تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در دشت نمدان استان فارس: کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت

ابوالفضل محسنی و منصور زیبایی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۹/۱۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۱۲/۲۴)

چکیده

به این علت که سیاست‌های کشاورزی مختلف را نمی‌توان در محیط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داد، آثار بالقوه سیاست‌ها بایستی قبل، حین یا بعد از اعمال سیاست با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی(MP) مورد تحلیل قرار گیرند. در این رابطه پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در سطح مزارع نماینده دشت نمدان با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) که به‌منظور غلبه بر خصیصه تجویزی مدل‌های بهینه‌سازی ارتقا یافته است، مورد بررسی قرار گرفت. هدف اصلی PMP این است که حتی‌الامکان تصویری حقیقی از شرایط را ارائه نموده و سپس رفتار کشاورزان را به‌عنوان پارامترهایی که هدف مداخله سیاست کشاورزی است، شبیه‌سازی کند. بر اساس نتایج این مطالعه پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا عبارت است ازکاهش سطح زیر کشت گندم و لوبیا و افزایش درامد انتظاری مزارع نماینده، ولی چون هم‌زمان واریانس سود نیز افزایش می‌یابد، اثر خالص این سیاست بر مطلوبیت مزارع نماینده به‌طور کامل مشخص نیست. هم‌چنین نتایج نشان داد که با ورود کلزا به الگوی کشت کشاورزان، مصرف سموم شیمیایی افزایش خواهد یافت، ولی اثر سیاست بر مصرف آب در مزارع نماینده متفاوت است و به سیاست جایگزینی کلزا با گندم نمی‌توان به‌عنوان یک سیاست مدیریت تقاضای آب نگاه کرد.

واژه‌های کلیدی: تحلیل سیاست، افزایش سطح زیر کشت کلزا، برنامه‌ریزی ریاضی مثبت

مقدمه

روغن خوراکی از جمله اقلام غذایی است که از طریق واردات تأمین می‌شود و هر ساله بخشی از منابع کمیاب ارزی به این کالا اختصاص می‌یابد. به‌عنوان مثال در سال ۱۳۷۹ بالغ بر ۱۹۲۵ میلیارد ریال به واردات این کالا اختصاص داده شده است و تنها حدود ۸ درصد از نیاز کشور به روغن از منابع داخلی تأمین شده است. توسعه منابع داخلی جهت تولید روغن خوراکی می تواند راه‌کار مناسب برای صرفه جویی در منابع ارزی اختصاص یافته به این کالا باشد. یکی از محصولات مهم برای تولید روغن خوراکی، کلزاست که می‌تواند نقش مهمی را در این عرصه ایفا کند (۲).

کشت تجاری کلزا از سال ۱۹۴۲ در کانادا آغاز شده است. تولید کلزای جهان در سال ۲۰۰۰ برابر با ۳۹،۵۱۷،۷۴۸ تن بوده و در حال حاضر روغن آن حدود ۱۴/۷ درصد از کل تولید روغن نباتی جهان را به خود اختصاص داده است. میزان بالای روغن در دانه کلزا که در برخی از ارقام به ۴۸ درصد می‌رسد و

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: zibaei@shirazu.ac.ir

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]

هم‌چنین ترکیب مناسب اسیدهای چرب موجود در آن، موجب تسلط آن بر بازارهای جهانی روغن شده است (۱).

علاوه بر ضرورت تأمین روغن نباتی مورد نیاز جامعه از منابع داخلی، پاره‌ای ملاحظات فنی موجب گردیده تا وزارت جهاد کشاورزی، معرفی کلزا به الگوی کشت زارعین را به‌عنوان یک سیاست پیگیری نماید، اهم این ملاحظات به قرار زیر است (۳):

۱- می‌توان کلزا را در تناوب با گندم و جو کاشت و باعث کاهش بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز غلات شد.

۲- چون کلزا محصولی شتوی می باشد، بر خلاف سایر دانه‌های روغنی در رقابت با محصولات پردرامد بهاره قرار نمی‌گیرد.

۳- تأثیری مثبت در میزان ماده آلی خاک بر جای گذاشته و در تامین علوفه مورد نیاز دام زارعین نیز موثر است.

۴- زمانی که ظرفیت واحدهای روغن‌کشی خالی است این گیاه برداشت می‌شود.

۵- می‌توان با کشت کلزا و به‌ویژه ارقام زودرس، مشکلات ناشی از هم‌زمانی آبیاری محصولات بهاره را حل نمود.

در دو دهه اخیر جهت وارد کردن کلزا به الگوی کشت، تحقیقات به‌نژادی و به‌زراعی متعددی در رابطه با این محصول صورت گرفته است. نتایج این تحقیقات، حکایت از آن دارد که توسعه کلزا در ایران امکان‌پذیر است و می‌تواند در کاهش وابستگی به خارج در زمینه روغن گیاهی، مؤثر باشد. با توجه به این یافته‌ها، در برنامه پنج‌ساله سوم توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور پیش‌بینی شده است که سطح زیر کشت این محصول به ۳۶۰ هزار هکتار افزایش یابد (۱).

در عمل تولید محصول کلزا در کشور از ۵۰/۶۵ تن در سال ۱۳۷۲ به ۳۱۵/۰۸۹ تن در سال ۱۳۸۵ رسیده است که گویای رشد متوسطی معادل ۹۵/۸ درصد در سال است. در میان استان‌های کشور در سال ۱۳۸۵ استان گلستان با تولید ۱۱۹/۰۸۵ تن که حدود ۳۷ درصد از تولید کل کشور را شامل می‌شود، بیشترین تولید را داشته است. پس از استان گلستان نیز استان مازندران با تولید ۶۴،۹۱۹ تن قرار دارد. پس از این دو استان که کلزا اکثراً در آنها به‌صورت دیم کشت می‌شود، استان فارس با تولید ۲۹/۲۹۰ تن در سال ۱۳۸۵ در جایگاه سوم قرار دارد، البته اگر فقط کشت آبی کلزا را در نظر بگیریم، استان فارس رتبه نخست را در اختیار خواهد داشت. هم‌چنین استان فارس با عملکرد ۲۹۰۲ کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد را در بین استان‌های کشور در سال ۱۳۸۵ به خود اختصاص داده است (۴). با این اوصاف جا دارد بررسی شود که ورود این محصول در الگوی کشت چه تأثیری بر الگوی کشت، درامد زارعین و میزان استفاده از منابع آب و خاک گذاشته است.

