اقتصاد کشاورزی/ جلد ۵/ شماره‌ی ۲/ صفحه‌های ۹۲-۷۳

بررسی اثر پذیرش تسطیح لیزری بر مدیریت تقاضای آب در شهرستان مرودشت

زینب شکوهی و محمد بخشوده*

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۲۸

چکیده

به دلیل بازده پایین مصرف آب در کشاورزی و خشک‌سالی‌های چند سال اخیر، کشور ایران با بحران جدی آب روبه‌رو است و این مساله موجب پرداختن به سیاست‌های متفاوت مدیریت عرضه و تقاضای آب از سوی سیاست‌گذاران شده است. از جمله‌ی این سیاست‌ها، حمایت‌های مالی و اعتباری در جهت تشویق کشاورزان به به‌کارگیری تسطیح لیزری در زمین‌های استان فارس است. در این مطالعه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت، اثر اجرای این سیاست بر افزایش بازده نهاده‌های مصرفی و اثر بخشی این سیاست بر مدیریت تقاضای آب مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های مورد نیاز به روش تکمیل پرسش‌نامه از ۲۵۰ کشاورز شهرستان مرودشت فراهم شد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در نتیجه‌ی پذیرش فن‌آوری تسطیح لیزری، بازده آبیاری حدود ۲۰٪ افزایش یافته است و کشاورزان آب افزوده را صرف کاهش تنش‌های آبی و افزایش سطح زیرکشت می‌نمایند. در نتیجه، کاربرد این فن‌آوری به عنوان ابزاری برای مهار تقاضای آب کارآمد نخواهد بود. اگرچه می‌توان گسترش این فن‌آوری را برای افزایش کارآیی نهاده‌های مصرفی، افزایش تولید در واحد سطح و تسهیل در عملیات کشاورزی به عنوان یک ابزار مناسب به کار برد.

طبقه‌بندی JEL: Q۵۵ ,Q۲۵ ,Q۱۲

واژه‌های کلیدی: تسطیح لیزری، مدیریت تقاضای آب، مرودشت

مقدمه

* به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد اقتصاد کشاورزی، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شیراز

Email:z_shokoohi@yahoo.com

هر چند که مقدار منابع آب موجود در کره‌ی زمین فراوان است ولی حدود ۹۷/۵٪ آن‌ها شور است و مقدار بسیار محدودی، به طور مستقیم از سوی انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این میان اهمیت آب برای بخش کشاورزی حیاتی‌تر از دیگر بخش‌ها است، زیرا که این بخش عمده‌ترین بخش در مصرف آب است (کرمی و همکاران، ۱۳۷۹). در ایران نیز بیش از ۹۰٪ از آب سطحی و استخراج شده از منابع زیرزمینی در کشور به این بخش اختصاص می‌یابد که بازدهی استفاده از آن بسیار پایین و حدود ۳۳٪ است (منوچهری،۱۳۷۲). به‌عبارت دیگر در شرایط کنونی حدود ۷۰٪ از آب مصرفی در بخش کشاورزی بازده کشاورزی ندارد و از دست‌رس گیاه خارج می‌شود و در مسیر خود ضمن ایجاد فرسایش، تاثیر مخربی بر بافت و ساختمان خاک دارد. از طرف دیگر رشد جمعیت و در پی آن افزایش تقاضای مواد غذایی نشان دهنده‌ی لزوم تولید بیش‌تر محصولات کشاورزی است که با کاهش بارش‌های آسمانی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارش‌ها قسمت اعظم این تولیدات را متکی به استفاده‌ی صحیح از منابع آب محدود کرده است (بیرم نژاد و پیکانی، ۱۳۸۳).

با توجه به در دست‌رس بودن زمین در ایران، آب محدود کننده‌ترین عامل در مسیر تولید محصولات کشاورزی است. امروزه در بسیاری از کشورها به خصوص ایران بحران دست‌رسی به آب به عنوان مهم‌ترین دغدغه‌ی سیاست‌گذاران در رسیدن به اهداف توسعه‌ی کشاورزی است. نخستین گام برای جلوگیری از بحران آب افزایش بازده و بهره‌وری آن است که بر این اساس میزان مصرف آب در بخش کشاورزی می‌تواند حدود ۱۰ تا ۵۰٪ کاهش یابد، بدون این‌که بازده اقتصادی و سطح رفاه زندگی کم شود و این عمل با بهره‌گیری از فن‌آوری نوین و به‌کار بستن روش‌های بهتر مقدور خواهد بود (پوستل، ۱۹۷۳). فن‌آوری در حقیقت تلاشی به منظور جای‌گزین کردن عوامل تولید فراوان به جای عوامل تولید کمیاب است. به‌عبارت دیگر فن‌آوری دانش و ابزار جدیدی است که استفاده از آن افزایش تولید و در بعضی مواقع جای‌گزینی نیروی انسانی را در بر دارد. استفاده از سیستم‌های پیش‌رفته‌ی آبیاری، بذرهای مقاوم به خشکی، اصلاح الگوی کشت، کاربرد ماشین‌آلات پیش‌رفته، تسطیح زمین‌ها و مانند آن، همگی می‌تواند به عنوان ابزاری در توسعه‌ی پایدار کشاورزی به‌کار گرفته شود. اما آن‌چه

حایز اهمیت است، اثر پذیرش فن‌آوری بر رفتار تولیدی کشاورزان و در نتیجه‌ی آن، موفقیت در رسیدن به اهداف مورد نظر است.

