

مدل بهینه اقتصادی کشت برای کاهش اثرات آلودگی‌های زیست‌محیطی در استان مازندران^۱

مجید قربانی*، ابوالفضل محمودی**، محسن شوکت فدایی**، محمد خالدی⁺

تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۱/۱۰

تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۰۳

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 زیست‌محیطی بر اساس داده‌های سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ 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 نهادها به دست آورد. با توجه به محدودیت‌های موجود برای دستیابی به الگوی بهینه باید کشت سویا را ۴۵ درصد کاهش و کشت کلزا را ۱۸ 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 زیست‌محیطی، کلزا و سویا، استان مازندران.

^۱ 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،

m_khaledi2002@yahoo.com

پست الکترونیکی:

۱. مقدمه

کشاورزی، فعالیتی اقتصادی است که نقش بسیار مهمی در تولید ناخالص داخلی ایفا می‌کند (جهانگرد، ۱۳۹۴). 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، ۱۳۹۴).

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 تأثیرگذار باشد (امیرنژاد و بهمن پوری، ۱۳۹۲).

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^۱ است (کوگا^۲، ۲۰۰۸).

به طور کلی، محققان، انرژی را به دو بخش «انرژی‌های ورودی»^۳ و «انرژی‌های خروجی»^۴ تقسیم کرده‌اند که انرژی‌های ورودی، خود، به دو بخش «انرژی مستقیم»^۵ و «انرژی غیرمستقیم»^۶ تقسیم می‌شود (تیپی، ستین و وردار^۷، ۲۰۰۹؛ کیزی لاسلان^۸، ۲۰۰۹)؛ بر این اساس، در سیستم‌های تولید گیاهان زراعی، انرژی ورودی شامل انرژی خورشیدی (اکولوژیک) و انرژی زراعی است (ازکان، آکاوز و فرت^۹، ۲۰۰۴). 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 آفت‌کش‌ها می‌باشد (کاردوسو، وتیب، سوزا، چاگاس، کوالت، مورایس و بونومی^۱، ۲۰۱۸؛ کابرینی و کالکاترا^۲، ۲۰۱۶؛ 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^۴، ۲۰۰۴).

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 توجه 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، کوآترینی و ون بوگدوم^۶، ۲۰۱۸؛ ونگ و هانگ^۷، ۲۰۱۸).

برنامه‌ریزی کل مزرعه می‌تواند به صورتی کارا به تطبیق کشاورزان با یک اقتصاد در حال تحول و شرایط تکنولوژیکی جدید کمک کند (های و اسپیلمن^۸، ۲۰۱۹؛ کاب، شریفی، مبللی، نبوی و چاو^۹، ۲۰۱۹). بنابراین، احتمال پیش‌بینی در مدل‌های بخش کشاورزی برای بررسی سیاست‌ها سودمند می‌باشد (زاوالا، کروگ، وارن، کراتنز، 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^۱، 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^۲، ۲۰۰۵).

۲. مروری بر ادبیات

با افزایش عوامل تصمیم‌گیری و با تنوع محدودیت‌های دستیابی به هدف، لازم است از روش‌های کمی برای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری استفاده شود. یکی از این روش‌های متداول برای بهینه‌کردن یک هدف با توجه به محدودیت‌های مختلف، برنامه‌ریزی خطی^۳ 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 برنامه‌ریزی، چندهدفه است و روش‌های تک‌هدفه نمی‌تواند جواب‌گوی خواسته‌های سیاست‌گذاران و کشاورزان باشد و روش‌هایی مورد نیاز است که بتواند به طور همزمان و با در نظر گرفتن اهداف متضاد و محدودیت‌های 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).

فشرده‌گی 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 (هاواری و آزایز^۱، ۲۰۰۱). این شرایط در حالی مشاهده می‌شود که میان اهداف زیست محیطی (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 توجه قرار گرفته است. فشار بر محیط زیست به واسطه فعالیت‌های بشری نه تنها از جنبه زیست محیطی اهمیت دارد؛ بلکه از نظر اقتصادی نیز مهم است (تیواری و پاودی^۲، 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، ۱۳۹۴).