در حال حاضر مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی تبدیل به یک وسیله مهم و با کاربرد وسیع در تحلیل سیاست‌های کشاورزی شده‌اند. یک مزیت مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در تحلیل سیاست‌های کشاورزی توانایی این مدل‌ها در بررسی جزئی‌تر تأثیر سیاست‌ها در سطح مزرعه می‌باشد (۲۱).

مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به سه دسته مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی تجویزی (Normative Mathematical Progamming) (NMP) یا مدل‌های بهینه‌سازی، مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) و مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی اقتصادسنجی (Econometrics Mathematical Progamming) (EMP) تقسیم می‌شوند (۱۰).

مدل‌های NMP بیش از ۵۰ سال است که در اقتصاد کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این نوع مدل‌ها یک جواب بهینه از میان جواب‌های ممکن با استفاده از قوانین تصمیم‌گیری از قبل تعریف شده انتخاب می‌شود (۱۲). در این نوع مدل‌ها پارامترهای تابع هدف و محدودیت‌ها بر اساس داده‌های تاریخی کالیبره نمی‌شوند. بدین معنا که برای ساختن یک مدل NMP، اطلاعات بنیادی مربوط به سیستم کافی است. بنابراین اشکال عمده مدل‌های NMP در این است که تضمین نمی‌کنند که جواب‌های مدل همان جواب‌های سال پایه باشند (۱۷).

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]

مدل‌های PMP برای غلبه بر اشکالات مدل‌های NMP توسعه پیدا کرده‌اند. بر خلاف مدل‌های NMP، در مدل‌های PMP برخی پارامترها برای بازسازی داده‌های مشاهده شده در سال پایه تعدیل می‌شوند. بنابراین PMP تضمین می‌کند که جواب‌های مدل همان جواب‌های سال پایه باشند که این مسأله باعث محبوبیت PMP برای تحلیل سیاست شده است (۹). اولین بار هویت مدل PMP را معرفی نمود. در هنگام تخمین تابع هزینه غیرخطی مربوط به تابع هدف PMP، تعداد پارامترهایی که بایستی تخمین زده شوند بیشتر از داده‌های موجود است. این مسأله باعث می‌گردد تا درجه آزادی این تخمین منفی گردد و نتوان همه این پارامترها را تخمین زد. در مدل‌های اولیه PMP، برای رفع این مشکل فرض می‌شد که عناصر غیرقطری ماتریس مربوط به پارامترهای تابع هزینه درجه دوم صفر است و سپس این مسأله حل می‌گردید (۷، ۱۲ و ۱۳). با این فرض تأثیراتی همچون، اثرات تناوبی که محصولات مختلف بر یک‌دیگر می‌گذارند نادیده گرفته می‌شد. پاریس و هویت (۲۰)، استفاده از روش ماکزیمم آنتروپی (Maximum entropy) را برای رفع این مشکل پیشنهاد نمودند. با استفاده از این روش مشکل درجه آزادی منفی PMP حل گشته و می‌توان کل عناصر تابع هزینه غیرخطی مربوط به تابع هدف PMP را بدون نیاز به در نظر گرفتن هیچ فرضی تخمین زد. در مطالعات تجربی زیادی سیاست‌های مختلف با استفاده از این روش تحلیل شده‌اند.

مواد و روش‌ها

مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت

تحلیل سیاست بر اساس مدل‌های تجویزی (Normative Models) که تفاوت فاحشی بین نتایج مدل و سطح موجود فعالیت‌ها نشان می‌دهند، در حالت کلی قابل قبول نیست. در عین حال، سنجش یا اضافه کردن محدودیت‌های غیرخطی نیز چندان رضایت‌بخش نیست. مدل‌هایی که به‌شدت دارای محدودیت‌های اضافی می‌گردند، فقط زیرمجموعه‌ای از نتایج هنجاری که محدودیت‌های سنجش دیکته می‌کنند، را به‌دست می‌دهند. به این دلیل، نتایج سیاست‌سازی به مجموعه‌ای از محدودیت‌ها که صرفاً برای سال پایه و نه برای بررسی تغییر سیاست‌ها مناسب‌اند، محدود می‌شود. این مسأله زمانی که مدل منطقه‌ای با تعداد کمی محدودیت‌های تجربی اما، با دامنه گسترده‌ای از تنوع در تولید محصولات زراعی طراحی می‌شوند، تشدید می‌گردد (۱۴). کارهای اخیر پاریس و هویت از دانشگاه دیویس امریکا، بسیاری از اقتصاددانان کشاورزی را به کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به‌عنوان یک ابزار آنالیز اثرات بالقوه سیاست‌های کشاورزی بر بخش کشاورزی، متمایل کرده است. استفاده از این روش برای دو پروژه مهم کمیسیون اروپا (کمیسیون اروپا در پروژه‌های FAIR5-PL97-3403 (با هدایت جودز و همکاران) و پروژه FAIR96-1849 (با هدایت هندریچ میر) از PMP استفاده کرده است) افزایش علاقه به استفاده از این روش را نشان می‌دهد (۲۲).

ایده کلی در PMP استفاده از اطلاعات موجود در متغیرهای دوگان محدودیت‌های کالیبراسیونی است که جواب مسأله برنامه‌ریزی خطی را به سطح فعالیت‌های موجود محدود می‌کنند. این مقادیر دوگان برای تصریح تابع هدف غیرخطی‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند که سطح فعالیت‌های مشاهده شده را مجدداً از طریق جواب بهینه مسأله برنامه‌ریزی جدیدی که فاقد محدودیت کالیبراسیون است بازسازی می‌کند (۱۹). PMP دارای سه مرحله به شرح زیر است:

به شیوه فرمولی مرحله اول PMP را با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی خطی ساده که برای حداکثر کردن سود طراحی شده، می‌توان به‌صورت زیر نشان داد:

$$\text{Max } Z = R'x - c'x$$
$$\text{Sub.to: } A\,x \le B \ [\pi]$$
$$x \le (x^0 + \varepsilon) \ [\lambda]$$
$$x \ge 0$$

که در آن:

Z : مقدار هدف که بایستی حداکثر شود

R : بردار درامد (حاصل‌ضرب قیمت در عملکرد) محصولات

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]

x و c: بردار سطح تولید و بردار هزینه‌های متغیر هر واحد هر یک از محصولات

A: ماتریس ضرایب فنی

B و π: به‌ترتیب بردار منابع موجود و متغیرهای دوگان (یا قیمت‌های سایه‌ای) این منابع

x^0: سطح فعالیت مشاهده شده در سال پایه

ε و λ : به‌ترتیب برداری از اعداد کوچک مثبت و متغیر دوگان محدودیت کالیبراسیون

زمانی‌که آب محدود است و هدف تخصیص بهینه منابع آب نیز وجود دارد، چنین مدل‌هایی به‌دلیل عدم تخصیص بهینه آب از کارایی لازم برخوردار نمی‌باشند. بنابراین ضروری است که استراتژی‌های آبیاری متفاوتی برای هر محصول در نظر گرفته شود. برای این منظور چهار سطح آبیاری برای هر یک از محصولات شامل آبیاری کامل، آبیاری با ۹۰٪ نیاز آبی محصول، آبیاری با ۸۰٪ نیاز آبی محصول و آبیاری با ۷۰٪ نیاز آبی گیاه در نظر گرفته شده است. هر استراتژی آبیاری به‌صورت یک فعالیت در مدل وارد می‌شود. بنابراین با توجه به‌وجود پنج محصول، مدل دارای ۲۰ فعالیت می‌باشد. نام هر فعالیت مشتمل است بر نام محصول و شماره‌ای که منعکس‌کننده استراتژی آبیاری است. به‌عنوان مثال دو فعالیت گندم۱ و گندم۲ که هر چند این دو فعالیت هر دو مربوط به گندم هستند، اما استراتژی آبیاری آنها متفاوت است. با افزایش شماره، مقدار آب مصرفی کاسته شده و در نتیجه عملکرد نسبی یعنی نسبت عملکرد فعلی (Ya) به عملکرد بالقوه یعنی عملکرد تحت شرایط آبیاری کامل (Yp) کاسته می‌شود.

برای محاسبه نسبت عملکرد فعلی به عملکرد بالقوه از رابطه زیرکه به‌وسیله میر و همکاران (۱۹) پیشنهاد شده است، استفاده گردید:

$$\frac{Y_a}{Y_p} = 1 - KY\left[1 - \frac{W_a}{W_p}\right]$$

که در آن:

Y_p: حداکثر محصول تولیدی در شرایط بدون تنش آبی

Y_a: مقدار محصول واقعی در شرایط واقعی(شرایط تنش آبی)

KY: ضریب واکنش عملکرد نسبت به آب در کل دوره رشد که در جدول ۱ مقادیر آن آورده شده است.

W_p: حداکثر آب آبیاری مورد نیاز گیاه

W_a: مقدار آب آبیاری مورد نیاز گیاه درکل دوره رشد که مقدار آن در شرایط آبیاری کامل برابر با W_p و در شرایط اعمال کم آبیاری از طریق رابطه زیر به‌دست می‌آید.

$$W_{ai} = (1 - \Delta)W_{pi}$$

که در آن Δ مقدار کاهش نسبی مصرف آب در کل دوره رشد (کوچک‌تر یا مساوی یک) است.

در این مدل دو نوع محدودیت وجود دارد که محدودیت اول، محدودیت منابع و محدودیت دوم، محدودیت کالیبراسیون نام دارد. اضافه کردن محدودیت کالیبراسیون باعث می‌گردد که جواب بهینه برنامه‌ریزی خطی دقیقاً سطح فعالیت‌های مشاهده شده در سال پایه را به‌دست دهد (۱۶).

محدودیت منابع شامل ۴ محدودیت زمین، آب، نیروی کار و نقدینگی به‌صورت زیر است.

محدودیت ۱، محدودیت زمین بوده و بیانگر آن است که کل اراضی تخصیص یافته بین فعالیت‌ها نمی‌تواند بیش از کل اراضی موجود واحد باشد. این محدودیت به‌صورت ماهیانه وارد شده و به‌صورت رابطه زیر است:

$$\sum_{j=1}^{n} X_j \le X_{Total}$$

که در آن:

X_j: سطح زیرکشت محصول j (بر حسب هکتار و شامل گندم، جو، چغندرقند، کلزا و لوبیا در سطوح مختلف کم‌آبیاری)

X_{Total}: کل اراضی موجود در مزرعه نماینده (بر حسب هکتار)

با توجه به ارزش آب در کشاورزی و محدودیت این منبع مهم و حیاتی و وجود خشک‌سالی‌های متناوب و نیز با توجه به اهمیت زمان در مورد این منبع، لازم است تا تخصیص این منبع

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]

جدول۱. ضریب واکنش عملکرد به آب (KY) در کل دوره رشد گیاه

محصول	عدس	جو	نخود	لوبیا	چغندر	کلزا	گندم
ضریب واکنش عملکرد به آب	۱/۱۵	۱	۱/۱۵	۱/۱۵	۰/۸	۱/۱	۱

مأخذ: نشریه شماره ۵۶، فائو

به‌صورت بهینه صورت گیرد. در نتیجه جهت تخصیص بهینه آب اثر محدودیت ماهیانه تأمین آب نیز در این مطالعه به‌صورت رابطه زیر وارد شد:

$$\sum_{j=1}^{n} W_j \le q_{Total}$$

که در آن:

q_{Total}: حداکثر امکانات آبی در هر ماه (بر حسب متر مکعب)

W_{aj}: مقدار آب آبیاری مورد نیاز گیاه jام در هر ماه (بر حسب متر مکعب در هکتار)

محدودیت دیگر مورد استفاده محدودیت نیروی کار می‌باشد و بیانگر آن است که مجموع نیاز فعالیت‌ها به نیروی کار در هر ماه نمی‌تواند از امکانات نیروی انسانی موجود مزرعه بیشتر باشد.

$$\sum_{j=1}^{n} l_j \le L_{Total}$$

که در آن:

L_{Total}: حداکثر امکانات نیروی انسانی موجود مزرعه در هر ماه (بر حسب نفر–روز).

l_{aj}: مقدار کارگر مورد نیاز فعالیت jام در هر ماه (بر حسب نفر–روز در هکتار).

محدودیت نقدینگی نیز بیانگر آن است که مجموع نیاز فعالیت‌ها به نقدینگی در هرسال نمی‌تواند از امکانات مالی موجود مزرعه بیشتر باشند.

$$\sum_{j=1}^{n} k_j \le K_{Total}$$

که در آن:

K_{Total}: حداکثر امکانات مالی موجود مزرعه در یک سال زراعی (بر حسب تومان).

k_{aj}: مقدار سرمایه مورد نیاز فعالیت jام در یک سال زراعی (بر حسب تومان در هکتار).