استان فارس با سطح زیر کشتی بالغ بر ۹۹۷۹۹۸ هکتار، ۷/۷٪ از کل سطح زیر کشت کشور را دارا است. این استان در تولید محصولات گروه غلات و گروه سبزیجات به ترتیب با سهم ۱٤/۳ و ۱۰/۲٪ از تولید کل کشور دارای مقام اول در تولید این محصولات است. هم‌چونین در تولید محصولات صنعتی، حبوبات و محصولات جالیزی به ترتیب با ٦/۱۳، ۱۰/۰۵ و ٤/۹۸٪ سهم از تولید کل کشور دارای مقام چهارم است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۵). بنابراین با توجه به آمارهای موجود استان فارس یکی از قطب‌های مهم تولید محصولات کشاورزی است. با توجه به آب و هوای خشک و نیمه خشک در این استان، حدود ۸۰٪ زمین‌ها به کشت آبی اختصاص دارد که بیش‌ترین مقدار در کل کشور است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۵). به‌عبارت دیگر تولید محصولات کشاورزی در استان فارس وابستگی شدیدی به آب‌های زیرزمینی دارد و این مساله به همراه خشک‌سالی‌های چند سال اخیر باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی به مقدار زیادی شده است (گزارش منابع آب سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان فارس برای تنظیم سند توسعه استان صفحه ٤٦.). تولید حجم بالایی از محصولات کشاورزی کشور در این استان، سطح بالای تولیدات آبی و بحران آب باعث شده است که استان فارس یکی از پیش‌گامان در معرفی و به کارگیری تسطیح لیزری در ایران باشد که از دو دیدگاه قابل بررسی است: ۱) اثر اجرای این سیاست بر افزایش بازده نهاده‌های مصرفی ۲) اثربخشی این سیاست بر مدیریت تقاضای آب.

تسطیح زمین‌ها در ایران از سال ۱۳۳۰ با ماشین‌هایی مانند گریدر و اسکریپر آغاز شد و با نام تسطیح به روش علمی تا به امروز ادامه داشته است. اما به دلیل این‌که همه‌ی عملیات شبکه‌بندی، نقشه‌برداری و تسطیح به وسیله‌ی ابزار مکانیکی با استفاده از حواس انسانی انجام می‌شود و دقت تسطیح بستگی زیاد به مهارت راننده دارد هرگز نمی‌توان به یک تسطیح دل‌خواه با شیب دقیق دست یافت. این باعث شد که در چند سال اخیر تسطیح با استفاده از فن‌آوری لیزر مورد استفاده قرار بگیرد و سازمان جهاد کشاورزی استان فارس به‌کارگیری این

روش را به عنوان جای‌گزینی برای روش مهندسی به شکل یک سیاست در جهت مدیریت تقاضای آب و افزایش تولید پی‌گیری نماید. تسطیح به سه شیوه‌ی تسطیح نسبی، تسطیح علمی (مهندسی) و تسطیح لیزری امکان پذیر است (گزارش پیشرفت طرح ملی معرفی تکنولوژی تسطیح لیزری به کشاورزان، سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، ۱۳۸۳.).

در تسطیح لیزری تقریبا تمامی عملیات نقشه‌برداری، تشخیص نقاط خاک‌برداری و خاک‌ریزی با استفاده از فن‌آوری لیزر و با دقت بسیار بالا انجام می‌پذیرد. تسطیح لیزری از سال ۱۳۸۳ در سطح ٦ هکتار در استان فارس آغاز شد و تا سال ۱۳۸۷ به ۷۰۰۰۰ هکتار رسید. شهرستان مرودشت یکی از مراکز عمده‌ی تولید محصولات کشاورزی در استان فارس است که در پذیرش تسطیح لیزری بیش‌ترین سهم را دارد. تا سال ۱۳۸۷ حدود ۲۸۰۰۰ هکتار از زمین‌های این شهرستان با استفاده از لیزر تسطیح شده است (گزارش طرح توسعه تسطیح لیزری اراضی در استان فارس، سازمان جهاد کشاورزی استان فارس، ۱۳۸۷). در این مطالعه به بررسی اثر پذیرش این فن‌آوری بر افزایش بازده نهاده‌های مصرفی و رفتار تولیدی کشاورزان با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت پرداخته شد.

روش تحقیق

مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به شکل گسترده‌یی برای تحلیل سیاست‌های اقتصاد کشاورزی در دهه‌های اخیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. علت کاربرد بسیار این مدل‌ها به چند دلیل می‌تواند باشد. اولا آن‌ها با استفاده از حداقل داده‌های مورد نیاز ساخته می‌شود. در اغلب موارد نیاز به ساخت مدل برای سیستم‌هایی است که در آن‌ها داده‌های سری زمانی وجود ندارد و یا داده‌ها به دلیل تغییرات ساختاری در یک توسعه و یا حرکت اقتصادی قابل انطباق نباشد. دوم، ساختار محدودیت‌ها در مدل برنامه‌ریزی ریاضی با محدودیت‌های سیاسی، محیطی و منابع متناسب است. در برخی از موارد مجموعه‌یی از محدودیت‌های غیر مساوی به شکل قوی بر تخصیص منابع و محصول اثر گذار است (هویت، ۱۹۹۵).

نزدیک‌ترین کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در اقتصاد کشاورزی به کارگیری این مدل‌ها در حل و تحلیل مسایل مربوط به برنامه‌ی کشت است (تراسبی، ۱۹۷٤، مارتین، ۱۹۷۷، محسنی، ۱۳۸۷ و صبوحی صابونی، ۱۳۸۵). مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی می‌توانند به دو دسته‌ی عمده‌ی برنامه‌ریزی ریاضی تجویزی (NMP) و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) تقسیم شود (بای سه و همکاران، ۲۰۰٤).

