانه هیرمند		اگر قرارداد سال ۱۳۵۶ اجرا شود	
مقدار آب	نوع محصول	مقدار آب	نوع محصول	مقدار آب	نوع محصول	مقدار آب	نوع محصول
۱۶۹۰۰	ذرت علوفه‌ای	۱۹۶۱۰۰	ذرت علوفه‌ای	۱۳۳۳۲	ذرت علوفه‌ای	۲۲۹۸/۸۵	ذرت علوفه‌ای
۷۰۰۰	خریزه	۷۰۰۰	خریزه	۷۰۰۰	خریزه	۷۰۰۰	خریزه
۱۶۰۰	گوچه فرنگی	۱۶۰۰	گوچه فرنگی	۱۶۰۰	گوچه فرنگی	۱۶۰۰	گوچه فرنگی
۱۵۰۰۰۰	هندوانه	۱۵۰۰۰۰	هندوانه	۲۴۵۰۰	سیب	۲۴۵۰۰	سیب
۲۴۵۰۰	سیب	۲۴۵۰۰	سیب	۱۲۷۹۳/۷۶	مرغ		
۱۶۷۷۹۳/۸	مرغ	۱۲۷۹۳/۷۶	مرغ				
سود = ۱/۱۷۵۶۴x۱۰ <sup>۱۲</sup>		سود = ۱/۳۲۴۵x۱۰ <sup>۱۲</sup>		سود = ۸/۰۳۷۰۳x۱۰ <sup>۱۲</sup>		سود = ۳/۶۲۹۵۷x۱۰ <sup>۱۱</sup>	
سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت	سطح زیر کشت

منبع: مدیریت کشاورزی شهرستان ذابل - واحد آمار و اطلاعات



جدول شماره ۸. سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی و تولید آن در سال زراعی ۱۳۷۲-۷۳

تولید به تن	سطح زیر کشت به هکتار	نام محصول	ردیف	تولید به تن	سطح زیر کشت به هکتار	نام محصول	ردیف
۱۲۰	۲۰۰	ماش	۱۱	۱۰۲۱۶۵	۶۹۵۰۰	گندم	۱
۱۵۰۰	۱۵۰	خیار	۱۲	۱۳۸۶۰۰	۱۳۰۰۰	هندوانه	۲
۷۵	۱۵۰	عدس	۱۳	۱۹۸۰۰	۱۱۰۰۰	جو آبی	۳
۶۷/۵	۷۵	تنباکو	۱۴	۳۱۶۸۰۰	۹۱۰۰	یونجه*	۴
۱۸۲	۷۰	انار	۱۵	۶۰۰۰۰	۵۰۰۰	خرزبه	۵
۵۰۰	۵۰	بادمجان	۱۶	۲۰۰۰۰	۲۰۰۰	قصبیل*	۶
۲۵۰	۵۰	گوجه فرنگی	۱۷	۶۰۰۰	۱۶۰۰	انگور	۷
۷	۱۷	زیره	۱۸	۳۰۰۰۰	۱۵۰۰	ذرت علوفه‌ای*	۸
۳۰/۱	۱۴	سیب درختی	۱۹	۴۴۸۰۰	۱۱۲۰	شیدر*	۹
				۷۳۵۰	۲۹۲	پنیر	۱۰

\* یونجه، قصبیل، ذرت علوفه‌ای و شیدر به صورت تر در نظر گرفته شده‌اند.

منبع: مدیریت کشاورزی شهرستان زابل - واحد آمار و اطلاعات

متغیرهای مدل در بخش روش تحقیق معرفی شدند و ضرایب فنی نیز در جدولهای ۱ تا ۸ به صورت خلاصه آورده شده‌اند. در زمینه این الگو، گفتن چند نکته اهمیت دارد؛ نخست اینکه، با حل کردن الگوی برنامه‌ریزی خطی، قیمت سایه‌ای، هزینه فرصت عوامل تولید، حداکثر سود به دست آمده از تولید محصولات گوناگون و میزان هر کدام از عوامل تولید مصرف شده محاسبه می‌شود. دوم اینکه، نتایج الگو همراه با تحلیل حساسیت است بدین معنا که تأثیر پارامترها بر روی جواب بهینه مدل بررسی می‌شود و دامنه‌ای برای تغییرات پارامتر تعیین می‌گردد که در آن دامنه تغییر پارامترها بر روی جواب بهینه تأثیری نخواهد داشت.

### یافته‌ها و نتایج

همان طور که پیش از این گفته شد کشاورزان با گزینه‌های مختلف فعالیتهای زراعی، دامی و باغی روبرویند که تمامی این گزینه‌ها برای تولید مطلوب، نیاز به تعدادی نهاده‌های محدود و در همین حال مشابه دارند. اگر این فرض را بپذیریم که کشاورزان خواهان حداکثر سودند، این پرسش مطرح می‌شود که از میان گزینه‌های مختلف برای تولید محصولات گوناگون، کدام گزینه را انتخاب می‌کنید تا سود آنها حداکثر شود.