در مرحله دوم PMP، مقادیر λ برای به‌دست آوردن یک تابع هزینه متغیر غیرخطی مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً برای آسانی محاسبه و فقدان دلایل قوی برای انتخاب توابع دیگر، از تابع هزینه متغیر درجه دوم زیر استفاده می‌گردد.

$$C^v = d'x + \frac{1}{2}x'Qx$$

که در آن

C^v : هزینه متغیر

d : یک بردار (n×1) از پارامترهای مربوط به جزء خطی تابع هزینه

Q : یک ماتریس متقارن مثبت معین (n×n) از پارامترهای مربوط به جزء درجه دوم تابع هزینه، این تابع هزینه متغیر غیرخطی با این شرط که هزینه متغیر نهایی فعالیت‌ها با مجموع هزینه حسابداری فعالیت‌ها (c) و متغیر دوگان محدودیت کالیبراسیون (λ) برابر باشد، به‌دست می‌آید. بنابراین پارامترهای تابع هزینه باید با شرط زیر محاسبه شوند:

$$MC^v = \frac{\partial C^v(x^*)}{\partial x} = d + Qx^* = c + \lambda$$

در رابطه بالا، بایستی n پارامتر برای بردار d و به‌علت متقارن بودن Q، n(n+1)/2 پارامتر برای Q محاسبه گردند، یعنی در کل بایستی مقدار عددی n+n(n+1)/2 پارامتر به‌دست آورده شود، منتها فقط n معادله (برای هر محصول یک معادله) در این رابطه وجود دارد. به چنین مسایلی که تعداد پارامترهایی که بایستی محاسبه گردند بیشتر از تعداد معادلات است، مسایل ill-posed گفته می‌شود. در برخی از مطالعات این مسأله با

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]

مساوی صفر در نظر گرفتن عناصر غیر قطری Q، حل می‌شود (۵، ۷، ۸، ۱۵ و ۱۶). اگرچه این روش‌ها نیز ضمن براورده کردن شرط مرتبه اول جواب‌های سال پایه را نیز به‌خوبی کالیبره می‌کنند، اما پاسخ‌های رفتاری منتج از این مدل‌ها به‌طور کامل اختیاری و به‌طور بالقوه غیررضایت‌بخش است. علت این امر در این است که پاسخ رفتاری مدل کالیبره شده به‌اندازه زیادی وابسته به مشتقات درجه دوم تابع هدف (تغییر در MC، هنگام تغییر در سطوح فعالیت) است که در این روش‌ها نادیده گرفته می‌شوند(۱۳). پاریس و هویت (۲۰) استفاده از ماکزیمم آنتروپی را به‌منظور یافتن همه n+n(n+1)/2 پارامتر بردار d و ماتریس Q پیشنهاد کردند. ماکزیمم آنتروپی اولین بار توسط شانون در سال ۱۹۴۸ مطرح گردید. شانون راهی را برای اندازه‌گیری اطلاعات پیشنهاد نمود و بدین وسیله انقلابی در تئوری اطلاعات ایجاد کرد (۱۶). استفاده از ماکزیمم آنتروپی در اقتصادسنجی نیز به‌وسیله گلان و همکاران (۱) مطرح گردید و در سال ۱۹۹۸ این روش برای حل مشکل درجه آزادی منفی PMP به‌وسیله پاریس و هویت (۲۱) مورد استفاده قرار گرفت.

روابط فرمولی ماکزیمم آنتروپی برای تخمین پارامترهای d و Q به‌صورت زیر است. در این روابط H نمایانگر آنتروپی مدل است که بایستی حداکثر گردد. محدودیت اول همان رابطه کلیدی موجود در PMP است که دارای درجه آزادی منفی است و در قسمت قبل توضیح داده شد، دو محدودیت بعدی ماتریس‌های d و Q را تعریف می‌کنند و تساوی آخر برای متقارن بودن ماتریس Q اضافه شده است و دو معادله ماقبل آخر نیز این مطلب را بیان می‌کنند که مجموع احتمالات باید برابر با یک باشد. سایر متغیرها نیز قبلاً تعریف شده‌اند.

$$\max_{p} H(p) = -\sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{n} pd_{k,i}\, ln\, pd_{k,i} - \sum_{k=1}^{K}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} pq_{k,i,j}\, ln\, pq_{k,i,j}$$

Subject to

$$d_i + \sum_{j=1}^{n} q_{i,j}\, x_j^o = c_i + \lambda_i, \quad \forall i$$

$$d_i = \sum_{k=1}^{K} pd_{k,i}\, zd_{k,i}, \quad \forall i$$

$$q_{i,j} = \sum_{k=1}^{K} pq_{k,i,j}\, zq_{k,i,j}, \quad \forall i, j$$

$$\sum_{k=1}^{K} pd_{k,i} = 1, \quad \forall i$$

$$\sum_{k=1}^{K} pq_{k,i,j} = 1, \quad \forall i, j$$

$$q_{i,j} = q_{j,i} \quad \forall i, j$$

با استفاده از روابط بالا می‌توان کلیه عناصر بردار d و ماتریس Q را به‌دست آورد. اما این روابط تضمین نمی‌کنند که شرایط مرتبه دوم برای تابع هزینه به‌دست آمده، صادق باشد. بنابر شرایط مرتبه دوم، لازم است تا ماتریس هشین تابع هزینه معین و منفی باشد که لازمه آن معین و مثبت بودن ماتریس Q می‌باشد. بدین منظور از قضیه تجزیه چالسکی استفاده می‌گردد، بنابراین قضیه یک ماتریس مربع،ماتریسی مثبت، نیمه‌معین و متقارن است اگر و تنها اگر این ماتریس دارای تجزیه چالسکی باشد. در تجزیه چالسکی، ماتریس Q به حاصل‌ضرب یک ماتریس پایین مثلثی (L) و ترانهاده آن که یک ماتریس بالامثلثی است (L')، تبدیل می‌شود که آنرا می‌توان به‌صورت زیر نشان (۱۷):

$$Q = L.L'$$

برای مثال اگر ماتریس Q، یک ماتریس ۳×۳ باشد، آنگاه بر اساس این روش، تجزیه چالسکی آن به‌صورت زیر خواهد بود.

$$\begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ l_{21} & l_{22} & 0 \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix} . \begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & l_{13} \\ 0 & l_{22} & l_{23} \\ 0 & 0 & l_{33} \end{bmatrix}$$

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]

با اضافه کردن این معادلات، به‌عنوان محدودیت و اعمال این شرط که اجزاء قطری ماتریس Q بزرگ‌تر از صفر (کوچک‌تر یا مساوی صفر نباشند) باشند، می‌توان تضمین کرد که شرایط مرتبه دوم برای تابع هزینه به‌دست آمده صدق کند.