PMP یک روش برای کالیبره کردن مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به رفتار مشاهده شده در سال پایه است که با استفاده از متغیرهای دوگان محدودیت کالیبره این کار را انجام می‌دهد (هویت ۱۹۹۵، پاریس و هویت ۱۹۹۸). سپس با استفاده از این اطلاعات دوگان تابع هدف درجه‌ی دو ساخته می‌شود که با محدودیت‌های موجود جواب سال پایه را می‌دهد. به طور کلی PMP دارای سه مرحله به شرح زیر است (هکلی و بریتز، ۲۰۰۰):

مرحله‌ی اول: محاسبه‌ی قیمت‌های سایه‌یی با استفاده از محدودیت کالیبره

در مرحله‌ی اول این مدل با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی ساده که به آن یک محدودیت به نام محدودیت کالیبره اضافه شده قیمت‌های سایه‌یی را محاسبه می‌کند. در این مدل تابع هدف عبارت از تابع سود خطی است:

$$\begin{aligned} \text{Max: } & z = p'x - c'x \\ & Ax \le b \qquad [\pi] \\ \text{S. t. } & x \le (x^0 + \varepsilon) \ [\lambda] \\ & x \ge [0] \end{aligned} \qquad (۱)$$

که در آن:

Z: مقدار تابع هدف

P: بردار درآمد (حاصل‌ضرب قیمت در عمل‌کرد) محصولات

C: بردار هزینه‌ی هر واحد از محصولات

x : برداری ۱ j از سطح زیر کشت هر یک از محصولات

A: ماتریس ضرایب فنی

π ,b : به‌ترتیب مقدار موجود منابع و مقدار دوگان یا قیمت سایه‌یی این منابع

$x^{'}$: سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه

λ ,ε : به‌ترتیب قیمت سایه‌یی محدودیت کالیبره و برداری از اعداد مثبت بسیار کوچک

محدودیت دوم در مدل بالا را محدودیت کالیبره گویند. این محدودیت مدل را مجبور می‌کند که مقدار بهینه در سطح مشاهدات سال پایه را بدهد. مقدار ε نیز برای جلوگیری از وابستگی خطی میان محدودیت کالیبره و محدودیت منابع مورد استفاده قرار می‌گیرد (هکلی و بریتز، ۲۰۰۰).

مرحله‌ی دوم: محاسبه‌ی تابع هزینه‌ی درجه‌ی دو با استفاده از قیمت سایه‌یی محدودیت کالیبره

در این مرحله با استفاده از بردار λ تابع هزینه‌ی درجه‌ی دو برآورد می‌شود. فرم تابع هزینه‌ی متغیر درجه‌ی دو به شکل زیر مورد استفاده قرار می‌گیرد (هکلی و بریتز، ۲۰۰۰).

$$c^{v} = d'x + \frac{1}{2}x'Qx \qquad (۲)$$

c^{v}: هزینه‌ی متغیر

d: یک بردار ۱× j از جزء خطی تابع هزینه (j تعداد فعالیت)

Q: ماتریس j j مثبت، معین و متقارن از شاخص‌های جزء درجه‌ی دو تابع خطی

شاخص‌های تابع هزینه‌ی درجه‌ی دو با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود (هکلی و بریتز، ۲۰۰۰):

$$\frac{\partial c^{v}(x^{0})}{\partial x} = MC^{v} = d + Qx^{0} = c + \lambda \qquad (۳)$$

رابطه‌ی ۳ بیان‌گر برابری هزینه‌ی متغیر نهایی (MC) بامجموع هزینه‌ی هر واحد از محصولات و قیمت سایه‌یی محدودیت کالیبره است.

اما در حل رابطه‌ی بالا برای محاسبه‌ی ماتریس Q و بردار d با مشکل مواجه هستیم. تعداد شاخص‌هایی که باید محاسبه شود برابر با j+j(j+۱)/۲ است و تعداد معادلات برابر با j است، در نتیجه تعداد شاخص‌هایی که باید محاسبه شود بیش‌تر از تعداد معادلات است. به این مساله ill-posed گفته می‌شود (رهم و دابرت، ۲۰۰۳). برای حل این مشکل روش‌های مختلفی پیش‌نهاد شده است که در این مطالعه از روش ماکزیمم آنتروپی استفاده شد. برای ساختن ماکزیمم آنتروپی برای تابع هزینه‌ی متغیر نهایی در ابتدا لازم است که نقاط پشتیبان برای بردار d و ماتریس Q تعریف شود. در رابطه با بردار d نقاط پشتیبان باید اطراف هزینه‌ی مشاهده شده برای هر واحد از فعالیت‌ها در سال پایه باشد.

مرحله سوم: ساختن مدل نهایی

در این مرحله با استفاده از تابع هزینه‌ی درجه‌ی دو بازسازی شده در مرحله‌ی قبل یک مدل برنامه‌ریزی مانند رابطه‌ی (۱) نوشته می‌شود با این تفاوت که در آن محدودیت کالیبره حذف می‌شود. در این مدل کالیبره شده‌ی غیر خطی سطح فعالیت‌های مشاهده شده به خوبی بازسازی و به‌صورت رابطه‌ی (٤) نوشته می‌شود.

$$Max \quad z = \sum_{j=1}^{n} R'_{(j)}.x_{(j)} - \sum_{j=1}^{n} c'_j x_j \qquad (٤)$$

$$subject\ to:$$

$$1) \quad \sum_{j=1}^{n} b_{ij} x_j \le x_{total} \qquad i = 1,2,.....,12$$

$$2) \quad \sum_{j=1}^{n} w_j.x_j \le w_{total}$$

$$3) \quad \sum_{j=1}^{n} l_j.x_j \le l_{total}$$

$$4) \quad \sum_{j=1}^{n} k_j.x_j \le k_{total}$$

$$5) \quad x_j \ge 0$$

که در آن:

Z: مقدار تابع هدف که برابر با مجموع سود کشاورز نماینده است.

