فصلنامه مدلسازی اقتصادی (سال سیزدهم، شماره ٤ «پیاپی ٤٨» زمستان ١٣٩٨، صفحه‌های ٩٨-٦٩)

مدل بهینه اقتصادی کشت برای کاهش اثرات آلودگی‌های زیست‌محیطی در استان مازندران[1]

مجید قربانی*، ابوالفضل محمودی**، محسن شوکت‌فدایی**، محمد خالدی+

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۰۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۰

چکیده

هدف این مقاله بررسی جایگاه دانه‌های روغنی کلزا و سویا در الگوی بهینه کشت استان مازندران در دو حالت بازاری و اجتماعی می‌باشد. بدین منظور، از مدل برنامه‌ریزی خطی کالیبره برای کاهش آلودگی‌های زیست محیطی بر اساس داده‌های سال زراعی ۹۷ – ١٣٩٦ استفاده شده است. نتایج مدل بازاری نشان داد استفاده از آب و ماشین‌آلات و سرمایه برای تولید محصولات استان و دانه‌های روغنی بیش از نیاز می‌باشد و می‌توان همین مقادیر تولید را با استفاده از مقادیر کم‌تری از این نهاده‌ها به دست آورد. با توجه به محدودیت‌های موجود برای دست‌یابی به الگوی بهینه باید کشت سویا را ٤٥ درصد کاهش و کشت کلزا را ١٨ درصد افزایش داد. پیشنهاد می‌شود حمایت‌های دولت در زمینه‌هایی از قبیل ارتقای دانش فنی، بیمه، انبارداری، حمل و نقل، ایجاد بورس کالا، استانداردسازی، صادرات، بسته‌بندی و درجه‌بندی صورت گیرد.

طبقه‌بندی JEL: C51, C61, Q51.

واژگان کلیدی: مدل بهینه اقتصادی، آلودگی‌های زیست محیطی، کلزا و سویا، استان مازندران.

---

[1] این مقاله مستخرج از رساله دکتری مجید قربانی به راهنمایی دکتر ابوالفضل محمودی و دکتر محسن شوکت فدایی و مشاوره دکتر محمد خالدی در دانشگاه پیام نور مرکز تهران شرق است.

*دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (نویسنده مسئول)، پست الکترونیکی: ghorbani.tebyan@gmail.com

** دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران، پست الکترونیکی: abolfazlmahmoodi@yahoo.com, mshfadaee@gmail.com

+ استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی اقتصاد کشاورزی و توسعه روستائی، تهران، ایران، پست الکترونیکی: m_khaledi2002@yahoo.com

۱. مقدمه

کشاورزی، فعالیتی اقتصادی است که نقش بسیار مهمی در تولید ناخالص داخلی ایفا می‌کند (جهانگرد، ١٣٩٤). از سوی دیگر، فعالیت کشاورزی می‌تواند تأثیرات جانبی زیست‌محیطی به همراه داشته باشد. بسیاری از تحلیل‌های اقتصادی تنها بر افزایش رفاه اقتصادی کشاورزان تأکید می‌کنند؛ بدون اینکه به مسائل زیست‌محیطی توجهی داشته باشند (یوسف دوست و محمدرضاپور، ١٣٩٤).

از آنجا که منابع طبیعی سهم بالایی از عایدات اقتصادی ایران را تشکیل می‌دهد و از طرف دیگر، مصرف انرژی شاخص مهمی در تعیین میزان اثرگذاری زیست‌محیطی می‌باشد؛ بنابراین، بررسی اثرات زیست‌محیطی مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران از اهمیت زیادی برخوردار بوده و می‌تواند در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی تاثیرگذار باشد (امیرنژاد و بهمن پوری، ١٣٩٢).

با وجود این، مطالعات مربوط به تعادل مصرف انرژی در سیستم‌های تولید محصولات کشاورزی، حاکی از نگرانی‌های مربوط به حفاظت از سوخت‌های فسیلی و مبارزه با انتشار گازهای گلخانه‌ای[1] است (کوگا[2]، ٢٠٠٨).

به طور کلی، محققان، انرژی را به دو بخش «انرژی‌های ورودی[3]» و «انرژی‌های خروجی[4]» تقسیم کرده‌اند که انرژی‌های ورودی، خود، به دو بخش «انرژی مستقیم[5]» و «انرژی غیرمستقیم[6]» تقسیم می‌شود (تیپی، ستین و وردار[7]، ٢٠٠٩؛ کیزی لاسلن[8]، ٢٠٠٩)؛ بر این اساس، در سیستم‌های تولید گیاهان زراعی، انرژی ورودی شامل انرژی خورشیدی (اکولوژیک) و انرژی زراعی است (ازکان، آکاوز و فرت[9]، ٢٠٠٤). انرژی زراعی مستقیم شامل آماده‌سازی زمین، آبیاری، برداشت، فراوری، حمل و نقل نهاده‌ها و محصولات است و انرژی

[1] Greenhouse Gas Emissions
[2] Koga
[3] Input Energies
[4] Output Energies
[5] Direct Energy
[6] Indirect Energy
[7] Tipi, Cetin & Vardar
[8] Kizilaslan
[9] Ozkan, Akcaoz & Fert

زراعی غیرمستقیم شامل کودهای شیمیایی و آفت‌کش ها می باشد (کاردوسو، وتنیب، سوزا، چاگاس، کاوالت، مورایس و بونومی[۱]، ۲۰۱۸؛ کابرینی و کالکاترا[۲]، ۲۰۱٦؛ موتینهو، روبینا و ماسدو[۳]، ۲۰۱۸).

میزان مصرف انرژی از نظر کشاورزی پایدار، مهم و حیاتی است. کشاورزی می‌تواند ارتباط تنگاتنگی با مصرف انرژی داشته باشد و به عنوان مصرف‌کننده و تأمین‌کننده انرژی تلقی شود (میرزایی، ذاکری نیا و شهابی‌فر، ۱۳۹۲). مصرف انرژی در بخش کشاورزی بستگی به جمعیت شاغل در بخش کشاورزی، میزان زمین‌های قابل کشت و سطح مکانیزاسیون دارد (ازکان، کورکلا و آکاوز[٤]، ۲۰۰٤).

افزون بر این، تعیین مصرف انرژی در هر سطحی از تولید می‌تواند در کاهش مصرف انرژی ورودی کمک‌کننده باشد. این در حالی است که باید به اثرات منفی استفاده از انرژی نیز توجّه شود و در نتیجه، یک حد بهینه از مصرف انرژی در کشاورزی به دست آید (بنلی و کدال[۵]، ۲۰۰۳). با پیشرفت‌های اخیر در علوم رایانه‌ای و نرم‌افزارهای خاص برنامه‌ریزی ریاضی، امکان برنامه‌ریزی برای کل یک مزرعه در شرایط پیچیده‌تر عملی شده است (چیلد، ورمات، دی گروت، کواترینی و ون بوگدوم[٦]، ۲۰۱۸؛ ونگ و هانگ[۷]، ۲۰۱۸).

برنامه‌ریزی کل مزرعه می‌تواند به صورتی کارا به تطبیق کشاورزان با یک اقتصاد در حال تحوّل و شرایط تکنولوژیکی جدید کمک کند (های و اسپیلمن[۸]، ۲۰۱۹؛ کاب، شریفی، مبلی، نبوی و چاو[۹]، ۲۰۱۹). بنابراین، احتمال پیش‌بینی در مدل‌های بخش کشاورزی برای بررسی سیاست‌ها سودمند می‌باشد (زاوالا، کروگ، وارن، کرانتز، کینگ، مک‌کی و می‌یر[۱۰]، ۲۰۱۹).

یکی از رویکردهای مناسب در جهت کاهش انرژی‌های ورودی و از سوی دیگر، افزایش انرژی خروجی، بررسی و ارزیابی شاخص‌های به دست آمده از مطالعات منطقه‌ای است

---

[1] Cardoso, Watanabe, Souza, Chagas, Cavalett, Morais & Bonomi
[2] Cabrini & Calcaterra
[3] Moutinho, Robaina & Macedo
[4] Ozkan, Kurklu & Akcaoz
[5] Benli & Kodal
[6] Schild, Vermaat, de Groot, Quatrini & van Bodegom
[7] Wang & Huang
[8] Hai & Speelman
[9] Kaab, Sharifi, Mobli, Nabavi & Chau
[10] Zavala, Krug, Warren, Krantz, King, McKee & Meier

(موسوی، بوستانی و نجفی، ۱۳۸۸). اینکه چه عواملی، چگونه و به چه میزان بیش‌ترین تأثیر را در مقدار این شاخص‌ها می‌گذارند، در کنار بررسی امکان جایگزینی آنها با سایر عوامل و با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و فنی، در نهایت می‌تواند به بهینه‌سازی الگوی مصرف انرژی در تولیدات کشاورزی منجر گردد (ویتنی[1]، ۱۹۹۵). از طرف دیگر، ارزیابی مصرف انرژی می‌تواند نشان‌دهنده چگونگی کاهش انرژی ورودی به نظام‌های تولید و افزایش کارایی انرژی باشد (کلمنتس، ویز، براون، استونهوس، هیوم و اسوانتون[2]، ۲۰۰۵).

۲. مروری بر ادبیات

با افزایش عوامل تصمیم‌گیری و با تنوع محدودیت های دست‌یابی به هدف، لازم است از روش‌های کمّی برای برنامه‌ریزی و تصمیم گیری استفاده شود. یکی از این روش‌های متداول برای بهینه کردن یک هدف با توجه به محدودیت‌های مختلف، برنامه‌ریزی خطی[3] است. این برنامه‌ریزی شامل مدلی است که دارای یک تابع هدف و چند محدودیت است و بین متغیرهای آن در تابع هدف و محدودیت‌ها روابط خطی وجود دارد.

در یک مسئله برنامه‌ریزی خطی می‌توان اهداف سازمان را در قالب یک هدف عمده مانند حداکثر کردن کل سود و یا حداقل کردن کل هزینه‌ها خلاصه کرد. اما در عالم واقعیت، همواره چنین نیست. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد مدیریت شرکت‌های بزرگ، افزون بر این اهداف، توجه خود را صرف اهداف دیگری نظیر تأمین سود پایدار، افزایش سهم بازار، تنوع محصولات، تثبیت قیمت‌ها، ارتقای روحیه کارکنان، کنترل شرکت توسط افراد یک خانواده و بالابردن وجهه شرکت کرده‌اند.

در بخش کشاورزی نیز ماهیت بسیاری از مسائل برنامه ریزی، چندهدفه است و روش‌های تک هدفه نمی تواند جواب گوی خواسته های سیاست گزاران و کشاورزان باشد و روش‌هایی مورد نیاز است که بتواند به طور همزمان و با در نظر گرفتن اهداف متضاد و محدودیت های موجود، جواب بهینه را فراهم آورد (امیرنژاد و بهمن‌پوری، ۱۳۹۲).