در مرحله سوم PMP، با استفاده از تابع هزینه غیرخطی کالیبره شده و محدودیت‌های منابع، یک مدل برنامه‌ریزی غیرخطی به‌صورت روابط زیر ساخته می‌شود.

$$\text{Max } Z = p'x - d'x - x'Qx/2$$

$$\text{Sub.to: } Ax \le b$$

$$x \ge 0$$

ضرایب و متغیرهای این مدل همان ضرایب و متغیرهایی می‌باشند که قبلاً توضیح داده شدند. همان‌طور که دیده می‌شود در این مدل دیگر احتیاجی به محدودیت کالیبراسیون نیست و فقط با استفاده از تابع هدف کالیبره شده و محدودیت‌های منابع، جواب آن در شرایط سال پایه، دقیقاً سطوح فعالیت سال پایه خواهد بود و می‌توان با تغییر شرایط و تعریف سناریوهای مختلف با استفاده از این مدل به تحلیل سیاست پرداخت.

روش نمونه‌گیری

با توجه به اهمیت کشت کلزا در دشت نمدان که در قسمت قبل مورد بررسی قرار گرفت، این دشت به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. سپس با استفاده از یک روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دومرحله‌ای هفت آبادی شامل آبادی‌های خنجشت، چشمه رعنا، حسین‌آباد و سه‌قلات از دهستان خنجشت و آبادی‌های آب‌باریک، فتح‌آباد و باده‌کی از دهستان شهرمیان انتخاب شدند و متناسب با تعداد کشاورزان این روستاها تعداد ۴۵ پرسش‌نامه از آبادی خنجشت، ۳۲ پرسش‌نامه از آبادی چشمه‌رعنا، ۱۵ پرسش‌نامه از آبادی حسین‌آباد، ۲۰ پرسش‌نامه از آبادی سه‌قلات، ۸ پرسش‌نامه از آبادی فتح‌آباد، ۷ پرسش‌نامه از آبادی باده‌کی و سرانجام یک پرسش‌نامه از آبادی آب‌باریک (در مجموع ۱۲۸ پرسش‌نامه) تکمیل گردید. کشاورزان هر روستا نیز با استفاده از روش نمونه‌گیری سیستماتیک انتخاب گردیدند. به اینصورت که ابتدا لیست کشاورزان هر روستا از خدمات روستایی دهستان‌های خنجشت و شهرمیان به‌دست آمد، سپس با توجه به تعداد کشاورزان و حجم نمونه مربوط به هر روستا، تعیین گردید که از هر چند کشاورز (n) بایستی یک کشاورز انتخاب گردد و سپس بر طبق روش سیستماتیک کشاورزان ۱، n+1، ۲n+1، 3n+1 و الی آخر، انتخاب گردیدند.

از آنجا که تهیه الگوی برنامه‌ریزی خطی برای تمام بهره‌برداران نمونه که تعداد آنها شاید به صدها نفر بالغ شود، کار بسیار وقت‌گیر و پرهزینه بوده و نتایج حاصله نیز از کارایی لازم برخوردار نخواهد بود، لذا لازم است که بهره‌برداری‌های نمونه را به طبقات همگن طبقه‌بندی نموده و برای هر طبقه همگن یک بهره‌برداری نماینده ساخته شود.

با توجه به موارد فوق بهره‌برداران با استفاده از تحلیل خوشه‌ای به سه گروه همگن زیر تفکیک شدند:

گروه۱: با اندازه مزرعه کمتر از ۱۲ هکتار

گروه۲: با اندازه مزرعه ۱۲تا ۲۵ هکتار

گروه۳: با اندازه مزرعه بیشتر از ۲۵ هکتار

نتایج و بحث

در این قسمت به بررسی اثرات ورود کلزا بر الگوی کشت گروه‌های همگن زارعین پرداخته شده است. بدین منظور کلزا از الگوی کشت بهره‌برداران نماینده حذف می‌شود یعنی سطح زیر کشت آن به صفر کاهش داده می‌شود و سپس با استفاده از مدلPMP به بررسی آثار این تغییر پرداخته می‌شود.

نتایج حذف کلزا برای بهره‌بردار نماینده سه گروه در جداول ۲ تا ۴ آورده شده است. همان‌طور که در جدول ۲ دیده می‌شود، در مزرعه بهره‌بردار نماینده گروه ۱ مجموع سطح زیر کشت محصولات گندم، کلزا، چغندر و لوبیا در سال پایه به‌ترتیب ۳/۳، ۲/۷، ۱/۵ و ۰/۵ هکتار می‌باشد و در مجموع این مزرعه نماینده، ۸ هکتار است. با توجه به مدل PMP، با حذف کلزا از الگوی کشت، مجموع سطح زیر کشت گندم از ۳/۳ هکتار به ۵/۱۵۹ هکتار افزایش پیدا می‌کند که معادل

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]

جدول۲. اثرات ورود کلزا بر الگوی کشت، درامد زارعان، ریسک و مصرف نهاده‌ها در مزرعه نماینده (بهره‌برداران گروه ۱)

	فعلی	جواب PMP	الگو پس از حذف کلزا
گندم۱ (هکتار)	۱	۱	۰/۸۵۱
گندم۲ (هکتار)	۱/۵	۱/۵	۲/۳۲۷
گندم۳ (هکتار)	۰/۵	۰/۵	۱/۰۸۲
گندم۴ (هکتار)	۰/۳	۰/۳	۰/۸۹۹
کلزا۱ (هکتار)	۱/۸	۱/۸	۰
کلزا۲ (هکتار)	۰/۶	۰/۶	۰
کلزا۳ (هکتار)	۰/۳	۰/۳	۰
چغندر۱ (هکتار)	۱	۱	۰/۸۰۱
چغندر۲ (هکتار)	۰/۵	۰/۵	۰/۵۴۹
لوبیا۳ (هکتار)	۰/۲	۰/۲	۰/۳۰۵
لوبیا۴ (هکتار)	۰/۳	۰/۳	۱/۱۸۷
مجموع (هکتار)	۸	۸	۸/۰۰۱
درامد (تومان)	۵۲۵۰۰۰۶	۵۲۵۰۰۰۶	۴۰۱۵۳۳۱
انحراف معیار (تومان)	۳۵۹۷۶۰/۵	۳۵۹۷۶۰/۵	۳۲۹۵۰۰
مصرف آب (متر مکعب)	۹۳۰۵۶/۶	۹۳۰۵۶/۶	۹۲۵۱۰/۲
مصرف کود (کیسه)	۱۰۱/۱	۱۰۱/۱	۹۹/۷
مصرف سم (تومان)	۲۲۳۷۴۰	۲۲۳۷۴۰	۱۴۴۶۰۴