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که در الگوی پیشنهادی زمینهای قابل زراعت باید به کشت محصولات سیر، گوجه‌فرنگی، خربزه، هندوانه و ذرت علوفه‌ای اختصاص یابد و در زمینهای غیر قابل زراعت نیز اقدام به ساخت استخرهای پرورش ماهی و احیای مراتع شود. با توجه به راندمان آبیاری و مقدار زمین قابل زراعت و همچنین میزان آب وارد شده به منطقه (براساس قراردادهای متفاوت)، سطح زیرکشت بهینه هر محصول تغییر خواهد کرد. در این پژوهش برای بیان نتایج دو حالت در نظر گرفته می‌شود: ۱. به حساب آوردن راندمان آبیاری ۵۴ درصد. ۲. بدون احتساب راندمان آبیاری ۵۴ درصد. نتایج به دست آمده در این دو حالت در جدولهای شماره (۲ تا ۷) به طور خلاصه آورده شده است. این نتایج نشان می‌دهند، محصولاتی همچون گندم و جو که کشت عمده کنونی منطقه را تشکیل می‌دهند از نظر اقتصادی جایگاه بالایی

در الگوی کشت بهینه ندارند. سطح زیرکشت محصولات با توجه به مقدار آب سهم ایران براساس قراردادهای متفاوت، گوناگون است. در این راستا اگر بتوان مدیریت توزیع آب و آبیاری را بهبود بخشید و از هدر رفتن آن در طول مسیر جلوگیری کرد، می توان سطح زیرکشت محصولات و در پی آن درآمد مردم را افزایش داد. این امر به برنامه ریزی در راستای اصلاح سیستم آبیاری و تسطیح اراضی و برطرف کردن مشکل زه کشی در منطقه نیاز دارد. همچنین نتایج به دست آمده نشان می دهند که برای افزایش یافتن سود منطقه، باید تمامی زیربخشهای کشاورزی در کنار هم قرار گیرند.

## منابع

۱. احمدی، محمدظاهر. (۱۳۷۲). بهینه یابی الگوی زراعی محصولات عمده، مطالعه موردی شهرستان تربت حیدریه. پایان نامه کارشناسی ارشد، تهران. دانشگاه تربیت مدرس.
۲. احمدی، حسین. (۱۳۷۱). نگرشی به سیستان و بهره برداری از منابع آب آن، زاهدان، سازمان برنامه و بودجه استان سیستان و بلوچستان.
۳. اینتریلیگیتور، میشل. د. (۱۳۶۸). بهینه سازی ریاضی، ترجمه حسینعلی پوکاظمی. تهران انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.
۴. حسن شاهی، مرتضی. (۱۳۷۳). تحلیل اقتصادی انتقال فیزیکی آب، مطالعه موردی شهرستان ارسنجان، پایان نامه کارشناسی ارشد، اصفهان دانشگاه اصفهان.
۵. خوش اخلاق، رحمان (در حال انتشار). اقتصاد منابع طبیعی. دانشگاه اصفهان.
۶. اداره کل کشاورزی استان سیستان و بلوچستان. (۱۳۷۱). گزارش وضع موجود و پیشنهادات روند توسعه کشاورزی سیستان.

۷. شرکت سهامی آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان. (۱۳۶۶). مشکلات آب و آبیاری حال و آینده سیستان.
۸. وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان. (۱۳۶۴). طرح شبکه‌های فرعی آبیاری و زه‌کشی شیب آب و پشت آب پایین در سیستان، گزارش مرحله اول جلد ۲ روش و برنامه آبیاری، پارس کنسولت مهندسین مشاور.
۹. وزارت نیرو، امور آب. (۱۳۶۶). خلاصه گزارش مشکلات آب و آبیاری حال و آینده سیستان.
۱۰. مهندسین مشاور، تهران سحاب. (۱۳۶۹). اراضی زراعی و قابل توسعه دره هلمند.
۱۱. سازمان آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان. (۱۳۵۱). بررسی‌های زیربنای آبیاری و کشاورزی - طرح میانگنگی جلد اول مهندسین مشاور کاژه - سانیو.
12. Buras. N. (1985). "An application of mathematical programming in planning surface water storage" *Water Resources*. 13 uil. 11 (6): 1013-1020.
13. Chavdez, Morales, Jesus, (1986) "An optimization and simulation methodolgy for Irrigation planning" DAI-B47102;P.766
14. Chav. t.s (1992) "Optimal management of Relief wells near waterton Reserevoir" *Water Resources Bulletin*. 28 (2): 349-360
15. Chewings. R. and Pascoe.S. (1980). "The Demand for Irrigation water in the Murray Valley, An Application of linear programming" 32 rd Annual conference of the Australian Agricultural Economic Society, University of Melbourne.
16. Dorfman. R.P.A. Samuelson and Solow. (1958). *Linear programming and Economic Analysis*: New York Mc-Grow Hill.
17. Lansey, K.E. and L.W.M ays. (1989). "Optimization model for water

- distribution system design" *Journal. Hydraul. Eng.* 115 (10): 1401-1418.
18. Jansford Robert. R. Ben-David. Shaul, Gebhard, Thomas. G. Brutsaert-Willem andree. Bobby.J (1973) An Analytical interdisciplinary evaluation of the water Resources of the Rio Grande in NewMexico; NewMexico State University.
19. Oron, G. and Karmeli. D. "Solid set Irrigation system design using linear programming", *Water Resources, Bulletin.* 17(4): 562-570.
20. Swanon. L.W. (1987), Linear programming. Mc-Grow Hill book company.
21. Trilla.J. and Ettalrich.J. (1992) "Optimizing the probabilities of water yield for the Ridaura Aquifre", *Water Resources Bulletin*, 28 (2): 337-342.