R_j: درآمد محصول j (ریال در هکتار) که با رابطه‌ی زیر به‌دست می‌آید:

$$R_j = Y_j . P_j \qquad (۵)$$

که در آن Y_j و P_j به‌ترتیب عمل‌کرد در هکتار و قیمت محصول j است که با استفاده از اطلاعات پرسش‌نامه استخراج گردید.

x_j: سطح زیر کشت محصول j که بیان‌گر نام محصول و مقدار درصد کاهش آب مصرفی نسبت به آبیاری کامل برای آن محصول است که در ادامه توضیح داده شده است.

C_j: هزینه‌ی متغیر فعالیت j (ریال در هکتار)

در توضیح محدودیت‌های مدل باید گفت که محدودیت شماره‌ی ۱، مربوط به زمین است. در واقع باید کل زمین‌های تخصیص یافته به فعالیت‌های مختلف کم‌تر یا مساوی کل زمین‌های کشاورز نماینده باشد. j نشاندهنده تعداد محصولات و i تعداد ماه‌های سال است. به دلیل این‌که هر محصول زمان کاشت معین دارد، محدودیت زمین به شکل ماهیانه وارد مدل شده است.

محدودیت شماره‌ی ۲ مربوط به دست‌رسی به آب است. با توجه به این‌که منطقه‌ی مورد مطالعه دارای اقلیم نیمه خشک است و دست‌رسی به آب محدود است، وجود این محدودیت ضروری است. در واقع باید کل آب مصرفی توسط کشاورز کوچک‌تر یا مساوی آب در دست‌رس آن باشد. در این محدودیت، w_j، میزان آب مورد نیاز برای هر محصول بر حسب متر مکعب در هکتار و w_{total}، میزان آب در دست‌رس است.

محدودیت شماره‌ی ۳، مربوط به نیروی کار است که در آن، l_j، نیاز هر فعالیت به نیروی کار برحسب نفر روز در هکتار و l_{Total}، تعداد کل کارگر در دست‌رس برحسب نفر روز است.

محدودیت شماره‌ی ٤، بیان‌گر این است که جمع نقدینگی مورد نیاز برای فعالیت‌ها باید کوچک‌تر یا مساوی سرمایه‌ی در دست‌رس کشاورز نماینده باشد. در این رابطه، K_j، نقدینگی مورد نیاز برای هر فعالیت و k_{Total}، حداکثر امکانات مالی مزرعه است.

در انتخاب استراتژی‌های مناسب توجه به بیشینه کردن محصول تولیدی به ازای مصرف هر چه کم‌تر آب ضروری است. از این رو کم‌آبیاری به عنوان یک راه‌برد عملی و روشی اقتصادی در حصول الگوی بهینه‌ی مصرف آب به‌شمار می‌رود. با توجه به منابع محدود (آب و زمین) می‌توان استراتژی‌های کم آبیاری را نیز مانند استراتژی‌های آبیاری کامل برای گیاهان مختلف، در مدل‌های تخصیص بهینه‌ی آب و زمین به کار برد که به پیروی از روابط پیش‌نهاد شده توسط مییر و همکاران (۱۹۹۳)، در این مطالعه اعمال کم‌آبیاری به صورت یک‌نواخت در تمام مراحل رشد با استفاده از رابطه‌ی زیر محاسبه شد:

$$\frac{Y_a}{Y_p} = \left[1 - kY\left[1 - \frac{W_a}{W_p}\right]\right] \qquad (٦)$$

که در آن:

Y_a: حداکثر محصول واقعی در شرایط واقعی (شرایط تنش آبی) که با استفاده از رابطه‌ی (۵) محاسبه گردید.

Y_p: حداکثر محصول تولیدی در شرایط بدون تنش آبی که با توجه به نظر کارشناسان و منطقه‌ی مورد مطالعه برای هر محصول لحاظ شد.

KY_i: ضریب واکنش عمل‌کرد نسبت به تنش آبی در کل دوره‌ی رشد که بر اساس مطالعه‌ی شعبانی (۱۳۸۵) و دورنباس و کسام (۱۹۷۹) برای گندم، ۱/۰۵، جو، ۱/۰۵، ذرت دانه‌یی ۱/۲۵ در نظر گرفته شد.

W_a: مقدار آب آبیاری مورد نیاز گیاه که در دوره‌های مختلف رشد مقدار آن در شرایط آبیاری کامل برابر $W_a = W_p$ ودر شرایط اعمال کم آبیاری از طریق رابطه‌ی زیر به‌دست آمد:

W_p: حداکثر آب مورد نیاز گیاه

$$W_{ai} = (1-h)W_{pi} \qquad (۷)$$

h: مقدار کاهش نسبی مصرف آب در کل دوره‌ی رشد (کوچک‌تر یا مساوی یک) است.

ذکر این نکته لازم است که در این مطالعه اعمال کم‌آبیاری در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰٪ در کل دوره‌ی رشد و آبیاری کامل برای سه محصول گندم، جو و ذرت در نظر گرفته شد و از آن جایی که دو محصول برنج و گوجه به کم‌آبیاری بسیار حساس است، این دو محصول به صورت آبیاری کامل در نظر گرفته شد. در نتیجه با وجود این‌که پنج محصول عمده برای بررسی در این منطقه در نظر گرفته شده بود، چهارده محصول وارد مدل شد. برای هر محصول در هر سطح تنش آبی یک متغیر وارد مدل گردید. بدین ترتیب:

گندم ۱: گندم در حالت آبیاری کامل

گندم ۲: گندم با ۱۰٪ تنش آبی در کل دوره رشد

گندم ۳: گندم با ۲۰٪ تنش آبی در کل دوره رشد

گندم ٤: گندم با ۳۰٪ تنش آبی در کل دوره رشد

جو۱: جو در حالت آبیاری کامل

جو ۲: جو با ۱۰٪ تنش آبی در کل دوره رشد

جو ۳: جو با ۲۰٪ تنش آبی در کل دوره رشد

جو ٤: جو با ۳۰٪ تنش آبی در کل دوره رشد

ذرت ۱: ذرت در حالت آبیاری کامل

ذرت ۲: ذرت با ۱۰٪ تنش آبی در کل دوره رشد

ذرت ۳: ذرت با ۲۰٪ تنش آبی در کل دوره رشد

ذرت ٤: ذرت با ۳۰٪ تنش آبی در کل دوره رشد است.