۵۶٪ افزایش در سطح زیر کشت آن می‌باشد. سطح زیر کشت لوبیا نیز از ۰/۵ هکتار به ۱/۴۹۲ هکتار افزایش می‌یابد. اما سطح زیر کشت چغندر از ۱/۵ هکتار به ۱/۳ هکتار کاهش می‌یابد که معادل ۱۰٪ کاهش در سطح زیر کشت آن می‌باشد. بنابراین می‌توان گفت که کلزا جانشین اصلی گندم و لوبیاست. مسأله مهمی را که بایستی با توجه به جدول ۲ مورد توجه قرار داد این است که با حذف کلزا سطح زیر کشت هر چهار محصول گندم یا هر چهار محصول چغندر و لوبیا که از نظر مقدار آبیاری متفاوت می‌باشند به یک میزان تغییر نمی‌کند. در گندم، سطح زیر کشت گندم۱ نه تنها افزایش نمی‌یابد بلکه سطح زیر کشت آن از ۱ هکتار به ۰/۸۵۱ هکتار کاهش می‌یابد، اما سطح زیر کشت سه گندم دیگر که در مورد آنها کم‌آبیاری اعمال گردیده به مقدار زیادی افزایش می‌یابد و این افزایش در گندم۴ از گندم‌های دیگر بیشتر است. این قضیه در چغندر و لوبیا نیز تقریباً به همین طریق است. در نتیجه این تغییرات در الگوی کشت، درامد مزرعه از ۵۲۵۰۰۰۶ تومان به ۴۰۱۵۳۳۱ تومان کاهش می‌یابد. این کاهش درامد به دو دلیل رخ می‌دهد. عامل اول همان حذف کلزا از الگوی کشت است که به‌خاطر درامد بالاتر کلزا نسبت به محصولات دیگر باعث کاهش درامد مزرعه می‌گردد. اما عامل مؤثر دیگر مربوط به آب می‌شود. بدین صورت که با حذف کلزا که نسبت به محصولات دیگر مزرعه آب کمتری مصرف می‌نماید، امکان جانشین کردن محصولات دیگر که آب بیشتری مصرف می‌نمایند، نیست، مگر این‌که در مورد این محصولات کم‌آبیاری بیشتری صورت گیرد. کم‌آبیاری نیز باعث کاهش عملکرد محصول و بالطبع باعث کاهش درامد مزرعه خواهد شد. بنابراین از جهت دیگر،

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]

می‌توان گفت برای این مزرعه با ورود کلزا به الگوی کشت کشاورز، درامد کشاورز افزایش می‌یابد. اما با حذف کلزا انحراف معیار الگوی کشت از ۳۵۹۷۶۰/۵ به ۳۲۹۵۰۰ کاهش می‌یابد، یا از بعد دیگر می‌توان گفت با ورود کلزا به الگوی کشت ریسک الگو افزایش می‌یابد. با توجه به مصرف کمتر آب توسط کلزا نسبت به محصولات دیگر انتظار می‌رود که با حذف آن مصرف آب افزایش یابد. اما همان‌طور که قبلاً نیز بیان شد به‌علت افزایش کم‌آبیاری در محصولات دیگر، مصرف آب نه تنها افزایش نمی‌یابد بلکه به مقدار تقریباً ناچیزی (کمتر از یک درصد) نیز کاهش می‌یابد و مصرف آن از ۹۳۰۵۶/۶ به ۹۲۵۱۰/۲۷ متر مکعب می‌رسد. به‌عبارت دیگر برای این مزرعه با ورود کلزا به الگوی کشت، مصرف آب هر چند به مقدار ناچیز، افزایش می‌یابد. با توجه به جدول ۲ می‌توان دید که هر چند حذف کلزا موجب تغییر چندانی در مصرف کود نمی‌شود، اما موجب کاهش شدیدی (۵۴٪) در مصرف سموم شیمیایی می‌گردد که این به خاطر احتیاج زیاد کلزا به سموم شیمیایی به‌خصوص به سموم شته‌کش می‌باشد.

همان‌طور که در جدول ۳ دیده می‌شود، مزرعه بهره‌بردار نماینده گروه ۲ مزرعه‌ای ۱۸ هکتاری است که در آن، مجموع سطح زیر کشت محصولات گندم، کلزا، چغندر و لوبیا در سال پایه به‌ترتیب ۸، ۵، ۳/۶ و ۱/۴ است می‌باشد. بر اساس مدل PMP، در اثر حذف کلزا از این مزرعه، مجموع سطح زیر کشت گندم از ۸ هکتار به حدود ۱۱/۷ هکتار افزایش پیدا می‌کند، سطح زیر کشت لوبیا نیز به ۲/۶۶ هکتار افزایش می‌یابد. اما سطح زیر کشت چغندر افزایش ناچیزی می‌یابد و از ۳/۶ هکتار به ۳/۶۶ هکتار می‌رسد. بنابراین با توجه به این مدل نیز می‌توان گفت که کلزا جانشین اصلی گندم و لوبیا است. البته با حذف کلزا، سطح زیر کشت گندم۱ نه تنها افزایش نمی‌یابد بلکه به مقدار زیادی کاهش می‌یابد و سطح زیر کشت آن از ۳ هکتار به ۰/۹ هکتار می‌رسد، ولی سطح زیر کشت گندم۲ و گندم۳ که در مورد آنها کم‌آبیاری اعمال گردیده به‌شدت افزایش می‌یابد.