---

[1] Witney
[2] Clements, Weise, Brown, Stonehouse, Hume, Swanton
[3] Linear Programming

مدل‌های برنامه‌ریزی چند هدفه، توانایی مدل‌سازی را از طریق پیشنهاد راه‌هایی برای در نظر گرفتن بیش از یک هدف در مدل بسط و توسعه می‌دهد و روشی سازماندهی شده را فراهم می‌آورد که از طریق آن می‌توان بیش از یک هدف را در زمان واحد مد نظر قرار داد. ایده اصلی این روش، ایجاد چندین هدف و حداقل‌سازی مجموع انحرافات اهداف مورد نظر از میزان مطلوب است (شوشتریان و ترکمانی، ۱۳۸۵).

فشردگی استفاده از منابع تولید در بخش کشاورزی منجر به تحمیل فشار بر محیط زیست شده است. این فشار عمدتاً به صورت استفاده گسترده از نهاده‌های دارای منشأ شیمیایی و استفاده بیش از حد از منابع محدود می‌باشد (هاوآری و آزایز[1]، ۲۰۰۱). این شرایط در حالی مشاهده می‌شود که میان اهداف زیست‌محیطی (یعنی، کاهش استفاده از منابع) از یک سو و اهداف بهره‌برداران (یعنی، دست‌یابی به حداکثر تولید و به کارگیری منابع بیش‌تر) تعارض وجود دارد (بصیرت، بنی‌اسدی و گوهری، ۱۳۹۲).

واکنش دو سویه رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست نسبت به همدیگر، موضوع بحث‌برانگیزی است که از دهه ۱۹۹۰ مورد توجّه قرار گرفته است. فشار بر محیط زیست به واسطه فعالیت‌های بشری نه تنها از جنبه زیست‌محیطی اهمیت دارد؛ بلکه از نظر اقتصادی نیز مهم است (تیواری و پاودی[2]، ۱۹۹۹). در ایران به دلیل وجود منابع انرژی فراوان، در استفاده از آنها برای انجام فعالیت‌های اقتصادی، اتلاف و اسراف وجود دارد که این امر منجر به افزایش آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود و از طرف دیگر، استفاده بیش از حد از منابع انرژی، خود نوعی فشار بر منابع طبیعی و محیط زیست به شمار می‌رود (هراتی، اسلاملوئیان، قمطیری و هادیان، ۱۳۹٤).

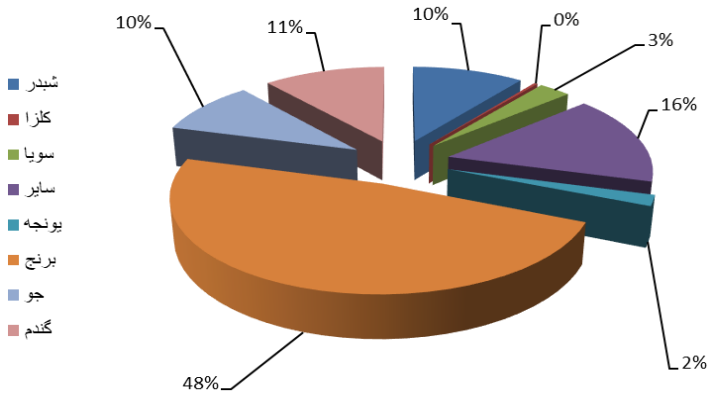
با افزایش بحران‌های زیست‌محیطی در سطح جهان، توجّه مجامع جهانی به مسأله محیط زیست افزایش یافته و مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی، به یک موضوع مهم تبدیل شده است (فریزر و کردینا[3]، ۱۹۹۹). بر همین اساس، طی چند دهه اخیر، برخی از طرفداران محیط زیست از دیدگاه «شکست بازار[4]» با تجارت آزاد و رشد اقتصادی مخالفت

[1] Haouari & Azaiez
[2] Tiwari & Paudy
[3] Fraser & Cordina
[4] Market Failure

کرده و دخالت دولت را جهت کنترل فعالیت‌های اقتصادی و کاهش آثار سوء آن بر محیط زیست ضروری دانسته‌اند. از سوی دیگر، بسیاری از صاحب‌نظران اقتصادی معتقدند که برای دست‌یابی به محیط زیست سالم‌تر و ریشه‌کن کردن فقر، رشد اقتصادی اجتناب‌ناپذیر است (مزینی و مراد حاصل، ۱۳۹۳).

بنابراین، موضوع تعارض میان رشد اقتصادی و کیفیت محیط زیست به یکی از موضوعات مورد بحث در حوزه اقتصاد محیط زیست تبدیل شده و مکانیسم‌های مختلفی برای توسعه اقتصادی همراه با حفظ محیط زیست، یا همان «توسعه پایدار[1]» معرفی شده است (بهبودی و برزگری دین آباد، ۱۳۹٤).

استان مازندران به جهت وجود ذخایر طبیعی و موقعیت خاص اقلیمی و تنوع آب و هوایی و پراکندگی مناسب در محصولات مختلف، از زمین‌های کشاورزی حاصلخیز و مرغوب برخوردار بوده و از دیرباز به عنوان یکی از پایه‌های اصلی کشاورزی و تأمین مواد غذایی در کشور مطرح می‌باشد. بیش از ۹۰۰ هزار هکتار از مساحت این استان زیر کشت برنج، پنبه، گندم، جو، دانه‌های روغنی، مرکبات و چای قرار دارد. شکل (۱) سهم محصولات مختلف زراعی استان مازندران را در سال زراعی ۹۷ – ۱۳۹٦ نشان می‌دهد[2].



شکل ۱. سهم محصولات مختلف زراعی استان مازندران

[1] Sustainable Development

[2] بر اساس اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران

طی سالیان اخیر مطالعات مختلفی در مورد توازن انرژی در نظام‌های زراعی صورت گرفته است. المراز، بای، ونگ، تروزدل، کنلی، فالونا و هولتن[1] (۲۰۱۸) الگوی بهینه کشت در منطقه شاردای هند را با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داد میزان آب موجود برای کشت گندم، نیشکر، خردل، عدس، سیب‌زمینی، نخود و برنج، بهینه بوده و بیش‌ترین بازده خالص را مطابق با کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی دارد.

چلینگاریان، سوکاریه و ولان[2] (۲۰۱۸) مدل برنامه‌ریزی خطی را برای بررسی توابع مطلوبیت شش مزرعه در روسیه به کار برده‌اند. نتایج نشان داد مطلوبیت پنهان فرآورده‌های شیری، به اندازه یک چهارم مطلوبیت کل می‌باشد.

مارتینز- گومز، پنا- لاماس، مارتین و پونس- ارتگا[3] (۲۰۱۷) الگوی کشت و تخصیص منابع آب در حوضه آب‌های زیرزمینی به منظور کاهش اثر آلودگی در شهر اوریسای هند را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان داد تا ٤٠ درصد انحراف از الگوی کشت فعلی منطقه مورد بررسی اختیاری است که حداقل کاهش آلودگی را ایجاد می‌کند.

سانتیبنز- آگویلار، گونزالس- کامپوس، پونس- ارتگا، سرنا- گونزالس و ال- هالاوگی[4] (۲۰۱٤) مزیت نسبی محصولات عمده زراعی در کاهش آلودگی هوا را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد گندم آبی و دیم، ذرت دانه‌ای، پنبه، پیاز، لوبیا سفید و لوبیا چیتی دارای مزیت نسبی بوده و عدس، لوبیا قرمز، سیب زمینی، برنج، جو آبی، جو دیم و چغندر قند مزیت نسبی ندارند.

پاریسیو و گلیلمو[5] (۲۰۱۳) مزیت نسبی برنج در کاهش آلودگی را مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها از روش‌های منفعت خالص اجتماعی[6]، هزینه منابع داخلی[7] و نسبت هزینه به منفعت اجتماعی استفاده کرده‌اند. نتایج حاصل از شاخص‌های هزینه منابع داخلی و مزیت

[1] Almaraz, Bai, Wang, Trousdell, Conley, Faloona & Houlton
[2] Chlingaryan, Sukkarieh & Whelan
[3] Martínez-Gomez, Peña-Lamas, Martín & Ponce-Ortega
[4] Santibañez-Aguilar, González-Campos, Ponce-Ortega, Serna-González & El-Halwagi
[5] Parisio & Glielmo
[6] Net Social Profit (NSP)
[6] Domestic Resources Cost (DRC)
[7] Social Cost Benefit (SCB)

نسبی آشکار نشان داد برنج در هر دو زمینه اقتصادی و کاهش آلودگی از مزیت نسبی برخوردار است.

بنی اسدی، زارع مهرجردی، بشرآبادی، خلیل آباد و استخرویه (۱۳۹۷) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی، الگوی بهینه کشت را بر اساس کاهش آلودگی زیست محیطی در بخش قاضی‌خان استان پنجاب پاکستان محاسبه کرده‌اند. نتایج نشان داد پنبه تنها محصولی است که می‌توان آن را با ۱۰ درصد هزینه محصولات کشت شده و ۷۰ درصد اثر زیست‌محیطی تولید کرد.

برقی، حسن‌نژاد و شایان (۱۳۹٦) با بهره‌مندی از رویکرد آماری مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM[1]) به ارزیابی آثار سموم شیمیایی کشاورزی بر محیط زیست روستاها پرداخته‌اند. نتایج نشان داد سموم شیمیایی باعث آلودگی‌های زیست محیطی شده است.

اصفهانی، نادری، سعدی و دوراندیش (۱۳۹٦) با استفاده از رویکرد ارزیابی چرخه حیات به ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید ذرت علوفه ای در استان خراسان جنوبی پرداخته‌اند. نتایج نشان داد بیش‌ترین بار محیطی در کشت ذرت علوفه ای مربوط به شاخص مواد آلی غیرتنفسی است.

مزینی، عصاری، افشاریان و رسولی (۱۳۹٤) به بازتعریف رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران پرداخته‌اند. نتایج تحقیق آنها حکایت از تأثیر مثبت رشد مصرف انرژی بر رشد ارزش افزوده بخش صنعت و حمل و نقل دارد. اما میزان اثرگذاری مثبت مصرف انرژی با حرکت از فاز رکود اقتصادی به فاز رونق اقتصادی افزایش می‌یابد.

ترابی، خواجوی پور، طریقی و پاکروان (۱۳۹٤) تأثیر مصرف انرژی، رشد اقتصادی و تجارت خارجی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد مصرف سرانه انرژی، تولید ناخالص داخلی سرانه واقعی و درجه باز بودن اقتصاد تأثیری مثبت و معنادار بر میزان انتشار سرانه گاز دی‌اکسیدکربن دارد.

امامی میبدی، خرسندی و مرشدی (۱۳۹٤) به بررسی عوامل مؤثر بر تخریب محیط زیست با استفاده از شاخص آلودگی آب پرداخته‌اند. نتایج نشان داد در بلندمدت، رشد اقتصادی و فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی بر انتشار آلودگی آب تأثیر مستقیم دارند.