اطلاعات مورد نیاز شامل اطلاعات فردی و اطلاعات مربوط به الگوی کشت برای دو گروه پذیرنده و نپذیرنده‌ی فن‌آوری با استفاده از پرسش‌نامه و جمع‌آوری اطلاعات از ۲۵۰ کشاورز منطقه‌ی مرودشت استان فارس به روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه بندی فراهم گردید.

نتایج و بحث

با توجه به پرسش‌نامه‌های جمع‌آوری شده حدود ۷۵٪ از کشاورزان بهترین شیوه‌ی تسطیح را لیزری عنوان کرده اند که علت آن را دقت بالای این روش و سرعت بیش‌تر آن نسبت به دیگر روش‌ها می دانند. ۸٪ از کشاورزان تسطیح به شیوه‌ی علمی (مهندسی) را به عنوان بهترین شیوه به دلیل توانایی آن در خاک برداری‌هایی با حجم بالا ذکر کردند. نزدیک به ۲۵٪ نحوه‌ی عمل‌کرد این دستگاه را تا به حال ندیده بودند و ۱۲٪ به سوالات مربوط به این قسمت پاسخ ندادند.

طبق گفته‌ی کارشناسان و مسوولان مربوط، برای تشویق کشاورزان در انجام تسطیح بخشی از هزینه‌های مربوط به صورت وام در اختیار کشاورز قرار می‌گیرد. اما برطبق آمار جمع‌آوری شده به روش پرسش‌نامه تنها ۱۰٪ از کشاورزان از این اعتبارات استفاده کرده اند. حدود ٤۳٪ از کشاورزان وجود اعتبارات در این زمینه را رد کردند، ۲۷٪ علت استفاده نکردن از وام‌ها را شیوه‌ی نامناسب در بازپرداخت و ۲۰٪ نیز وجود مراحل و قوانین سخت مانند نیاز به وثیقه و زمان‌بر بودن انجام عملیات بانکی عنوان کردند.

از نظر اکثر کشاورزان تسطیح لیزری باعث کاهش زمان آبیاری به میزان حداقل ۳۳٪ در هکتار شده است و کم‌تر از ۱۰٪ از آن‌ها این میزان کاهش را به اندازه‌ی ٤۰ تا ۵۰٪ در هکتار عنوان کردند.

در مورد مقدار استفاده از بذر در محصولات مختلف تنها در محصولات شتوی همچون گندم و جو حدود ۲۰٪ از کشاورزان تقریباً ۸٪ کاهش در مصرف داشته اند اما در مورد دیگر محصولات مانند ذرت، برنج و گوجه تغییری گزارش نشد. هم‌چنین ۱۵٪ از کشاورزان مصرف کود را به میزان ۱۲٪ پس از تسطیح افزایش داده اند و مصرف سم پس از تسطیح تغییری نکرده بود. تعداد نیروی کار پس از پذیرش تسطیح با توجه به نظر کشاورزان در نتیجه‌ی تسهیل در عملیات کشاورزی پس از به کارگیری تسطیح لیزری، به طور متوسط ۱۵ تا ۲۰٪ کاهش داشته است.

جدول (۱) میانگین عمل‌کرد محصولات در نمونه‌ی مورد بررسی را نشان می‌دهد. با توجه به محاسبات به عمل آمده عمل‌کرد پنج محصول عمده‌ی منطقه یعنی گندم، جو، ذرت، گوجه و برنج پس از تسطیح افزایشی بین ۱۰ تا ۲۰٪ داشته است. البته اختلاف میانگین در عمل‌کرد محصولات مذکور در دو گروه برای گندم، جو، ذرت، برنج به‌ترتیب در سطح ۱، ۱۰، ۱۰ و ۵٪ معنی‌دار شده است و برای محصول گوجه این اختلاف معنی‌دار نیست.

پس از همگن‌سازی کشاورزان بر اساس منابع آبی در دست‌رس به سه گروه کشاورزان بهره مند از منبع آبی سد، چاه و سد–و–چاه و تعیین کشاورز نماینده با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت اثر پذیرش تسطیح لیزری و افزایش بازده آبیاری بر رفتار تولیدی کشاورزان مورد بررسی قرار گرفت.

جدول (۱). میانگین عمل‌کرد محصولات در نمونه‌ی مورد بررسی (تن در هکتار)

نام محصول	کشاورزانی که تسطیح را پذیرفته اند	کشاورزانی که تسطیح را نپذیرفته اند	آزمون t
گندم	٦/٨	٥/٩	٣/٥٦**
جو	٤/٩	٤	١/٩*
ذرت	٩/٩	٨/٧	١/٧٩*
شلتوک	٥/١	٤/١	٢/٢٥*
گوجه فرنگی	٨٧/٦	٨١/٧	٠/٨٩

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۲) نشان دهنده‌ی نتایج حاصل از پذیرش تسطیح لیزری برای گروه یک یعنی گروه بهره‌مند از منبع آبی سد است. در نتیجه‌ی پذیرش فن‌آوری تسطیح لیزری و افزایش بازده کل آب مصرفی (توزیع و انتقال) به میزان ۱۸٪ و عمل‌کرد محصولات به میزانی که در جدول (۱) نشان داده شده، الگوی کشت و میزان مصرف نهاده‌ها و یا به‌عبارتی رفتار تولیدی کشاورز

تغییر می‌نماید. تغییر در الگوی کشت به دو صورت رخ می‌دهد: ۱) تغییر در سطح زیر کشت کلی محصولات ۲) تغییر در سطح تنش‌های آبی برای هر محصول.