با افزایش بحران‌های زیست محیطی در سطح جهان، توجه مجامع جهانی به مسأله محیط زیست افزایش یافته و مخاطرات زیست محیطی ناشی از فعالیت‌های اقتصادی، به یک موضوع مهم تبدیل شده است (فریزر و کردینا^۳، ۱۹۹۹). بر همین اساس، طی چند دهه اخیر، برخی از طرفداران محیط زیست از دیدگاه «شکست بازار»^۴ با تجارت آزاد و رشد اقتصادی مخالف

¹ Haouari & Azaiez

² Tiwari & Paudy

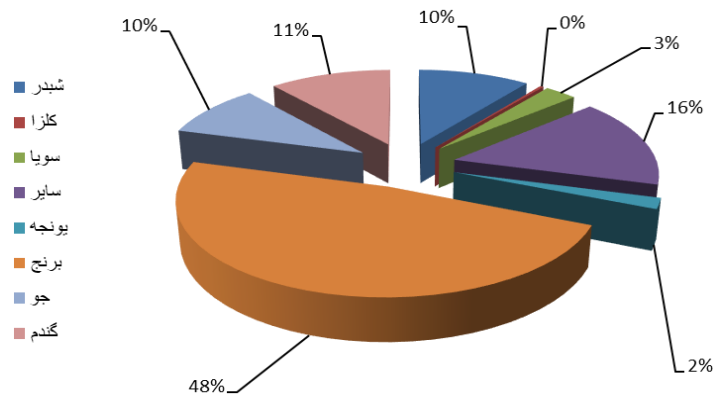
³ Fraser & Cordina

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»^۱ معرفی شده است (بهبودی و برزگری دین آباد، ۱۳۹۴).

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 - ۱۳۹۶ نشان می‌دهد.^۲



شکل ۱. سهم محصولات مختلف زراعی استان مازندران

^۱ Sustainable Development

^۲ بر اساس اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران

طی سالیان اخیر مطالعات مختلفی در مورد توازن انرژی در نظام‌های زراعی صورت گرفته است. المرآز، بای، ونگ، تروزدل، کنلی، فالونا و هولتن^۱ (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 زیست محیطی دارد.

چلینگاریان، سوکاریه و ولان^۲ (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^۳ (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 ۴۰ درصد انحراف از الگوی کشت فعلی منطقه مورد بررسی اختیاری است که حداقل کاهش آلودگی را ایجاد می‌کند.

سانتینز-آگویلار، گونزالس-کامپوس، پونس-ارتگا، سرنا-گونزالس و ال-هالاوگی^۴ (۲۰۱۴) 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، سیب‌زمینی، برنج، جو آبی، جو دیم و چغندر قند مزیت نسبی ندارند.

پاریسیو و گلیلمو^۵ (۲۰۱۳) مزیت نسبی برنج در کاهش آلودگی را مورد بررسی قرار داده‌اند. آنها از روش‌های منفعت خالص اجتماعی^۶، هزینه منابع داخلی^۷ و نسبت هزینه به منفعت اجتماعی استفاده کرده‌اند. نتایج حاصل از شاخص‌های هزینه منابع داخلی و مزیت

^۱ Almaraz, Bai, Wang, Trousdell, Conley, Faloona & Houlton

^۲ Chlingaryan, Sukkarieh & Whelan

^۳ Martínez-Gomez, Peña-Lamas, Martín & Ponce-Ortega

^۴ Santibañez-Aguilar, González-Campos, Ponce-Ortega, Serna-González & El-Halwagi

^۵ Parisio & Glielmo

^۶ Net Social Profit (NSP)

^۷ Domestic Resources Cost (DRC)

^۷ 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، خلیل‌آباد 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 زیست محیطی تولید کرد. برقی، حسن‌نژاد و شایان (۱۳۹۶) با بهره‌مندی از رویکرد آماری مدل‌سازی معادلات ساختاری (SEM)^۱ 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 (۱۳۹۶) با استفاده از رویکرد ارزیابی چرخه حیات به ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید ذرت علوفه‌ای در استان خراسان جنوبی پرداخته‌اند. نتایج نشان داد بیش‌ترین بار محیطی در کشت ذرت علوفه‌ای مربوط به شاخص مواد آلی غیرتنفسی است.