---

[1] Structural Equation Modeling

مجدزاده طباطبایی و استادزاد (۱۳۹٤) سیاست‌های کنترل آلودگی را با استفاده از تحلیل ایستای مقایسه‌ای بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داد دولت قادر است با اتخاذ سیاست‌های مناسب عملکرد کارگزاران اقتصادی را به سمت انتخاب یک راه حل بهینه در تخصیص منابع، به منظور رسیدن به یک رشد اقتصادی پایدار تعدیل نماید.

با توجه به این که تا کنون هیچ مطالعه‌ای در زمینه تأثیر کشت دانه‌های روغنی بر کاهش آلودگی های زیست محیطی در ایران انجام نشده است؛ این پژوهش می‌تواند برای سازمان‌ها جهت توسعه کشت و تولید دانه‌های روغنی به منظور کاهش آلودگی‌های زیست محیطی سودمند باشد.

۳. روش پژوهش

مستندسازی فرایند تولید در کشاورزی شامل تهیه تمامی اطلاعات و فعالیت‌هایی است که سیر تولید یک محصول را از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت نشان می‌دهد (سیاسر و هنر، ۱۳۹٦). به این منظور در این پژوهش عملیات‌های مدیریتی انجام شده از مرحله تهیه بستر بذر تا برداشت در مزارع مورد مطالعه در استان مازندران از طریق مطالعات میدانی برای سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦ ثبت شده است.

برای انجام این تحقیق ابتدا با استفاده از روش نمونه‌گیری معین، مزارع، شناسایی و انتخاب شدند. نحوه شناسایی مزارع به شکلی بود که تمامی روش‌های عمده تولید را در منطقه مورد نظر پوشش دهد. سپس، خصوصیات مزارع و اطلاعات تکمیلی مربوط به آن‌ها ارایه شد.

در ادامه، ابتدا میزان متوسط نهاده‌های مصرفی برای تولید یک هکتار از هر کدام از پنج محصول مورد بررسی (سویا بهاره آبی، کلزا، برنج، گندم دیم و جو دیم) در استان مازندران محاسبه و به صورت جداولی جداگانه ارائه می‌شود. سپس با استفاده از برنامه‌ریزی خطی، الگوی کشت بهینه منطقه بررسی می‌شود. در مرحله بعدی، قیمت‌های سایه‌ای نهاده‌های مورد استفاده برای تولید محصولات یاد شده در منطقه محاسبه می‌شود و در مرحله پایانی با اعمال محدودیت‌های مؤثّر بر حداکثرسازی سود در منطقه، الگوی بهینه کشت مجدداً بررسی شده و با حالت قبل مقایسه می‌شود.

بر اساس مطالعه شعبانی روچی و مسنن مظفری (۱۳۸۹)، به طور کلی کشاورزان به چهار طریق اقدام به کشت می‌کنند؛ یکی از آنها حالتی است که در آن کشاورز از آیش استفاده نمی‌کند و بنابراین، محدودیت‌های آیش وارد مدل نمی‌شوند. با توجه به اینکه در استان مازندران آیش متداول نیست؛ لذا در این پژوهش، آیش لحاظ نشده است. استان‌هایی که از آیش برای اراضی خود استفاده می‌کنند، لازم است برای طراحی مدل، محدودیت‌های آیش را مدنظر قرار دهند.

۳-۱. نهاده‌های مورد نیاز برای تولید یک هکتار از محصولات مورد بررسی

برای ارزیابی الگوی بهینه کشت به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی، ابتدا لازم است که متوسط نهاده‌های مورد نیاز برای تولید هر کدام از محصولات مورد بررسی در واحد سطح، شناسایی و مشخص شوند. برای این منظور به دلیل مقایسه بهینه سطوح زیر کشت حاصل از برنامه‌ریزی خطی با شرایط فعلی، سطح زیر کشت محصولات سویا، کلزا، گندم، جو و برنج که در مطالعه حاضر مورد بررسی قرار گرفته‌اند، در جدول (۱) برای سال زراعی ۹۷- ۱۳۹٦ ارائه می‌شود.

جدول ۱. سطح زیر کشت محصولات مورد مطالعه در استان مازندران در سال زراعی ۹۷-۱۳۹٦

نام محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	رتبه در منطقه
سویا بهاره آبی	۷۰۰۰	٥
کلزا	۷۹۹۲	٤
برنج	٤۱۳۹٤	۱
گندم دیم	۱۳٤۰۰	۲
جو دیم	۱۰۰۰۰	۳

منبع: اداره آمار سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران

۳-۲. تصریح مدل برنامه‌ریزی

در این بخش، نخست بر اساس داده‌های تحقیق، مدل برنامه‌ریزی خطی با به کارگیری

بسته‌های نرم‌افزاری لیندو[1] و وین‌کیو اس‌پی[2] برآورد می‌شود. برای این منظور، ابتدا با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی کالیبره، مقادیر سمت راست برنامه با توجّه به سطوح زیر کشت محصولات مورد بررسی، مشخص می‌شود.

۳-۲-۱. مدل کالیبره برای الگوی برنامه‌ریزی خطی (شناسایی مقادیر سمت راست)

Max Z= ۲۶۲۷۷۰۷/۶۸X_1 + ۳۰۹۲۵۸۲X_2 + ۹۸۳۷۲۲٤X_3 + ۲۵۰۹۵۳۵X_4 + ٦٨٠٤٠٢X_5+ AX_6+ BX_7+ CX_8+ DX_9+ EX_{10}+ FX_{11}+ GX_{12}+ HX_{13}+ IX_{14}+ JX_{15}+ KX_{16}+ LX_{17}+ MX_{18}

Subject to:

۱) ۱/٦۱ X_1 + ۱/۸۵ X_2 + ۱/۲۵ X_3 + ۱/٦۸ X_4 + ۱/۷۱ X_5-A <=0

۲) ٤۰۰۰ X_1 + ۸۰۰۰ X_3 –B <=0

۳) ۱۰/۹۷ X_1 + ۸/۳۸ X_2 + ۱۱/۹۲ X_3 + ۹/۰۵ X_4 + ۷/٦۹ X_5-C <=0

٤) ۱/۹ X_1 + ۱/٤۱ X_2 + ۳٤/۲٦ X_3 + ۰/۰۳۷ X_4-D <=0

۵) ۸/۱۵ X_1 + ۲۳/۰۵ X_3-E <=0

٦) ۳/۳۲ X_2 + ۳/۲۵ X_4 + ٤/۲٤ X_5-F <=0

۷) ۱/٤۱ X_2 + ۰/۰۲۳ X_4-G <=0

۸) ۱۲٤ X_1 + ۲۰۸/۰۵ X_2 + ۱۵۰/٦٤ X_3 + ۲۱۸/۵۷ X_4 + ۱۲٤/۷۲ X_5-H <=0

۹) ۱۲٦/۸۱ X_1 + ۱۲۳/۷۸ X_2 + ۱۲۲/۹٤ X_3 + ۱۲۹/۱۷ X_4 + ٦٦/۹٤ X_5-I <=0

۱۰) ۲٤/۳۱ X_1 + ۳۳/۰۵ X_2 + ٤۱/۲۳ X_3 + ۲۱/٦٤ X_4 + ۳/۳۳ X_5-J <=0

۱۱) ۱/۱۹ X_1 + ۱/۱۵ X_2 + ۲/۳۸ X_3 + ۱/۱۹ X_4 + ۰/۵۸ X_5-K <=0

۱۲) ۰/٤ X_1 + ۰/۰۷ X_2 + ۰/۸۹ X_3 + ۰/۳٦ X_4 + ۰/۰٦٦ X_5-L <=0

۱۳) ۰/۵۸ X_1 + ۰/۲۳ X_2 + ۱۸/۸ X_3-M <=0

۱٤) ۸٦۰۸۲۹۲/۳۲X_1 + ٦۷٤۲٦۹۰X_2 + ۲۷۵٦۲۷۷۵/۵X_3 + ۷۱۹۵۱۸۳/٤X_4+ ۵۵۷۵۳٤۸ X_5 – N<=0

۱۵) X_1= ۷۰۰۰ , X_2= ۷۹۹۲ , X_3= ٤۱۳۹٤ , X_4= ۱۳٤۰۰ , X_5=۱۰۰۰۰

End

در این الگو:

X_1 سطح زیر کشت سویا بهاره (هکتار)، X_2 سطح زیر کشت کلزا (هکتار)، X_3 سطح زیر کشت برنج (هکتار)، X_4 سطح زیر کشت گندم (هکتار)، X_5 سطح زیر کشت جو (هکتار)، A مقدار زمین در دسترس برای کشت محصولات مورد بررسی (هکتار)، B مقدار آب در دسترس

[1] Lindo
[2] WinQsp

(متر مکعب)، C مقدار ماشین‌آلات در دسترس (بر حسب ساعت)، D مقدار کل نیروی کار در دسترس در فصل بهار (نفر/روز)، E مقدار کل نیروی کار در دسترس در فصل تابستان (نفر/روز)، F مقدار کل نیروی کار در دسترس در فصل پاییز (نفر/روز)، G مقدار کل نیروی کار در دسترس در فصل زمستان (نفر/روز)، H مقدار کل کود ازت (بر حسب کیلوگرم)، I مقدار کل کود فسفات (بر حسب کیلوگرم)، J مقدار کل کود پتاس (بر حسب کیلوگرم)، K مقدار کل علف‌کش برای کشت پنج محصول (لیتر)، L مقدار کل قارچ‌کش برای کشت پنج محصول (لیتر)، M مقدار کل حشره‌کش برای کشت پنج محصول (لیتر) و N مقدار کل سرمایه در دسترس برای کشت محصولات مورد بررسی است.

- مقادیر سمت راست

با استفاده از برنامه طراحی شده در حالت قبل و با توجّه به سطوح زیر کشت محصولات سویا، کلزا، برنج، گندم و جو، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی کالیبره، مقادیر سمت راست محدودیت‌های مورد نظر محاسبه شده است. این مقادیر در جدول (٢) عرضه شده است.

جدول ٢. مقادیر سمت راست

شماره محدودیت	متغیر	توضیح متغیر	مقدار محاسباتی
١	A	زمین	١١٧٤٠٩
٢	B	آب	٣٥٩١٥٢٠٠٠
٣	C	ماشین‌آلات	٨٩٥٣٤٩
٤	D	نیروی کار در فصل بهار	١٤٤٣٢٢٢
٥	E	نیروی کار در فصل تابستان	١٠١١١٨١
٦	F	نیروی کار در فصل پاییز	١١٢٤٨٣
٧	G	نیروی کار در فصل زمستان	١٤٣٥٠
٨	H	کود ازت	١٢٩٤٢٣٦٦
٩	I	کود فسفات	٩٣٦٦١٧٦
١٠	J	کود پتاس	٢٤٦٤٢٥٦
١١	K	علف‌کش	١٣٧٧٨٤

شماره محدودیت	متغیر	توضیح متغیر	مقدار محاسباتی
۱۲	L	قارچ‌کش	٤٥٦٨٤
۱۳	M	حشره‌کش	٧٨٤١٠٥
١٤	N	سرمایه	١٤٥٥٢١٤٤٢٨١٦٠

منبع: یافته‌های پژوهش

با توجه به مدل برنامه‌ریزی یاد شده، مقادیر به دست آمده برای سمت راست محدودیت‌ها بر اساس فعالیت‌ها، می‌باشد؛ زیرا برای در نظر گرفتن کل ظرفیت نهاده‌های موجود در استان، لازم است تمامی محصولات تولید شده به عنوان فعالیت وارد برنامه شوند؛ اما از آنجا که در این مطالعه و بر اساس اطلاعات به دست آمده از پرسش‌نامه‌ها، پنج محصول مورد بررسی قرار می‌گیرند؛ لذا مقادیر سمت راست بر اساس این محصولات محاسبه شده است.