جدول (۲). اثر پذیرش تسطیح لیزری بر الگوی کشت کشاورز نماینده‌ی گروه ۱

محصولات	الگوی سال پایه	جواب PMP
گندم ۱	۰/۷	۳/۳
گندم ۲	۲	۲/۱
گندم ۳	۳	۳
گندم ٤	۱/۵	۱/۵
ذرت ۱	۰/۷	۱
ذرت ۲	۱	۱/۵
ذرت۳	۲	۲/٦
ذرت٤	۱	۱/٤
اندازه‌ی مزرعه (هکتار)	۱۰	۱۰
درآمد (میلیون ریال)	$۸/٤۲ \times ۱۰^{۷}$	$۱/۲۸ \times ۱۰^{۸}$
تعداد نیروی کار (نفر روز)	۱۳۷/۵	۱٦٦/۳
کل آب مصرفی (هزار متر مکعب در سال)	۱۳۱	۱۳۱
کاهش آب کل مصرفی (متر مکعب در سال)	۰	
کاهش آب در هکتار (متر مکعب در سال)	۰	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مجموع سطح زیرکشت گندم و ذرت در این مزرعه‌ی ۱۰ هکتاری در سال پایه به‌ترتیب برابر با ۷/۲ و ٤/۷ است که علاوه بر کشت نشدن کامل سطح زیرکشت با تنش‌های آبی بالا روبه‌رو است. دلیل این امر دست‌رسی محدود به منابع آبی است. الگوی کشت کشاورز نماینده

در این گروه پس از پذیرش تسطیح تغییر کرده به طوری که سطح زیر کشت گندم علاوه بر حرکت به سمت گندم ۱ با ٤۰٪ افزایش به ۱۰ هکتار رسیده است. ذرت نیز با ٤۵٪ افزایش به سطح زیرکشت ٦/۵ هکتار رسیده است. بنابراین کشاورز افزایش بازده را علاوه بر کاهش سطح محصولات با تنش آبی بالا در جهت افزایش سطح زیر کشت نیز به کار گرفته است و به همین دلیل آب مصرفی در این مزرعه‌ی نماینده کاهش نیافته و کشاورز از تمام آب در دست‌رس استفاده نموده است. تعداد نیروی کار در این مزرعه از ٤۲۷ به ۳۸۹ نفر روز کاهش یافته است.

درآمد نیز در این مزرعه از ۸٤/۲ به ۱۲۸میلیون ریال افزایش داشته است. این افزایش درآمد ناشی از چهار عامل است:

عامل اول جای‌گزینی محصولات با تنش آبی کم‌تر به جای محصولات با تنش آبی بیش‌تر، در نتیجه‌ی افزایش عمل‌کرد و نهایتا باعث افزایش درآمد است.

عامل دوم افزایش عمل‌کرد در نتیجه‌ی ایجاد بستری مناسب برای رساندن بهتر آب، سم، کود و استقرار بهتر گیاه در خاک است.

عامل سوم افزایش سطح زیرکشت به دلیل کاهش مرزهای طولی و عرضی در زمین است.

عامل چهارم کاهش در نیروی کار لازم در هر هکتار برای هر محصول است که باعث کاهش هزینه و افزایش درآمد شده است.

جدول (۳) نتایج حاصل برای گروه ۲ یعنی کشاورزان بهره مند از منبع آبی چاه را نشان می‌دهد.

کشاورزان این گروه از آب چاه استفاده می‌کنند و دارای زمین‌هایی با اندازه‌ی متوسط هستند. بدین ترتیب کشاورز نماینده‌ی این گروه مالک مزرعه‌یی ۱۵ هکتاری است که در آن مجموع سطح زیر کشت گندم، جو، ذرت، برنج و گوجه‌فرنگی به‌ترتیب ٦/۵، ۳/۵، ۷/٤، ۱/۵ و ۱ هکتار در سال پایه است.

جدول (۳). اثر پذیرش تسطیح لیزری بر الگوی کشت کشاورز نماینده گروه ۲

محصولات	الگوی سال پایه	جواب PMP
گندم ۱	۲	٦/۳
گندم ۲	۲/۵	۲/۱۲
گندم ۳	۱/۵	۱/۳
گندم ٤	۰/۵	۰/۳
جو ۱	۱	۱/۵۰
جو ۲	۱/۵	۱/۵
جو ۳	۰/۵	۰/۵
جو ٤	۰/۵	۰/٤
ذرت ۱	۲/۵	۳/۰٦
ذرت ۲	۳	۳/۵۲
ذرت ۳	۱/٤	۱/۵٦
ذرت ٤	۰/۵	۰/۵۸
شلتوک	۱/۵	۱/٦۱
گوجه فرنگی	۱	۱/۰۳
اندازه‌ی مزرعه (هکتار)	۱۵	۱۵
درآمد (میلیون ریال)	۲۱۱	۲۸۳
تعداد نیروی کار (نفر روز)	٤۲۷	۳۸۹/۱
کل آب مصرفی (هزار متر مکعب در سال)	۲۸۸	۲۸۳
کاهش آب کل مصرفی (متر مکعب در سال)	۵۰۰۰	
کاهش آب در هکتار (متر مکعب در سال)	۰/۳٤	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

بر اساس نتایج مدل PMP در اثر پذیرش تسطیح لیزری سطح زیر کشت گندم به ۱۰ هکتار، ذرت به ۸/٦، برنج با ۷٪ افزایش به ۱/٦۱ و گوجه با ۳٪ افزایش به ۱/۰۳ هکتار رسیده

است. علاوه بر این در مورد محصولات گندم، جو و ذرت که با تنش‌های مختلف آبی وارد مدل شد تغییر الگوی کشت به سمت محصولات با تنش آبی کم‌تر مشهود است. میزان کل آب مصرفی با ۱/۷٪ کاهش از ۲۸۸ هزار متر مکعب به ۲۸۳ هزار متر مکعب رسیده که نشان‌گر ۰/۳٤ متر مکعب کاهش مصرف آب در هکتار است.