با حذف کلزا درامد مزرعه از ۱۱۷۶۶۹۵۰ تومان به ۹۴۹۳۸۲۱ تومان می‌رسد که حدوداً معادل ۱۹ درصد کاهش می‌باشد. انحراف معیار الگوی کشت تغییر چندانی نمی‌کند و از ۸۵۲۰۴۲/۸ به ۸۳۹۸۲۴/۵ می‌رسد که معادل ۱/۵ درصد کاهش در ریسک است. بنابراین با ورود کلزا به الگوی کشت این مزرعه، ریسک برای این مزرعه افزایش یافته است. هم‌چنین مجموع آب مصرفی مزرعه از ۲۱۷۳۱۷/۵ متر مکعب به ۲۱۷۵۸۱/۴ متر مکعب خواهد رسید که بیانگر افزایش ناچیز (حدود یک دهم درصد) در مصرف آب است. به‌عبارت دیگر می‌توان گفت که در این گروه با ورود کلزا به الگوی کشت، مصرف آب به‌میزان ناچیزی کاهش می‌یابد. با توجه به جدول ۳ می‌توان دید که هر چند حذف کلزا موجب تغییر چندانی در مصرف کود نمی‌شود، ولی موجب کاهش شدیدی در مصرف سموم شیمیایی گردیده و حدوداً ۳۰درصد مصرف سموم شیمیایی افزایش می‌یابد. همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد این امر به‌علت احتیاج زیاد کلزا به سموم شیمیایی به‌خصوص به سموم شته‌کش است.

در جدول ۴ آثار حذف کلزا بر مزرعه بهره‌بردار نماینده گروه ۳ که مزرعه‌ای ۳۰ هکتاری است و سطح زیر کشت محصولات گندم، کلزا، چغندر وجوی آن در سال پایه به‌ترتیب ۱۴، ۱۲، ۳ و ۱ هکتار می‌باشد، آورده شده است. با حذف کلزا از الگوی کشت، سطح زیر کشت همه محصولات افزایش می‌یابد، به این صورت که مجموع سطح زیر کشت گندم از ۱۴ هکتار به حدود ۲۴/۲ هکتار افزایش پیدا می‌کند، سطح زیر کشت جو نیز از ۱ هکتار به حدود ۲/۴۵ هکتار افزایش می‌یابد. سطح زیر کشت چغندر نیز که کمترین افزایش را داراست از ۳ هکتار به حدود ۳/۳ هکتار افزایش می‌یابد. در این مدل با حذف کلزا سطح زیر کشت گندم۱ و گندم۳ افزایش و به حدود ۱۲ هکتار می‌رسد اما گندم۲ کلاً از الگوی کشت حذف می‌شود. در مورد چغندر نیز، چغندر۲ حذف گردیده و بر سطح زیر کشت چغندر۱ افزوده می‌شود. در نتیجه این تغییرات در الگوی کشت، درامد مزرعه کاهش می‌یابد و از ۲۰۶۶۵۵۹۰ تومان به ۱۶۰۲۳۷۱۰ تومان می‌رسد که معادل ۴۸

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]

جدول۳. اثرات ورود کلزا بر الگوی کشت، درامد زارعان، ریسک و مصرف نهاده‌ها در مزرعه (نماینده بهره‌برداران گروه ۲)

	فعلی	جواب PMP	الگو پس از حذف کلزا
گندم۱ (هکتار)	۳	۳	۰/۹۲۳
گندم۲ (هکتار)	۴	۴	۷/۱۶۱
گندم۳ (هکتار)	۱	۱	۳/۶۱۵
کلزا۱ (هکتار)	۴	۴	۰
کلزا۲ (هکتار)	۰/۷	۰/۷	۰
کلزا۳ (هکتار)	۰/۳	۰/۳	۰
چغندر۱ (هکتار)	۳	۳	۳/۰۸۹
چغندر۲ (هکتار)	۰/۶	۰/۶	۰/۵۵۲
لوبیا۳ (هکتار)	۰/۴	۰/۴	۰/۷۳۶
لوبیا۴ (هکتار)	۱	۱	۱/۹۲۴
مجموع (هکتار)	۱۸	۱۸	۱۸
درامد (تومان)	۱۱۷۶۶۹۵۰	۱۱۷۶۶۹۵۰	۹۴۹۳۸۲۱
انحراف معیار (تومان)	۸۵۲۰۴۲/۸	۸۵۲۰۴۲/۸	۸۳۹۸۲۴/۵
مصرف آب (متر مکعب)	۲۱۷۳۱۷/۵	۲۱۷۳۱۷/۵	۲۱۷۵۸۱/۴
مصرف کود (کیسه)	۲۲۸/۵	۲۲۸/۵	۲۲۸/۷
مصرف سم (تومان)	۴۷۷۳۰۰	۴۷۷۳۰۰	۳۳۹۴۴۹/۵

درصد کاهش در درامد مزرعه است، بنابراین ورود کلزا به الگوی کشت باعث افزایش درامد گردیده است. انحراف معیار یا به‌عبارتی ریسک الگو تغییر چندانی نکرده و از ۱۰۱۰۲۳۵ به ۱۰۱۵۶۲۵ می‌رسد. هم‌چنین با حذف کلزا مجموع آب مصرفی مزرعه ۴ درصد افزایش یافته و از۳۳۰۸۵۷/۲ متر مکعب به ۳۴۴۹۱۱/۱ متر مکعب افزایش می‌یابد که معنای آن این است که ورود کلزا در الگوی کشت این مزرعه بر خلاف گروه‌های ۱ و۲ باعث کاهش مصرف آب گردیده است که با توجه به نیاز آبی کمتر کلزا نسبت به محصولات گندم، لوبیا و چغندر منطقی به‌نظر می‌رسد. با توجه به جدول ۴ می‌توان دید که هر چند حذف کلزا موجب تغییر چندانی در مصرف کود نمی‌شود، اما موجب ۴۳ درصد کاهش در مصرف سموم شیمیایی می‌شود.

بنابراین با توجه به نتایج این مطالعه پیشنهادات زیر ارائه می‌گردد:

۱- نتایج نشان داد که با وارد شدن کلزا به الگوی کشت بهره‌برداران نماینده، از سطح زیر کشت گندم کاسته می‌شود که این امر می‌تواند خودکفایی در تولید گندم را با مشکل همراه سازد. بنابراین هم‌زمان بایستی با سیاست‌های افزایش عملکرد در هکتار گندم با این مسأله مقابله نمود.

۲- از آنجا که با وارد شدن کلزا به الگوی کشت، واریانس درامد یا به‌عبارت دیگر ریسک الگوی کشت افزایش می‌یابد، لازم است که با گسترش بیمه محصولات کشاورزی و به‌ویژه بیمه محصول کلزا، مانع کاهش مطلوبیت زارعین گردید.