مزینی، عصار، افشاریان و رسولی (۱۳۹۴) 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 (۱۳۹۴) 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 ميبیدی، خرسندی و مرشدی (۱۳۹۴) 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.

^۱ Structural Equation Modeling

مجدزاده طباطبایی و استادزاد (۱۳۹۴) 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 آلودگی‌های 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، ۱۳۹۶). 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 ۹۷-۱۳۹۶ 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 آرایه 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 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 مؤثر 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 ۹۷-۱۳۹۶ ارائه می‌شود.

جدول ۱. سطح زیر کشت محصولات مورد مطالعه در استان مازندران در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶

رتبه در منطقه	سطح زیر کشت (هکتار)	نام محصول
۵	۷۰۰۰	سویا بهاره آبی
۴	۷۹۹۲	کلزا
۱	۴۱۳۹۴	برنج
۲	۱۳۴۰۰	گندم دیم
۳	۱۰۰۰۰	جو دیم

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

مدل بهینه اقتصادی کشت برای کاهش اثرات آلودگی‌های زیست محیطی در استان مازندران ————— ۷۹

بسته‌های نرم‌افزاری لیندو^۱ و وین کیو اس پی^۲ برآورد می‌شود. برای این منظور، ابتدا با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی کالیبره، مقادیر سمت راست برنامه با توجه به سطوح زیر کشت محصولات مورد بررسی، مشخص می‌شود.

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

$$\text{Max } Z = 2627707/68X_1 + 3092582X_2 + 9837224X_3 + 2509535X_4 + 680402X_5 + AX_6 + BX_7 + CX_8 + DX_9 + EX_{10} + FX_{11} + GX_{12} + HX_{13} + IX_{14} + JX_{15} + KX_{16} + LX_{17} + MX_{18}$$

Subject to:

- ۱) $1/61 X_1 + 1/85 X_2 + 1/25 X_3 + 1/68 X_4 + 1/71 X_5 - A \leq 0$
- ۲) $4000 X_1 + 8000 X_3 - B \leq 0$
- ۳) $10/97 X_1 + 8/38 X_2 + 11/92 X_3 + 9/05 X_4 + 7/69 X_5 - C \leq 0$
- ۴) $1/9 X_1 + 1/41 X_2 + 34/26 X_3 + 0/37 X_4 - D \leq 0$
- ۵) $8/15 X_1 + 23/05 X_3 - E \leq 0$
- ۶) $3/32 X_2 + 3/25 X_4 + 4/24 X_5 - F \leq 0$
- ۷) $1/41 X_2 + 0/23 X_4 - G \leq 0$
- ۸) $124 X_1 + 208/05 X_2 + 150/64 X_3 + 218/57 X_4 + 124/72 X_5 - H \leq 0$
- ۹) $126/81 X_1 + 123/78 X_2 + 122/94 X_3 + 129/17 X_4 + 66/94 X_5 - I \leq 0$
- ۱۰) $24/31 X_1 + 33/05 X_2 + 41/23 X_3 + 21/64 X_4 + 3/33 X_5 - J \leq 0$
- ۱۱) $1/19 X_1 + 1/15 X_2 + 2/38 X_3 + 1/19 X_4 + 0/58 X_5 - K \leq 0$
- ۱۲) $0/4 X_1 + 0/07 X_2 + 0/89 X_3 + 0/36 X_4 + 0/66 X_5 - L \leq 0$
- ۱۳) $0/58 X_1 + 0/23 X_2 + 18/8 X_3 - M \leq 0$
- ۱۴) $8608292/32X_1 + 6742690X_2 + 27562775/5X_3 + 7195183/4X_4 + 5575348 X_5 - N \leq 0$
- ۱۵) $X_1 = 7000, X_2 = 7992, X_3 = 41394, X_4 = 13400, X_5 = 10000$

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 توجه 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 (۲) عرضه شده است.