در این گروه نیز همانند گروه قبل افزایش دست‌رسی به آب در جهت افزایش سطح زیر کشت و کاهش تنش‌های آبی به کار گرفته شده است. تعداد نیروی کار در مجموع ۹٪ کاهش یافته و از ٤۲۷ به ۳۸۹ نفر روز رسیده است که این کاهش در نتیجه تسهیل در عملیات کشاورزی پس از به کارگیری تسطیح لیزری است.

جدول (٤) اثرهای پذیرش تسطیح لیزری بر مزرعه‌ی بهره بردار نماینده‌ی گروه ۳ که مزرعه‌یی ۱۲ هکتاری و بهره‌مند از منبع آبی سد-و-چاه و دارای سطح زیر کشت محصولات گندم، جو، ذرت، برنج و گوجه‌فرنگی در سال پایه به‌ترتیب ٦/۵، ۳، ٦، ۲ و ۱/۵ هکتار است را نشان می‌دهد.

جدول (٤). اثر پذیرش تسطیح لیزری بر الگوی کشت کشاورز نماینده‌ی گروه ۳

محصولات	الگوی سال پایه	جواب PMP
گندم ۱	۳/۵	٤/٦
گندم ۲	۲	۱/۸٦
گندم ۳	۰/۵	۰/۵
گندم ٤	۰/۵	۰/٤
جو ۱	۱/۵	۱/۵
جو ۲	۱	۱
جو ۳	۰/٤	۰/٤
جو ٤	۰/۱	۰/۱
ذرت ۱	۲/۵	۳/۳٤
ذرت ۲	۲	۲/٦
ذرت ۳	۱	۱/۲

ادامه جدول (٤)

محصولات	الگوی سال پایه	جواب PMP
ذرت ٤	۰/۵	۰/٦
شلتوک	۲	۲/۵٤
گوجه فرنگی	۱/۵	۱/۷
اندازه‌ی مزرعه (هکتار)	۱۲	۱۲
درآمد (میلیون ریال)	۲۲۵	۲۷۵
تعداد نیروی کار (نفر روز در هکتار)	۵۱۱/٤	٤٤۷/۵
کل آب مصرفی (هزار متر مکعب در سال)	۲۹۸	۲۸۸
کاهش آب کل مصرفی (متر مکعب در سال)	۱۰۰۰۰	
کاهش آب در هکتار (متر مکعب در سال)	۸۳۳/۳	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

با پذیرش فن‌آوری لیزری، سطح زیرکشت گندم با ۱۲٪ افزایش و ذرت هم با ۲۰٪ افزایش به‌ترتیب به ۷/۳ و ۷/۲ هکتار رسیده اند. برنج و گوجه‌فرنگی نیز به‌ترتیب با حدود ۲۷ و ۱۳٪ افزایش به ۲/۵٤ و ۱/۷ رسیده است. سطح زیر کشت محصول شتوی جو در مجموع تغییری نداشته است.

میزان کل آبی مصرفی از ۲۹۸ به ۲۸۸ هزار متر مکعب برای یک سال کشاورزی، کاهش یافته که معادل ۸۳۳/۳ متر مکعب در هکتار برای یک سال است که ۳/۳٪ کاهش در کل مصرف آب را نشان می‌دهد. این میزان کاهش در مصرف آب اگرچه مقدار قابل ملاحظه‌یی نیست اما از دو گروه قبل بیش‌تر است. علت این امر می‌تواند سطح بیش‌تر محصولات با نیاز آبی بالا مانند برنج و گوجه‌فرنگی در سال پایه باشد، چرا که این محصولات به دلیل مصرف زیاد آب در نتیجه‌ی به‌کارگیری تسطیح لیزری کاهش آب در هکتار بیش‌تری را نسبت به دیگر محصولات به دنبال خواهند داشت. از طرف دیگر در این گروه به دلیل دست‌رسی بیش‌تر به آب نسبت به دو گروه قبل سطح تنش‌های آبی محصولات در سال پایه کم‌تر است.

هم‌چونین با پذیرش تسطیح لیزری تعداد نیروی کار از ٥١١/٤ به ٤٤٧/٨ نفر روز در هکتار کاهش داشته است.

نتیجه‌گیری و پیش‌نهادها

بر طبق نظر کشاورزان، پذیرش فن‌آوری تسطیح موجب افزایش بهره‌وری نهاده‌های مصرفی همچون آب و نیروی کار و افزایش عمل‌کرد در هکتار می‌شود. هم‌چونین نتایج مدل برنامه‌ریزی ریاضی نشان داد که پس از پذیرش تسطیح لیزری الگوی کشت تغییر کرده و به سمت محصولات آب‌بَرتر مانند برنج و گوجه فرنگی که محصولات پر درآمدتری نیز هست، حرکت کرده است. در سه محصول گندم، جو و ذرت که هر یک با چهار تنش آبی وارد مدل شد، پذیرش فن‌آوری موجب کاهش سطح تنش‌های آبی آنان شده است.

هم‌چونین به‌کارگیری نیروی کار در اکثر گروه‌های همگن کشاورزان در مجموع کاهش یافته و میزان درآمد در تمامی این گروه‌ها با پذیرش تسطیح لیزری با افزایش همراه بوده است.