۳-۳. تخمین مدل اصلی برنامه‌ریزی

در مرحله دوم، با استفاده از اطلاعات حاصل از تکمیل پرسش‌نامه‌ها و همچنین، مقادیر محاسبه شده برای سمت راست محدودیت‌ها که در جدول (۲) ارائه شده است، مدل اصلی برنامه‌ریزی برآورد می‌شود.

۳-۳-۱. معرفی مدل برنامه‌ریزی

در مدل برنامه‌ریزی، هدف، حداکثر کردن مجموع سود به دست آمده از هر هکتار از محصولات مورد بررسی است.

$$\text{Max } Z= ٢٦٢٧٧٠٧/٦٨\ X_1 + ٣٠٩٢٥٨٢\ X_2 + ٩٨٣٧٢٢٤\ X_3 + ٢٥٠٩٥٣٥X_4 + ٦٨٠٤٠٢\ X_5 - ١٠٠٠X_6 - ١٨٠٠X_7 - ٢٠٠٠X_8 - ١٠٠٢٤٧X_9 - ١٨٣٥٥٠X_{10} - ١٠٥٥٠X_{11}$$

Subject to:

١) $١/٦١\ X_1 + ١/٨٥\ X_2 + ١/٢٥\ X_3 + ١/٦٨\ X_4 + ١/٧١\ X_5 <= ١١٧٤٠٩$

٢) $٤٠٠٠\ X_1 + ٨٠٠٠\ X_3 <= ٣٥٩١٥٢٠٠٠$

٣) $١٠/٩٧\ X_1 + ٨/٣٨\ X_2 + ١١/٩٢\ X_3 + ٩/٠٥\ X_4 + ٧/٦٩\ X_5 <= ٨٩٥٣٤٩$

٤) $١/٩\ X_1 + ١/٤١\ X_2 + ٣٤/٢٦\ X_3 + ٠/٠٣٧\ X_4 <= ١٤٤٣٢٢٢$

٥) $٨/١٥\ X_1 + ٢٣/٠٥\ X_3 <= ١٠١١١٨١$

٦) $٣/٣٢\ X_2 + ٣/٢٥\ X_4 + ٤/٢٤\ X_5 <= ١١٢٤٨٣$

۷) ۱/٤۱ X_2 + ۰/۰۲۳ X_4<= ۱٤۳۵۰

۸) ۸٦۰۸۲۹۲/۳۲ X_1 + ٦۷٤۲٦۹۰ X_2 + ۲۷۵٦۲۷۷۵/۵ X_3 + ۷۱۹۵۱۸۳/٤ X_4+ ۵۵۷۵۳٤۸ X_5<= ۱٤۵۵۲۱٤٤۲۸۱٦۰

۹) ۱۲٤ X_1 + ۲۰۸/۰۵ X_2 + ۱۵۰/٦٤ X_3 + ۲۱۸/۵۷ X_4 + ۱۲٤/۷۲ X_5 – X_6<= ۱۲۹٤۲۳٦٦

۱۰) ۱۲٦/۸۱ X_1 + ۱۲۳/۷۸ X_2 + ۱۲۲/۹٤ X_3 + ۱۲۹/۱۷ X_4 + ٦٦/۹٤ X_5 – X_7<= ۹۳٦٦۱۷٦

۱۱) ۲٤/۳۱ X_1 + ۳۳/۰۵ X_2 + ٤۱/۲۳ X_3 + ۲۱/٦٤ X_4 + ۳/۳۳ X_5 – X_8<= ۲٤٦٤۲۵٦

۱۲) ۱/۱۹ X_1 + ۱/۱۵ X_2 + ۲/۳۸ X_3 + ۱/۱۹ X_4 + ۰/۵۸ X_5 – X_9<= ۱۳۷۷۸٤

۱۳) ۰/٤ X_1 + ۰/۰۷ X_2 + ۰/۸۹ X_3 + ۰/۳٦ X_4 + ۰/۰٦٦ X_5 – X_{10}<= ٤۵٦۸٤

۱٤) ۰/۵۸ X_1 + ۰/۲۳ X_2 + ۱۸/۸ X_3- X_{11}<= ۷۸٤۱۰۵

۱۵) X_3>= ۱۸۰۰ , X_4>= ۲۰۰ , X_5>= ۲۰۰

End

در این الگو:

X_1 سطح زیر کشت سویا بهاره (هکتار)، X_2 سطح زیر کشت کلزا (هکتار)، X_3 سطح زیر کشت برنج (هکتار)، X_4 سطح زیر کشت گندم (هکتار)، X_5 سطح زیر کشت جو (هکتار)، X_6 فعالیت خرید کود ازت، X_7 فعالیت خرید کود فسفات، X_8 فعالیت خرید کود پتاس، X_9 فعالیت خرید علف‌کش، X_{10} فعالیت خرید قارچ‌کش و X_{11} فعالیت خرید حشره‌کش می‌باشد.

٤. یافته‌های پژوهش

٤-۱. نتایج تخمین مدل برنامه‌ریزی اولیه (بر اساس قیمت‌های بازاری)

نتایج حاصل از بررسی الگوی بهینه کشت منطقه به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در جدول (۳) ارائه شده است. طبق نتایج، الگوی بهینه منطقه به صورت برنج، گندم، کلزا، سویا و جو به دست آمده است.

با توجّه به محدودیت‌های مورد نظر در این پژوهش، با مقایسه مقدار سطح زیر کشت فعلی سویا و کلزا در استان مازندران بر اساس جدول (۱) با مقدار بهینه کشت این دو محصول بر اساس جدول (۳) این نتیجه حاصل می شود که برای دست‌یابی به الگوی بهینه کشت باید سطح زیر کشت سویا را ٤۵ درصد کاهش و سطح زیر کشت کلزا را ۱۸ درصد افزایش داد. همچنین بررسی سطح زیر کشت سایر محصولات مورد بررسی نشان می‌دهد تنها سطح زیر

کشت فعلی برنج در حالت بهینه می‌باشد و کاشت این محصول با توجّه به محدودیت‌های موجود، در سطح ٤٠ هزار هکتار کاملاً بهینه می‌باشد. اما برای محصول گندم، با ٤٤ درصد افزایش سطح زیر کشت و برای محصول جو با ۹۸ درصد کاهش سطح زیر کشت می‌توان به کشت بهینه این محصولات دست یافت. از آنجا که در مدل برنامه‌ریزی مورد نظر، هدف، حداکثر کردن سود حاصل از یک هکتار از محصولات مورد بررسی می‌باشد؛ بنابراین، کم‌ترین و بیش‌ترین سطح سود حاصل از یک هکتار از این محصولات – که نشان می‌دهد در این بازه سطح زیر کشت معرفی‌شده به عنوان سطح بهینه تغییر نخواهد کرد– نیز در جدول (۳) گزارش شده است.

جدول ۳. نتایج مدل برنامه‌ریزی خطی برای الگوی بهینه کشت بر اساس قیمت‌های بازاری

متغیر تصمیم	مقدار بهینه	هزینه واحد یا سود	سهم کل	Allowable Min. c(j)*	Allowable Max. c(j)**
سویا	۳۸٤۹/۳٦	۲٦۲۷۷۰۷/۷	۱۰۱۱۵۰۱۰۵٦۰	۱۰۸٦۷۷۵/٦۲	۲۷۵۵۱٤۵
کلزا	۹۷۷۹/۹٦	۳۰۹۲۵۸۲	۳۰۲٤۵۳٤۵۲۸۰	۲۹۳۲۲۵۹	۱۱٤٤۵۵۹۰٦
برنج	٤۱٤۸۳/۲۸	۹۸۳۷۲۲٤	٤۰۸۰۸۰۳۱۸٤٦٤	۷۵۲۳٤۰۲	۱٤۱٦۵۸۳۹
گندم	۲٤۳۵۸/٦۱	۲۵۰۹۵۳۵	٦۱۱۲۹۷۰٦٤۰۰	۲۳۷۳۱۱۲	۲٦٦٦٤۷۷/۷
جو	۲۰۰	٦۸۰٤۰۲	۱۳٦۰۸۰٤۰۰	۱٦۱۲٦۰۲	۲۲۱۳٤۰۸
کود ازت	۱۱٦۷۷۲٦/٦	-۱۰۰۰	-۱۱٦۷۷۲٦۵۹۲	-۲٤۹۳/۹۸	۰
کودفسفات	۵۹۲۲۷۲	-۱۸۰۰	-۱۰٦٦۰۸۹٦۰۰	-۱٤٦٤۱/۹٦	۰
کودپتاس	۱۹۰٦۹۲/۱۸	-۲۰۰۰	-۳۸۱۳۸٤۳۸٤	۲۱۸۰٤/۳۱	۰
علف‌کش	۵۹٦٦/٦۸	-۱۰۰۲٤۷	-۵۸۹۱۱۹۸۰۸	-۱۵۵٦٦۹۱/۷	۰
قارچ‌کش	۲۲٤۲/۷٦	-۱۸۳۵۵۰	-٤۱۱٦٦۰۱۲۸	-٤۵۷۸۱۵۰/۵	۰
حشره‌کش	۲٦۲/۷	-۱۰۵۵۰	-۲۷۷۱٤۹٤/۵	-۲۹۲۵۳۱/۹٦	۰
حداکثر تابع هدف			۵۰٦۰۸٦۸۱۷۷۹۲		
محدودیت	**سمت راست**	**کمبود یا مازاد**	**قیمت سایه‌ای**	**Allowable Min.RHS**	**Allowable Max.RHS**
زمین	۱۱۷٤۰۹	۰	۱۰۰۰۱٦۵/۵	۱۱۱٤۷۸/۳٦	۱۱۸۲۸۳/۸۹
آب	۳۵۹۱۵۲۰۰۰	۱۱۹۷۸۲۷۵	۰	۳٤۷۸٦۳۷۱۲	۳۹۱۲۸٦٤۵۱