۳- هر چند میزان مصرف آب در هکتار کلزا کمتر از میزان مصرف آب در هکتار گندم است، اما جایگزینی این دو محصول، تأثیر معنی‌داری بر کاهش مصرف آب در مزارع نماینده نداشت و حتی در پاره‌ای از بهره‌برداران نماینده، موجب افزایش مصرف آب گردید، بنابراین به سیاست جایگزینی کلزا

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]

جدول۴. اثرات ورود کلزا بر الگوی کشت، درامد زارعان، ریسک و مصرف نهاده‌ها در مزرعه (نماینده بهره‌برداران گروه۳)

	فعلی	جواب PMP	الگو پس از حذف کلزا
گندم۱ (هکتار)	۷	۷	۱۲/۱۸۴
گندم۲ (هکتار)	۵	۵	۰
گندم۳ (هکتار)	۲	۲	۱۲/۰۴۱
کلزا۱ (هکتار)	۹	۹	۰
کلزا۲ (هکتار)	۲	۲	۰
کلزا۳ (هکتار)	۱	۱	۰
چغندر۱ (هکتار)	۲/۵	۲/۵	۲/۷۶
چغندر۲ (هکتار)	۰/۵	۰/۵	۰/۵۶۳
جو۱ (هکتار)	۱	۱	۲/۴۵۲
مجموع (هکتار)	۳۰	۳۰	۳۰
درامد (تومان)	۲۰۶۶۵۵۹۰	۲۰۶۶۵۵۹۰	۱۶۰۲۳۷۶۰
انحراف معیار (تومان)	۱۰۱۰۲۳۵	۱۰۱۰۲۳۵	۱۰۱۵۶۲۵
مصرف آب (متر مکعب)	۳۳۰۸۵۷/۲	۳۳۰۸۵۷/۲	۳۴۴۹۱۱/۱
مصرف کود (کیسه)	۳۶۵/۴	۳۶۵/۴	۳۶۴
مصرف سم (تومان)	۸۲۷۷۰۰	۸۲۷۷۰۰	۴۷۱۰۲۵/۷

با گندم نمی‌توان به‌عنوان یک سیاست مدیریت تقاضای آب نگاه کرد.

۴- با توجه به این‌که کلزا در مرحله داشت، جهت مقابله با آفات نیاز به چندین بار سم‌پاشی دارد و به‌طور کلی وارد شدن این محصول موجب افزایش مصرف سموم شیمیایی می‌گردد، بنابراین باید به مسأله افزایش آلودگی محیط زیست در اثر افزایش سطح زیر کشت این محصول نیز توجه نمود.

منابع مورد استفاده

۱. دهشیری، ع. ۱۳۷۸. *زراعت کلزا*. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

۲. سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور. ۱۳۸۰. نظام هدفمند یارانه‌ها، تهران.

۳. شیرانی‌راد، ا. ح. و ع. دهشیری. ۱۳۸۱. *راهنمای کلزا (کاشت، داشت و برداشت)*. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی، نشر آموزش کشاورزی، کرج.

۴. وزارت جهاد کشاورزی (سال‌های مختلف). *آمارنامه کشاورزی*. دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

۵. صبوحی صابونی، م. ۱۳۸۵. بهینه سازی الگوهای کشت با توجه به مزیت نسبی حوضه آبریز در تولید محصولات زراعی: مطالعه موردی استان خراسان. رساله دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شیراز.

6. Allen, R. G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage paper 56. FAO Rome.

7. Arfini, F. and Q. Paris. 1995. A positive mathematical programming model for regional analysis of agricultural

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]

policies. EAAE seminar, Ancona, Italy
8. Atance, M. I. and H. J. Barreiro. 2006. CAP MTR versus environmentally targeted agricultural policy in marginal arable areas: impact analysis combining simulation and survey data. Agric. Econ. 34: 303-313.
9. Britz W., T. Heckelei and H. Wolff. 2003. Symmetric Positive Equilibrium Problem: A Framework for rationalizing Economic Behavior with Limited Information: Comment. Amer. J. Agric. Econ. 85(4): 1078-81.
10. Buysse, J. 2006. Farm-level mathematical programming tools for agricultural policy support. Ph.D. Dissertation, Univ. of Ghent, Belgium.
11. Golan, A., G. Judge and J. M. Perloff. 1996. Maximum Entropy Econometrics: Robust Estimation with Limited Data. John Wiley & Sons, New York.
12. Hazell, P. B. R. and R. D. Norton. 1986. Mathematical Programming for economic analysis in agriculture. Colli MacMillan Pub., London.
13. Heckelei, T. 2002. Calibration and estimation of programming models for agricultural supply analysis. Habilitation Thesis, University of Bonn, Germany.
14. Heckelei, T. and W. Britz. 2000. Positive mathematical programming with multiple data points: a cross-sectional estimation procedure. Cahiers d'Econom. et Sociologie Rurales 57: 28-50.
15. Helming, J. F. M., L. Peeters and P. J. J. Veendendaal. 2001. Assessing the consequences of environmental policy scenarios in Flemish agriculture. *In* : Heckelei, T. H. P.Witzke and W. Henrichsmeyer (Eds.), Agricultural Sector Modelling and Policy Information Systems, Proceedings of the 65th EAAE Seminar, March 29-31, 2000, Kiel, Wissenschaftsverlag Vauk, 237-245.
16. Howitt, R. E. 1995. Positive mathematical programming. Amer. J. Agric. Econ. 77: 329-342.
17. Howitt, R. E. 2002. Optimization model building in economics**.** Department of Agricultural Economics**.** University of California, Davis.
18. www.agecon.ucdavis.edu/people/faculty/facultydocs/Howitt/252notes.pdf
19. Meyer, S. J., K. G. Hubbard and D. A. Wilhite. 1993. A crop- specific drought index for corn: I. Model development and validation. Agron. J. 85: 388-395.
20. Paris, Q. 2001. Symmetric Positive Equilibrium Problem: A Framework for Rationalizing Economic Behavior with Limited Information. Amer. J. Agric. Econ. 83: 1049-1061.
21. Paris, Q. and R. E. Howitt. 1998. An analysis of ill-posed problems using maximum entropy. Amer. J. Agric. Econ. 80: 124-138
22. Preckel, P. V., D. Harrington, and R. P. Dubman. 2002. Dual Positive Math Programming: Illustrated through an Evaluation of the Impacts of Market Resistance to Genetically Modified Grains. Amer. J. Agric. Econ. 84(3): 679-690.
23. Schmid, E. and F. Sinabell. 2005. Using the positive mathematical programming method to calibrate linear programming models. Discussion Paper, Nr. Institute for Sustainable Economic Development, Univ. of Natur. Resour. and Appl. Life Sci., Vienna.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-10-17]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1388.13.47.62.0]