در مقایسه‌ی اثر تسطیح لیزری در منابع آبی متفاوت، نتایج نشان می‌دهد که کشاورزان بهره‌مند از منبع آبی سد–و–چاه به دلیل دست‌رسی بیش‌تر به آب، سطح کم‌تر محصولات با تنش آبی بالا و استفاده‌ی کامل از زمین، صرفه‌جویی در مقایسه با گروه‌های سد و چاه بیش‌تر است. بنابراین موفقیت استفاده از این فن‌آوری به عنوان ابزاری برای مدیریت تقاضای آب وابستگی زیادی به شرایط تولیدی کشاورزان در هر منطقه دارد. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که کاربرد این فن‌آوری به عنوان ابزاری برای کنترل تقاضای آب کارآمد نخواهد بود. اگرچه گسترش این فن‌آوری را برای افزایش کارآیی نهاده‌های مصرفی، افزایش تولید در واحد سطح و تسهیل عملیات کشاورزی به عنوان یک ابزار مناسب می‌توان به کار برد. با توجه به این‌که در مطالعه‌ی حاضر اثر پذیرش تسطیح لیزری بر نهاده‌های مصرفی به خصوص آب در سطح مزرعه بررسی شده است، پیش‌نهاد می‌شود که در مطالعات آینده به بررسی اثر پذیرش این فن‌آوری در سطح دشت و نقش آن در تغییرات افت سفره‌های آب زیرزمینی و هم‌چونین تاثیر عوامل اقتصادی هم‌چون مالیات و قیمت آب بر سرعت پذیرش این فن‌آوری پرداخته شود.

منابع

بریم نژاد، و. و پیکانی، غ. (۱۳۸۳). تاثیر بهبود بازده آبیاری در بخش کشاورزی بر افزایش سطح آب‌های زیر زمینی. *مجله‌ی اقتصاد کشاورزی و توسعه*. (٤٧): ۹۵-٦۹.

پوستل، س. (۱۳۷۳). *آخرین واحد،آب مایه حیات*. ترجمه‌ی وهابزاده و علیزاده، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

صبوحی صابونی، م. (۱۳۸۵). بهینه سازی الگوهای کشت با توجه به مزیت نسبی حوضه‌ی آب‌ریز در تولید محصولات کشاورزی: مطالعه‌ی موردی استان خراسان. پایان‌نامه‌ی دکترا. دانشگاه شیراز. ۳۸۸ صفحه.

کرمی، ع. نصر آبادی، ع. و رضایی مقدم، ک. (۱۳۷۹). پی‌آمدهای نشر فن‌آوری آبیاری بارانی بر نابرابری و فقر روستایی. *فصل‌نامه‌ی اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۳۱: ۱۸٦-۱٦۳.

محسنی، ا. (۱۳۸۷). تحلیل پی‌آمدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا و سیاست‌های مرتبط با آن در دشت نمدان استان فارس: کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز. ۱۰۳ صفحه.

منوچهری، غ. (۱۳۷۲). مسایل مربوط به الگوی مصرف آب. *بولتن کمیسیون آب شورای پژوهش‌های علمی کشور*. شماره ٦.

وزارت جهاد کشاورزی .(۱۳۸۵). آمارنامه‌ی کشاورزی ایران ۸٦-۱۳۸۵. انتشارات اداره‌ی کل آمار و اطلاعات وزرات جهاد کشاورزی ایران. تهران.

Arfini, F., Donati, M., Zuppiroli, M. and Paris, Q. (۲۰۰۵). "Exposit evaluation of set-aside using Symmetric Positive Equilibrium Problem." EAAE Proc. *۸۹th Symposium of the European Association of Agricultural Economists*, Parma, Italy, ۲۰۰۵.

Busse, J., Fernagut, B., Harmignie, O., Henry de Frahan, B., Lauwers, L., Polome, P., Van Huylenbroeck, G., and Van Meensel, J. (۲۰۰٤). Modeling the impact of sugar reform on Belgian agriculture, *Selected paper presented at the International Conference on Policy Modeling, Paris*, ۳۰ June-۲ July, ۲۰۰٤.

Doorenbos, J., and Kassam, A. H. (۱۹۷۹). Yield response to water. FAO irrigation and drainage paper, No ۳۳. FAO. Rome.

Heckelei, T. and Britz, W. (۲۰۰۵). Models based on positive mathematical programming; state of the art and further extensions, EAAE proc. ۸۹*th* *European Seminar of the European Association of Agricultural Economists*, Parma, Italy, ۲۰۰۵, ٤۸–۷۳.

Howitt, R. E. (۱۹۹۵). Positive mathematical programming, *American Journal of Agricultural Economics*, ۷۷: ۳۲۹–۳٤۲.

Martin, L. R. (۱۹۷۷). A survey of agricultural economics literature, university of Minesota Press, Minneapolis. Vol. ۲, ٤۷۳ p.

Meyer, S. J., Hubbard, K. G., and Wilhite, D. A. (۱۹۹۳). A crop specific drought index for corn: I. model development and validation, *Agron Journal*, ۸۵: ۸۸–۳۹۵.

Paris, Q. and Howitt, R. E. (۱۹۹۸). An analysis of ill posed production problems using maximum entropy, *American Journal of Agricultural Economics*, ۸۰(۱): ۱۲٤–۱۳۸.

Rohm, O., and Debbert, S. (۲۰۰۳). Integrating agri-enviromental programs into regional production models: An extension of positive mathematical programming, *American Journal of Agricultural Economics*, ۸۵(۱): ۲۵٤–۲۵٦.

Throsby, C. D. (۱۹۷٤). New methodologies in agricultural production economics: A review in the future of agriculture, Paper and reports; ۱۵*th* *International Conference of Agricultural Economics*, S. Paulo, Brazil, ۱۵۰–۱٦۹.