متغیر تصمیم	مقدار بهینه	هزینه واحد یا سود	سهم کل	Allowable Min. c(j)*	Allowable Max. c(j)**
ماشین‌آلات	۸۹۵۳٤۹	٥٤۷۰۱/۰۸	۰	۸٤۰٦٤۷/۹۳	۹٤۰۱۲۸/۲۳
کارگر (۱)	۱٤٤۳۲۲۲	۰	۲۱۹۸٥۸/۰۹	۱٤٤۲۷٥۲/٦۲	۱٤۸۹٥۲۸
کارگر(۲)	۱۰۱۱۱۸۱	۲۳٦۱۹/۰۳	۰	۹۹٦٥٦۱/۹۳	۱۰۳٦۷٤۹/٥٤
کارگر(۳)	۱۱۲٤۸۳	۰	٤۲٦۹٦/٦۳	۱۱۰۷٤۷/٦۷	۱۲۳۹۷٤/٦۸
کارگر(٤)	۱٤۳٥۰	۰	۱۱٥٦۳۱/۱٤	۷۹۰/۰۳	۱٥۰۸۱/٦۲
سرمایه	۱٤٥٥۲۱٤٤۲۸۱٦۰	۳٦۳٦۰٤٥٤۱٤٤	۰	۱٤۱۹۷٥٤۰۰٦۷۸٤	۱٥۰۸۹۲٤۷۱۳۲٦۷
کود ازت	۱۲۹٤۲۳٦٦	۰	۱۰۰۰	۱۳٥٦۲۱٥٤	۱٤۱۱۰۰۹۳
کود فسفات	۹۳٦٦۱۷٦	۰	۱۸۰۰	۹۱۲٥٤۷۸	۹۹٥۸٤٤۸
کود پتاس	۲٤٦٤۲٥٦	۰	۲۰۰۰	۲٥٦۳٦۹۷/٤	۲٦٥٤۹٤۸/۲
علف‌کش	۱۳۷۷۸٤	۰	۱۰۰۲٤۷	۱۳۷۸۹٤/٤۷	۱٤۳٦٦۰/٦۸
قارچ‌کش	٤٥٦۸٤	۰	۱۸۳٥٥۰	٤۱٥۱٦/۱٤	٤۷۹۲٦/۷٦
حشره‌کش	۷۸٤۱۰٥	۰	۱۰٥٥۰	۷۷۲٤۸۹/۳٦	۷۸٤۳٦۷/٦۸
خودکفایی (برنج)	۱۸۰۰	۳۹٦۸۳/۲۸	۰	٤۰۱٥۷/۷۸	٤۱٤۸۳/۲۸
خودکفایی (گندم)	۲۰۰	۲٤۱٥۸/٦۱	۰	۱۸٤۷٥/۲۹	۲٤۳٥۸/٦۱
خودکفایی (جو)	۲۰۰	۰	-۱٥۳۳۰۰٦/۱۲	۲۱۱٥/۱۹	۲۲٤٥/۷٦

منبع: یافته‌های پژوهش؛ * کم‌ترین سطح سود حاصل از یک هکتار از محصولات؛ ** بیش‌ترین سطح سود حاصل از یک هکتار از محصولات

بررسی قیمت‌های سایه‌ای مدل ارائه شده نشان می‌دهد که زمین و نیروی کار در فصول بهار، پاییز و زمستان از عوامل محدودکننده در کشت منطقه به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌باشند. بررسی خودکفایی محصولات برنج، گندم و جو نیز نشان می‌دهد که تنها تولید ۲۰۰ کیلوگرم جو برای کاشت هر هکتار از این محصول برای منطقه مورد بررسی هزینه زیادی را در بر خواهد داشت و با تحمیل کاشت این مقدار از محصول جو، به ازای هر واحد تولید، ۱۵۳۳۰۰٦/۱۲- ریال برای الگوی منطقه هزینه در بر خواهد داشت.

٤-۲. اثر کاهش و افزایش هزینه‌ها بر الگوی کشت به منظور کاهش آلودگی‌های زیست محیطی

در این قسمت با کاهش و افزایش هزینه‌های بازاری در تولید دانه‌های روغنی سویا و کلزا، تأثیر آن بر الگوی بهینه کشت مورد بررسی قرار می‌گیرد. اثر کاهش و افزایش هزینه بر سودآوری بازاری این محصولات در هر هکتار در جدول (٤) ارائه شده است.

جدول ٤. سود محصولات سویا و کلزا در اثر کاهش یا افزایش هزینه‌ها

محصول	سود حاصل از کاهش در هزینه‌ها			سود حاصل از افزایش در هزینه‌ها		
درصد تغییرات	۳	۵	۸	۳	۵	۸
کلزا	۳۲۹٤۹٦۱	۳٤۲۹۷۳۰	۳٦۳۲۰۱۹	۲۸۹۰۲۹۳	۲۷٥٥٤۳٤	۲٥٥۳۱٤٥
سویا	۲۹۷٥۹٥٦	۳۰٥۸۱۲۲	۳۳۱٦۳۷۱	۲۳٦۹٤٥۸	۲۱۹۷۲۹۳	۱۹۳۹۰٤٤

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از برآورد مدل برنامه‌ریزی خطی با اعمال ۳ درصد کاهش در هزینه تولید محصولات سویا و کلزا نشان می‌دهد که این محصولات با این میزان کاهش وارد برنامه شده و دارای سطح زیر کشت بالایی می‌باشند. اما بررسی بازه تغییرات حاصل شده از برآورد برنامه نشان می‌دهد که با کاهش هزینه تولید محصولات سویا و کلزا تا سطح ۱۰ درصد، میزان سطح زیر کشت دانه‌های روغنی تغییر نکرده و با همان مقادیر ۳ درصد کاهش، برابر خواهد بود. کم‌ترین و بیش‌ترین مقادیر قابل اخذ برای سود بازاری محصولات سویا و کلزا که سطح زیر کشت آنها را در برنامه تغییر نمی‌دهد در جدول (۵) بیان شده است.

جدول ۵. کم‌ترین و بیش‌ترین مقادیر سود بازاری در صورت کاهش هزینه‌ها به میزان ۳ درصد

نام محصول	کم‌ترین مقدار سود	بیش‌ترین مقدار سود	سطح زیرکشت
سویا	۲۷٦٥۰۸۹	۳۷۸٥۸٦۲	۳۱۹٥/۰۸
کلزا	۲٥۱۱٦۷٥	۲٦۳۷۸٤۲	۱۰۱۷٤/۰٤

منبع: یافته‌های پژوهش

همچنین، مطابق جدول (٦) با افزایش هزینه‌های تولید به میزان ۳ درصد، محصول کلزا وارد برنامه می‌شود؛ اما ورود سویا به برنامه توجیه اقتصادی ندارد.

جدول ٦. کم‌ترین و بیش‌ترین مقادیر سود بازاری در صورت افزایش هزینه‌ها به میزان ۳ درصد

نام محصول	کمترین مقدار سود	بیشترین مقدار سود	سطح زیرکشت
سویا	٢٦٥٤٩٦١	٢٧٦٥٠٨٩	٠
کلزا	٢٤٠٦٤٨٣	٢٤٧٨٩٥١	١٠١٧٤/٠٤

منبع: یافته‌های پژوهش

٤-۳. تحلیل حساسیت ارزش‌گذاری نرخ ارز و تأثیر آن بر الگوی بهینه کشت

در این مقاله برای بررسی الگوی بهینه کشت به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، از نرخ ارز واقعی که معادل ١٦٤٢٨٥ ریال محاسبه گردیده، استفاده می‌شود؛ از آنجا که تابع هدف در سناریوی الگوی بهینه کشت با اعمال قیمت‌های سایه‌ای، حداکثر کردن سودهای اجتماعی محصولات می‌باشد؛ بنابراین، تغییر در این الگوی کشت منوط به تغییر سود اجتماعی هر محصول در خارج از بازه ارائه شده در الگوی برآورد شده با نرخ ارز ١٦٤٢٨٥ ریالی است. مقادیر کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار سود هر کدام از محصولات مورد نظر در مطالعه حاضر- که سبب می‌شوند تا زمانی که سود محاسبه شده در این بازه باشد، الگوی منطقه تغییر نکند- در جدول (۷) عرضه شده است.

جدول ۷. مقادیر سودهای اجتماعی در صورت عدم تغییر الگو

نام محصول	سطح کشت بهینه	کم‌ترین مقدار	بیش‌ترین مقدار
سویا	٠	١٤٢٨٦٢١	١٥١٦٣٢٧
کلزا	٠	٢٠٤١٩٨٧	٢١٣٢١١٨
برنج	٤٢٠٩٧/١٩	٢٣٣٥٤٩٣/٥	٣٠٨٩٦٧١٥٢
گندم	٣٤٦١٠/١٥	١٧٩٣٧٨٢/٧٥	١٩٠٢٥٦٣/٤١

منبع: یافته‌های پژوهش

از آنجا که نرخ ارز محاسبه شده می‌تواند بر سود اجتماعی تأثیر زیادی داشته باشد و ممکن است در نرخ ارزهای مختلف، سودهای اجتماعی محصولات از بازه معرفی شده در جدول (۷) خارج شوند و الگوی کشت منطقه را تغییر دهند؛ بنابراین، شاخص‌های مزیت نسبی و همچنین، سود اجتماعی آنها برای نرخ ارز ۱۵۰۰۰۰ ریال محاسبه شده و نتایج محاسبه شاخص‌های مزیت نسبی در جدول (۸) ارائه شده است.

جدول ۸. انواع شاخص‌های مزیت‌نسبی تولید برای پنج محصول استان مازندران

نرخ ارز	نام محصول	DRC	SCB	NPIC	NPC	EPC	NSP (میلیون ریال)
۱۵۰۰۰۰ ریال	سویا بهاره	۱/۰۷	۱/۰٤	۰/٤۷	۰/٦٥	-۰/۷۷	-۷۷۰۱۲۹/٤
	برنج	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/٤۲	۰/۹۷	۰/۸۹	۸۹۵۸٦۷/۷٤
	کلزا	۰/۹٦	۰/۹۸	۰/٤۲	۰/۸۲	۰/۱۹	۱۹٤۷۱۳/۹٦
	گندم	۰/۸	۰/۹	۰/٤٦	۰/۷۲	۱/۲٤	۱۲٤۲٥۹۷
	جو	۱/۹٦	۱/۳	۰/۳٤	۰/۷۳	-۲/٥٦	-۲٥٦۹۷۲۹/۸٦
۱٦٤۲۸٥ریال	سویا بهاره	۰/۹٥	۰/۹۷	۰/٤٦	۰/٦	۰/٦۹	٥۱۰۲۹٦/٦
	برنج	۰/۸٤	۰/۹۲	۰/٤۱	۰/۷٥	۱/۱	٤۲۳٦۰٤٤/۲۱
	کلزا	۰/۹٦	۰/۹	۰/٤	۰/۸	۰/۹٥	۱۰۰۱۰٦۱/۷٦
	گندم	۰/۹٦	۰/۸٥	۰/٤٤	۰/٦٦	۰/۹۷	۲۱۲۲۷۹۷
	جو	۱/٦۲	۱/۲۱	۰/۳٤	۰/٦۸	۱/۳۱	-۲۰۱۱۲٤٤/۹۸

منبع: یافته‌های پژوهش

٤-۳-۱. بررسی الگوی بهینه کشت در نرخ ارز معادل ۱۵۰۰۰۰ ریال

برای برآورد مدل برنامه‌ریزی در این حالت، از ضرایب فنی، متغیرها و محدودیت‌های استفاده شده در حالتی با ارزش نرخ ارز ۱٦٤۲۸ ریال استفاده می‌شود.

- تصریح مدل برنامه‌ریزی در نرخ ارز ۱۵۰۰۰۰ ریالی

$$\text{Max } Z = -۷۷۰۱۲۹/۳۷\ X_1 + ۱۹٤۷۱۳/۹٦X_2 + ۸۹۵۸٦۷/۷٤\ X_3 + ۱۲٤۲٥۹۷\ X_4 - ۲٥٦۹۷۲۹/۷٥X_5 - ۳۹۳۳\ X_6 - ۳٥٦۲/٥\ X_7 - ٤۲٤٥\ X_8 - ۱۳٤۰۰۰\ X_9 - ۱۹۸۰۰۰\ X_{10} - ۲۳۰۰۰\ X_{11}$$

Subject to:

۱) $۱/٦۱\ X_1 + ۱/۸٥\ X_2 + ۱/۲٥\ X_3 + ۱/٦۸\ X_4 + ۱/۷۱\ X_5 <= ۱۱۷٤۰۹$

۲) ٤۰۰۰ X_1 + ۸۰۰۰ X_3<= ۳٥۹۱٥۲۰۰۰

۳) ۱۰/۹۷ X_1 + ۸/۳۸ X_2 + ۱۱/۹۲ X_3 + ۹/۰٥ X_4 + ۷/٦۹ X_5<= ۸۹٥۳٤۹

٤) ۱/۹ X_1 + ۱/٤۱ X_2 + ۳٤/۲٦ X_3 + ۰/۰۳۷ X_4<= ۱٤٤۳۲۲۲

٥) ۸/۱٥ X_1 + ۲۳/۰٥ X_3<= ۱۰۱۱۱۸۱

٦) ۳/۳۲ X_2 + ۳/۲٥ X_4 + ٤/۲٤ X_5<= ۱۱۲٤۸۳

۷) ۱/٤۱ X_2 + ۰/۰۲۳ X_4<= ۱٤۳٥۰

۸) ۸٦۰۸۲۹۲/۳۲ X_1 + ٦۷٤۲٦۹۰ X_2 + ۲۷٥٦۲۷۷٥/٥ X_3 + ۷۱۹٥۱۸۳/٤ X_4+ ٥٥۷٥۳٤۸ X_5<= ۱٤٥٥۲۱٤٤۲۸۱٦۰

۹) ۱۲٤ X_1 + ۲۰۸/۰٥ X_2 + ۱٥۰/٦٤ X_3 + ۲۱۸/٥۷ X_4 + ۱۲٤/۷۲ X_5 – X_6<= ۱۲۹٤۲۳٦٦

۱۰) ۱۲٦/۸۱ X_1 + ۱۲۳/۷۸ X_2 + ۱۲۲/۹٤ X_3 + ۱۲۹/۱۷ X_4 + ٦٦/۹٤ X_5 – X_7<= ۹۳٦٦۱۷٦

۱۱) ۲٤/۳۱ X_1 + ۳۳/۰٥ X_2 + ٤۱/۲۳ X_3 + ۲۱/٦٤ X_4 + ۳/۳۳ X_5 – X_8<= ۲٤٦٤۲٥٦

۱۲) ۱/۱۹ X_1 + ۱/۱٥ X_2 + ۲/۳۸ X_3 + ۱/۱۹ X_4 + ۰/٥۸ X_5 – X_9<= ۱۳۷۷۸٤

۱۳) ۰/٤ X_1 + ۰/۰۷ X_2 + ۰/۸۹ X_3 + ۰/۳٦ X_4 + ۰/۰٦٦ X_5 – X_{10}<= ٤٥٦۸٤

۱٤) ۰/٥۸ X_1 + ۰/۲۳ X_2 + ۱۸/۸ X_3- X_{11}<= ۷۸٤۱۰٥

۱٥) X_3>= ۱۸۰۰ , X_4>= ۲۰۰ , X_5>= ۲۰۰

End

در این الگو:

X_1 سطح زیر کشت سویا بهاره (هکتار)، X_2 سطح زیر کشت کلزا (هکتار)، X_3 سطح زیر کشت برنج (هکتار)، X_4 سطح زیر کشت گندم (هکتار)، X_5 سطح زیر کشت جو (هکتار)، X_6 فعالیت خرید کود ازت با قیمت سایه‌ای، X_7 فعالیت خرید کود فسفات با قیمت سایه‌ای، X_8 فعالیت خرید کود پتاس با قیمت سایه‌ای، X_9 فعالیت خرید علف‌کش با قیمت سایه‌ای، X_{10} فعالیت خرید قارچ‌کش با قیمت سایه‌ای و X_{11} فعالیت خرید حشره‌کش با قیمت سایه‌ای است.

- نتایج برآورد مدل برنامه‌ریزی (بر اساس نرخ ارز ۱۵۰۰۰ ریالی)

نتایج حاصل از برآورد الگوی بهینه کشت استان مازندران، با اعمال سود اجتماعی و با در نظر گرفتن نرخ ارز ۱۵۰۰۰۰ ریال در جدول (۹) ارائه شده است.

نتایج نشان می‌دهد با کاهش ارزش نرخ ارز از مقدار واقعی محاسبه شده در این شرایط، کشت دانه‌های روغنی در وضعیت نامطلوبی قرار خواهد گرفت. با توجه به اینکه مقدار سودآوری اجتماعی هر هکتار سویا در این حالت، ۷۷۰۱۲۹٤- ریال می‌شود؛ به دلیل نداشتن مزیت نسبی، این محصول در الگوی کشت منطقه به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی پیشنهاد نمی‌گردد.

جدول ۹. نتایج مدل برنامه‌ریزی خطی برای تعیین الگوی بهینه کشت بر اساس قیمتهای سایه‌ای

متغیر تصمیم	مقدار بهینه	هزینه واحد یا سود	سهم کل	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
سویا	۰	-۷۷۰۱۲۹/۳۷	۰	۱۷۵٤۲۳٦	۱۸۳۷٦۵۲
کلزا	۰	۱٦٤۷۱۳/۹٦	۰	۱۰۹۵۱٤۵	۱۱٤۲۰٦۱
برنج	۳۹۸۲۰/۹	۸۹۵۸٦۷/۷۵	۳۵٦۷٤۲٦۷٦٤۸	۷٦۸٦۹٦/۱۲	۱۰٦۵۳۳۵/٦۲
گندم	۳٤٦۱۰/۱۵	۱۲٤۲۵۹۷	٤۳۰۰٦٤۷۲۱۹۲	۱۰٦٤۵٤۱/۳۷	۱۲۱۷۸۹٤/۷٤
جو	۲۰۰	-۲۵٦۹۷۲۹/۸٦	-۵۱۳۷٦۵۹۵۲	۱۰٤۷۹۸٤	۱۱۳۱۰۹۱
کود ازت	٦۲۰۹۹۷/۰٦	-۳۹۳۳	-۲٤٤۲۳۸۱۵٦۸	-٤۷۷۷/۲٦	۱۸٦۹/۸٤
کودفسفات	۰	-۳۵٦۲/۵	۰	-۲۱٤۳/۲٤	-۱۰۳٤/٤۹
کودپتاس	۰	-٤۲٤۵	۰	-۱۸٤۷/۷۲	۰
علف‌کش	۰	-۱۳٤۰۰۰	۰	-۳٦۷۸/۹۱	۰
قارچ‌کش	۲۲۱٦/۲٦	-۱۹۸۰۰۰	-٤۳۹۷۲۰۰۹٦	-۳٤۰۸۹۹/۵۹	۰
حشره‌کش	۰	-۲۳٤۰۰	۰	-۵٤٦۵۱/٤۱	۰
حداکثر تابع هدف			۲۵۱۷٤۵۷۳۰۵٦۰		
محدودیت	**سمت راست**	**کمبود یا مازاد**	**قیمت سایه‌ای**	**Allowable Min.RHS**	**Allowable Max.RHS**
زمین	۱۱۷٤۰۹	۹٤۹٦/۸	۰	۱۰۷۹۲۱/۱۸	۱۱۹۸٤۲/۷٦
آب	۳۵۹۱۵۲۰۰۰	٤۰۵۸٤۷٤۰	۰	۳۱۸۵٦۷۲٦٤	۳٤۱۷۵٤۸۲۱
ماشین‌آلات	۸۹۵۳٤۹	۱۰۷٤٦۱/۹٦	۰	۷۹٦۸۹٦/۱۲	۸۱۲٦۳۸/۷٤
کارگر (۱)	۱٤٤۳۲۲۲	۷۷٦۷۷/۱۹	۰	۱۳٦۵۵٤٤/۷۵	۱۵۲۷٤۹٦/۳۵
کارگر(۲)	۱۰۱۱۱۸۱	۹۳۳۰۹/۱	۰	۹۱۷۹٦۱/۹٦	۹۳٦٦۷٤/۲۱
کارگر(۳)	۱۱۲٤۸۳	۰	۵٤۷۸٦/۳٤	۱۰۷۹۵۹/۵۳	۱۲۵۰۰۷/۵
کارگر(٤)	۱٤۳۵۰	۱۳۵۵۳/۹٦	۰	۷۹٦/۰۳	۸۲۳/۵۷
سرمایه	۱٤۵۵۲۱٤٤۲۸۱٦۰	۱۰۸٦۰۹۷۸۰٦٤۰	۰	۱۳٤٦٦۰۵۵٤۷۵۲۰	۱٦۸۷٤۱٦۲۵۷۸۹۵۳
کود ازت	۱۲۹٤۲۳٦٦	۰	۳۹۳۳	۱۲۰۷۸۵۹٦	۱۳۵٦۳۳٦۳
کود فسفات	۹۳٦٦۱۷٦	۰	۱۰۳٤/٤۹	۹۰٦۰۰۳۳	۹٤٦۰٤۰۳
کود پتاس	۲٤٦٤۲۵٦	۷۳٤۷٦/۲۸	۰	۲۳۹۰۷۷۹/۷۵	۲۵۰۷٦۳٦/۹۱
علف‌کش	۱۳۷۷۸٤	۱۸۲٤/۱۵	۰	۱۳۵۹۵۹/۸٤	۱٤۳۸٤٦/۲٦
قارچ‌کش	٤۵٦۸٤	۰	۱۹۸۰۰۰	٤٦۸۱۲/۹۷	٤۷۹۰۰/۲٦
حشره‌کش	۷۸٤۱۰۵	۳۵٤۷۱/۹٦	۰	۷٤۸٦۳۳/۰٦	۷۵۹٤۱٦/۳٤
خودکفایی(برنج)	۱۸۰۰	۳۸۰۲۰/۹	۰	۳۸۳٤۱/٤	۳۹۸۲۰/۹
خودکفایی(گندم)	۲۰۰	۳٤٤۱۰/۱۵	۰	۳۳٤۸۱/۲۱	۳٤٦۱۰/۱۵
خودکفایی (جو)	۲۰۰	۰	-۳۰۱۱۷۲٦/۳	۷۲٤/۸٤	۷۳۰/۱۸

منبع: یافته های پژوهش

٤-٤. مقایسه نتایج مدل‌های برآورد شده با وضع موجود

در این قسمت، درصد تغییرات هر یک از مدل‌های اجرا شده نسبت به وضع موجود، محاسبه و نتایج آن در جدول (١٠) ارائه شده است.

جدول ١٠. درصد تغییرات سطح زیرکشت محصولات در مدل‌ها نسبت به وضع موجود

محصول	الگوی فعلی	مدل بازاری	مدل اجتماعی (نرخ ارز ١٥٠٠٠٠ ریال)	مدل اجتماعی (نرخ ارز واقعی)
سویا	٧٠٠٠	٣٨٤٩/٣٦	٠	٠
کلزا	٧٩٩٢	٩٧٧٩/٩٦	٠	٠
برنج	٤١٣٩٤	٤١٤٨٣/٣٨	٣٩٨٢٠/٩	٤٢٠٩٧/١٩
گندم	١٣٤٠٠	٢٤٣٥٨/٦١	٣٤٦١٠/١٥	٣٤٦١٠/١٥
جو	١٠٠٠٠	٢٠٠	٢٠٠	٢٠٠

منبع: یافته‌های پژوهش

بررسی دانه‌های روغنی استان نشان می‌دهد این محصولات در شرایط مناسبی از الگوی کشت فعلی قرار ندارند. کاشت محصول سویا در مدل بازاری نسبت به حالت فعلی با ٤٥ درصد کاهش پیشنهاد می‌شود که این به دلیل سودآوری کم آن در منطقه می‌باشد. همچنین در مدل‌های اجتماعی با نرخ ارز واقعی، کاشت این محصول اصلاً توصیه نمی‌شود و دلیل آن سودآوری اجتماعی کم آن می‌باشد.

بررسی محصول کلزا نشان می‌دهد که در مدل بازاری، سطح زیر کشت این محصول ١٨ درصد نسبت به وضع موجود افزایش یافته است که این می‌تواند به دلیل بالا بودن سودآوری بازاری آن نسبت به هزینه‌های تولیدش باشد. بررسی مدل اجتماعی در دو حالت بررسی شده نشان می‌دهد در هر دو مدل، کشت این محصول اصلاً پیشنهاد نمی‌شود و دلیل آن بالا بودن هزینه‌های اجتماعی در برابر سودآوری آن است.

در هر دو مدل، سطح زیر کشت برنج، تغییرات بسیار کمی نسبت به وضع موجود را نشان می‌دهد که علت این مسئله سودآوری مناسب بازاری و اجتماعی این محصول است؛ اما

امکانات و محدودیت‌های منطقه، به ویژه، محدودیت‌های مدیریتی، اجازه افزایش بیش از این مقدار را به این محصول نمی‌دهد.

سطح زیر کشت گندم در مدل بازاری نسبت به حالت فعلی حدود ٤٥ درصد افزایش یافته است که این به علت زیاد بودن درآمد بازاری نسبت به هزینه‌های بازاری آن می‌باشد. همچنین، سطح زیرکشت این محصول در مدل اجتماعی در هر دو حالت افزایش یافته است که این به دلیل سودآوری بالای این محصول در این مدل‌ها می‌باشد.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله، جایگاه دانه‌های روغنی کلزا و سویا در الگوی بهینه کشت استان مازندران در دو حالت بازاری و اجتماعی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مدل بازاری نشان می‌دهد استفاده از آب و ماشین‌آلات و سرمایه برای تولید محصولات استان و به خصوص دانه‌های روغنی بیش از نیاز می‌باشد و می‌توان همین مقادیر تولید را با استفاده از مقادیر کم‌تری از این نهاده‌ها تولید کرد؛ این نتیجه با نتایج مطالعه یوسف دوست و محمدرضاپور (١٣٩٤)، امیرنژاد و بهمن پوری (١٣٩٢)، میرزایی، ذاکری‌نیا و شهابی‌فر (١٣٩٢)، بصیرت و همکاران (١٣٩٢)، بنلی و کدال (٢٠٠٣) و هاوآری و آزایز (٢٠٠١) مطابقت دارد.

طبق نتایج مدل بازاری، زمین یکی از نهاده‌های محدودکننده در زراعت استان به شمار می‌رود. لذا، می‌توان با کاهش سطح زیر کشت جو که هیچ‌گونه مزیتی ندارد، سطح زیر کشت دانه‌های روغنی سویا و کلزا را -که تأمین‌کننده نیاز روغن مصرفی کشورند- افزایش داد. با توجه به محدودیت‌های موجود و منابع در دسترس، برای دست‌یابی به الگوی بهینه کشت باید ٤٥ درصد از کشت سویا را کاهش و کشت کلزا را ١٨ درصد افزایش داد.

نتایج نشان می‌دهد که کاهش هزینه‌های بازاری به مقدار ٣ درصد در محصولات کلزا و سویا، این محصولات در الگوی بهینه کشت استان به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی که بر اساس قیمت‌های بازاری محاسبه می‌شود، قرار می‌گیرند. لذا باید به دنبال راهکارهایی جهت کاهش هزینه‌های تولید دانه‌های روغنی بود. از جمله ارائه تسهیلات جهت خرید ماشین‌های کشاورزی و کاهش هزینه ساعت کاری ماشین‌آلات و همچنین، ایجاد مراکز خرید

بیش‌تر جهت کاهش هزینه‌های رفت و آمد؛ این نتیجه با نتایج مطالعه مزینی و مراد حاصل (۱۳۹۳) و هراتی، اسلاملوئیان، قمطیری و هادیان (۱۳۹٤) سازگاری دارد.

همچنین یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد در تولید محصول سویا در مازندران، دولت از بازار نهاده‌ها حمایت کرده، امّا از بازار فروش محصول حمایت نمی‌کند. همچنین، محاسبه ضریب حمایت مؤثر (EPC[1]) برای آن نشان می‌دهد که مجموع اثرات مداخله دولت در بازار محصول و نهاده به زیان تولیدکننده است. لذا با توجّه به اهمیت این گونه گیاهان در تأمین نیاز روغن خوراکی کشور، لازم است که میزان حمایت دولت از بازار فروش این محصول افزایش یابد تا کشاورزان برای تولید هر چه بیش‌تر این گونه گیاهان ترغیب شوند.

دخالت دولت در بازار کلزا به ضرر تولیدکنندگان است که این امر از طریق نامناسب بودن زیرساخت‌های مربوط به دسترسی به بازارهای جهانی، سیاست‌های تجاری و سیاست‌های نرخ ارز می‌باشد. لذا با اعمال سیاست‌های ارزی مناسب و آشنایی کشاورزان با بازارهای جهانی، می‌توان دخالت دولت در تولید این محصول را به صورت مثبت احساس کرد.

بررسی مدل اجتماعی الگوی کشت استان به منظور کاهش آلودگی های زیست محیطی نشان داد که با حذف حمایت‌های دولت، تولید دانه‌های روغنی امکان‌پذیر نخواهد بود و لذا می‌توان عملکرد دولت در تولید دانه‌های روغنی در منطقه را مثبت و تأثیرگذار ارزیابی کرد؛ این نتیجه با نتایج مطالعه بهبودی و برزگری دین آباد (۱۳۹٤) مطابقت دارد.

بر اساس نتایج، پیشنهاد می‌شود به جای حمایت در زمینه یارانه کود و سموم شیمیایی – که می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری بر منطقه داشته باشد و عملاً دولت را به عنوان تکیه‌گاه همیشگی کشاورز معرفی کند– از توسعه تحقیقات، ارتقای دانش فنی، افزایش بیمه‌های جبران‌گر، توسعه انبارها، راه‌اندازی نمایشگاه ها، کمک به بهبود سیستم حمل و نقل، ایجاد بورس کالایی، استاندارد، توسعه صادرات و کمک به بهبود بسته‌بندی و درجه‌بندی محصولات حمایت بیش‌تری صورت گیرد.

بررسی محصولات گندم و برنج، به عنوان محصولات رقیب در کاشت دانه‌های روغنی نشان می‌دهد که با وجود عدم حمایت دولت در تولید این محصولات، کشاورزان منطقه تمایل

[1] Effective Protection Coefficient

به کشت این محصولات دارند؛ این نتیجه با نتایج مطالعه سیاسر و هنر (۱۳۹٦) و موسوی، بوستانی و نجفی (۱۳۸۸) مطابقت دارد. شاید از مهم‌ترین دلایل کاشت محصول برنج در منطقه بحث خودکفایی آن باشد. همچنین، طبق نتایج، محصول برنج در این استان توان رقابت با تولید جهانی این محصول را داشته و می‌تواند به عنوان یک محصول راهبردی در بخش کشاورزی محسوب شود.

تحلیل حساسیت نرخ ارز و بررسی چگونگی اثرگذاری آن بر سودآوری اجتماعی دانه‌های روغنی نشان می‌دهد در محصول سویا، حتی در سطح ۱۵۰۰۰۰ ریالی نرخ ارز نیز این محصول مزیت نداشته و در الگوی اجتماعی استان مهم تلقی نمی‌شود. این موضوع نشان می‌دهد سیاست‌های دولت در ارزش‌گذاری نرخ ارز تأثیر بسیار زیادی بر الگوی بهینه کشت استان به منظور کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی دارد که باید مورد توجّه مسئولان قرار گیرد.

بررسی سطح زیر کشت گندم در حالت وجود و عدم وجود حمایت‌های دولت نشان می‌دهد با خارج‌شدن دانه‌های روغنی از دور تولید، محصول گندم به دلیل سهولت در تولید افزایش یافته است که نشان می‌دهد بر خلاف حمایت دولت از این محصول، این حمایت‌ها مؤثر نبوده و در جهت مخالف عمل کرده‌اند. لذا، حذف مقداری از حمایت‌های دولت و جابجایی آن به سمت دانه‌های روغنی در منطقه پیشنهاد می‌شود؛ این نتیجه با نتایج مطالعه تیواری و پاودی (۱۹۹۹)، فریزر و کردینا (۱۹۹۹)، موسوی و همکاران (۱۳۸۸) و جهانگرد (۱۳۹٤) مطابقت دارد.

منابع

- اصفهانی، سیدمحمدجعفر، نادری مهدیی، کریم، سعدی، حشمت‌الله، دوراندیش، آرش (۱۳۹٦). ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید ذرت علوفه‌ای در خراسان جنوبی. *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۰ (۱): ۲۸۱-۲۹۸.

- امامی میبدی، علی، خورسندی، مرتضی، مرشدی، بهنام (۱۳۹٤). ارزیابی عوامل موثر بر تخریب محیط زیست با استفاده از شاخص آلودگی آب: مطالعه موردی ایران. *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ٤ (۱۳): ۸٤-٦۹.

- امیرنژاد، حمید، بهمن‌پوری، صفیه (۱۳۹۲). تلفیق هدف‌های زیست‌محیطی و اقتصادی بهره‌برداران کشاورزی در تعیین الگوی بهینه ی کشت؛ مطالعه ی موردی: دشت بیضاء استان فارس. *مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۵ (۱۸): ۱۳۱-۱۱۷.

- برقی، حمید، حسنی‌نژاد، آسیه، شایان، محسن (۱۳۹٦). ارزیابی آثار سموم شیمیایی کشاورزی بر محیط زیست روستاها (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان زرین دشت). *فصلنامه مدیریت مخاطرات محیطی*، ٤ (۳): ۲٦۲-۲٤۷.

- بصیرت، جواد، بصیرت، رامین، بنی‌اسدی، جعفر، گوهری، اکبر (۱۳۹۲). بهینه‌سازی الگوی کشت با هدف افزایش درآمد خالص به روش الگوریتم ژنتیک. همایش ملی پدافند غیرعامل در بخش کشاورزی، جزیره قشم.

- بنی‌اسدی، مصطفی، زارع مهرجردی، محمدرضا، مهرابی بشرآبادی، حسین، میرزایی خلیل‌آبادی، حمیدرضا، رضایی استخروئیه، عباس (۱۳۹۷). ارزیابی اثرهای جانبی رفاهی برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی ذرت‌کاران دشت ارزوئیه کرمان). *فصلنامه تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۱۰ (۳۷): ۸٦-٦۵.

- بهبودی، داود، برزگری دین‌آباد، اسماعیل (۱۳۹۵). تحلیل تجربی فشارهای زیست‌محیطی تولید ناخالص داخلی در ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۱۹ (۵٤): ٦۰-٤۳.

- ترابی، تقی، خواجوی پور، امین، طریقی، سمانه، پاکروان، محمدرضا (۱۳۹٤). تأثیر مصرف انرژی، رشد اقتصادی و تجارت خارجی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران. *فصلنامه مدلسازی اقتصادی*، ۲۹ (۹): ۸٤-٦۳.

- جهانگرد، اسفندیار (۱۳۹٤). اولویت بندی سرمایه گذاری در فعالیت‌های اقتصادی ایران با لحاظ آلودگی های زیست‌محیطی. *مجله مجلس و راهبرد*، ۲۱ (۸۰): ۱۱۵-۹۳.

- خوشنویسان، بنیامین، رفیعی، شاهین، امید، محمود، موسی‌زاده، حسین (۱۳۹۲). مدلسازی و پیش‌بینی شاخص های زیست‌محیطی کشت سیب‌زمینی با بهره‌گیری سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی و رویکرد ارزیابی چرخه زندگی. دومین همایش ملی حفاظت و برنامه‌ریزی محیط زیست، تهران.

- رجبی، محمدحسین، سلطانی، افشین، زینعلی، ابراهیم، سلطانی، الیاس (۱۳۹۱). ارزیابی انتشار گازهای گلخانه ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن در تولید گندم در گرگان. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۵ (۳): ۵۰: ٤٤-۲۳.

- سیاسر، هادی، هنر، تورج (۱۳۹٦). بهینه سازی تخصیص آب و الگوی کشت محصولات غالب کشاورزی با استفاده از الگوریتم ژنتیک. سومین کنفرانس بین المللی مهندسی کشاورزی و منابع طبیعی، تهران.

- شعبانی روچی، زهره، مسنن مظفری، مهدیه (۱۳۸۹). طراحی الگوی کشت بهینه گیاهان زراعی با تأکید بر کشت کلزا: مطالعه موردی شهرستان کرج. سومین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کشاورزی و منابع طبیعی، تهران.

- مجدزاده طباطبایی، شراره، استادزاد، علی حسین (۱۳۹٤). بررسی سیاست‌های کنترل آلودگی با استفاده از تحلیل ایستای مقایسه‌ای در چارچوب یک مدل رشد درون‌زا: مطالعه موردی اقتصاد ایران. *فصلنامه مدلسازی اقتصادی*، ۲۹ (۹): ۱۰۵-۸۵.

- مزینی، امیرحسین، عصاری، عباس، افشاریان، بهناز، رسولی، احمد (۱۳۹٤). بازتعریف رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران (رویکرد بخشی ـ استانی). *فصلنامه مدلسازی اقتصادی، ۳۰ (۹): ۸۹ – ٦۷*.

- مزینی، امیرحسین، مرادحاصل، نیلوفر (۱۳۹۳). بررسی اثر فعالیت های غیر رسمی اقتصادی بر آلودگی هوا (برآورد منحنی زیست‌محیطی کوزنتس). *مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱٦ (۳): ۹٤-۷۲.

- موسوی، سید نعمت الله، بوستانی، فردین، نجفی، بهاءالدین. (۱۳۸۸). سازگاری اهداف زیست محیطی و اهداف بهره‌برداران کشاورزی. *مجله پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۹ (۱): ۱۲۱-۱٤٥.

- میرزایی، شکیبا، ذاکری‌نیا، مهدی، شهابی‌فر، مهدی (۲۰۱۳). بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از الگوریتم ژنتیک. اولین همایش ملی محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی. مؤسسه آموزش عالی مهر اروند، تهران.

- هراتی، جواد، اسلاملوئیان، کریم، قمطیری، محمدعلی، هادیان، ابراهیم (۱۳۹٤). تجزیه و تحلیل خسارت‌های رفاهی ناشی از آلودگی‌های زیست‌محیطی در ایران (با رویکرد دینامیک سیستم). *مجله پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۱٤ (٤): ٥٤-۳۰.

- یوسف دوست، آیسن، محمدرضاپور، ام‌النبی (۱۳۹٤). بهینه‌سازی الگوی کشت و تخصیص آب کشاورزی با استفاده از الگوریتم ژنتیک در شرایط آب و هوایی نرمال و خشک. کنفرانس بین‌المللی توسعه با محوریت کشاورزی، محیط زیست و گردشگری، تبریز.

- Almaraz, M., & Bai, E., & Wang, C., & Trousdell, J., & Conley, S., & Faloona, I., & Houlton, B. Z. (2018). Agriculture is a major source of NOx pollution in California. *Science advances*, 4(1): 34-77.

- Benli, B. & Kodal, S. (2003). A Nonlinear Model For Farm Optimization With Adequate And Limited Water Supplies: Application To The South-east AnatoliaProject (GAP) Region. *Agriculture and Water Management*, 62: 187-203.

- Cabrini, S. M., & Calcaterra, C. P. (2016). Modeling economic-environmental decision making for agricultural land use in Argentinean Pampas. *Agricultural Systems*, 143: 183-194.

- Cardoso, T. F., & Watanabe, M. D., & Souza, A., & Chagas, M. F., & Cavalett, O., & Morais, E. R., & Bonomi, A. (2018). Economic, environmental, and social impacts of different sugarcane production systems. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 12(1): 68-82.

- Chlingaryan, A., & Sukkarieh, S., & Whelan, B. (2018). Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. *Computers and electronics in agriculture*, 151: 61-69.

- Clements, D. R, & Weise S. F, & Brown, R, & Stonehouse, D. P, & Hume, D. J, & Swanton, C. J. (2005) Energy analysis of tillage and herbicide inputs in alternative weed management-systems. Agriculture, *Ecosystems and nvironment*, 52:119-128.

- Fraser, I. & Cordina, C. (1999). Application Of Data Envelopment Analysis To Irrigated Dairy Farms In Northern Victoria, Australia. *Agricultural system*, 59: 267-282.
- Hai, A. T. N., & Speelman, S. (2019). Economic-environmental trade-offs in marine aquaculture: The case of lobster farming in Vietnam. *Aquaculture*.34: 102-125
- Hoang, V. N., & Alauddin, M. (2012). Input-orientated data envelopment analysis framework for measuring and decomposing economic, environmental and ecological efficiency: an application to OECD agriculture. *Environmental and Resource Economics*, 51(3): 431-452.
- Haouari, M. & Azaiez, M. N. (2001). Optimal Cropping Patterns Under Water Deficit. *Eropean Journal of Operational Research*, 130: 133-146.
- Kaab, A., & Sharifi, M., & Mobli, H.,& Nabavi-Pelesaraei, A., & Chau, K. W. (2019). Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. *Science of the Total Environment*, 664: 1005-1019.
- Kizilaslan, H. (2009). Input- output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. *Applied Energy*, 86(7):1354-1358.
- Koga, N. (2008). An energy balance under a conventional crop rotation system in northern Japan: Perspectives on fuel ethanol production from sugar beet. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 125: 101-110.
- Martínez-Gomez, J., & Peña-Lamas, J., & Martín, M., & Ponce-Ortega, J. M. (2017). A multi-objective optimization approach for the selection of working fluids of geothermal facilities: economic, environmental and social aspects. *Journal of environmental management*, 203: 962-972.
- Moutinho, V., & Robaina, M., & Macedo, P. (2018). Economic-environmental efficiency of European agriculture–a generalized maximum entropy approach. Agricultural Economics, 64(10): 423-435.
- Ozkan, B., & Akcaoz, H., & Fert, C. (2004). Energy input output analysis in Turkish agriculture. *Renewable Energy*, 29: 39-51.
- Ozkan, B., & Kurklu, A., & Akcaoz, H. (2004). An input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass and Bioenergy*, 26: 89-95.
- Parisio, A., & Glielmo, L. (2013). Stochastic model predictive control for economic/environmental operation management of microgrids. In 2013 European Control Conference (ECC) (pp. 2014-2019). IEEE.
- Santibañez-Aguilar, J. E., & González-Campos, J. B., & Ponce-Ortega, J. M., & Serna-González, M., & El-Halwagi, M. M. (2014). Optimal planning and site

selection for distributed multiproduct biorefineries involving economic, environmental and social objectives. *Journal of cleaner production*, 65: 270-294.

- Schild, J. E., & Vermaat, J. E., & de Groot, R. S., & Quatrini, S., & van Bodegom, P. M. (2018). A global meta-analysis on the monetary valuation of dryland ecosystem services: The role of socio-economic, environmental and methodological indicators. *Ecosystem services*, 32: 78-89.
- Tipi, T., & Cetin, B., & Vardar, A. (2009). An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. *Journal of Agriculture and Environment*, 7: 352-356.
- Tiwari, D. N., & Loof, R., & Paudy, G. N. (1999), Environment Economic Decision Making In Lowland Agriculture Using Multicriteria Analysis Techniques. Agricultural System, 60(1): 99-112.
- Wang, F., & Lv, C., & Huang, Q., & Xie, H. (2018). Economic-environmental equilibrium based optimal scheduling strategy towards wind-solar-thermal power generation system under limited resources. *Applied energy*, 231: 355-371.
- Witney, B. (1995). Choosing and using farm machines. Land Technology Ltd, UK.
- Zavala, J., & Krug, J. D., & Warren, S. H., & Krantz, Q. T., & King, C., & McKee, J., & Meier, M. J. (2018). Evaluation of an air quality health index for predicting the mutagenicity of simulated tmospheres. *Environmental science & technology*, 52(5): 3045-3053.