جدول ۲. مقادیر سمت راست

شماره محدودیت	متغیر	توضیح متغیر	مقدار محاسباتی
۱	A	زمین	۱۱۷۴۰۹
۲	B	آب	۳۵۹۱۵۲۰۰۰
۳	C	ماشین‌آلات	۸۹۵۳۴۹
۴	D	نیروی کار در فصل بهار	۱۴۴۳۲۲۲
۵	E	نیروی کار در فصل تابستان	۱۰۱۱۱۸۱
۶	F	نیروی کار در فصل پاییز	۱۱۲۴۸۳
۷	G	نیروی کار در فصل زمستان	۱۴۳۵۰
۸	H	کود ازت	۱۲۹۴۲۳۶۶
۹	I	کود فسفات	۹۳۶۶۱۷۶
۱۰	J	کود پتاس	۲۴۶۴۲۵۶
۱۱	K	علف‌کش	۱۳۷۷۸۴

شماره محدودیت	متغیر	توضیح متغیر	مقدار محاسباتی
۱۲	L	قارچ‌کش	۴۵۶۸۴
۱۳	M	حشره‌کش	۷۸۴۱۰۵
۱۴	N	سرمایه	۱۴۵۵۲۱۴۴۲۸۱۶۰

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.

$$\text{Max } Z = 2627707/68 X_1 + 3092582 X_2 + 9837224 X_3 + 2509535 X_4 + 680402 X_5 - 1000 X_6 - 1800 X_7 - 2000 X_8 - 100247 X_9 - 183550 X_{10} - 10550 X_{11}$$

Subject to:

$$1) \quad 1/61 X_1 + 1/85 X_2 + 1/25 X_3 + 1/68 X_4 + 1/71 X_5 \leq 117409$$

$$2) \quad 4000 X_1 + 8000 X_3 \leq 359152000$$

$$3) \quad 10/97 X_1 + 8/38 X_2 + 11/92 X_3 + 9/05 X_4 + 7/69 X_5 \leq 895349$$

$$4) \quad 1/9 X_1 + 1/41 X_2 + 34/26 X_3 + 0/37 X_4 \leq 1443222$$

$$5) \quad 8/15 X_1 + 23/05 X_3 \leq 1011181$$

$$6) \quad 3/32 X_2 + 3/25 X_4 + 4/24 X_5 \leq 112483$$

- ۷) $1/41 X_2 + 0/023 X_4 \leq 14350$
 ۸) $8608292/32 X_1 + 7742690 X_2 + 27062775/0 X_3 + 7190183/4 X_4 + 0050348 X_5 \leq 1450214428160$
 ۹) $124 X_1 + 208/05 X_2 + 150/64 X_3 + 218/07 X_4 + 124/72 X_5 - X_6 \leq 12942366$
 ۱۰) $126/81 X_1 + 123/78 X_2 + 122/94 X_3 + 129/17 X_4 + 66/94 X_5 - X_7 \leq 93661176$
 ۱۱) $24/31 X_1 + 33/05 X_2 + 41/23 X_3 + 21/64 X_4 + 3/33 X_5 - X_8 \leq 2464206$
 ۱۲) $1/19 X_1 + 1/15 X_2 + 2/38 X_3 + 1/19 X_4 + 0/08 X_5 - X_9 \leq 137784$
 ۱۳) $0/4 X_1 + 0/07 X_2 + 0/89 X_3 + 0/36 X_4 + 0/66 X_5 - X_{10} \leq 40684$
 ۱۴) $0/08 X_1 + 0/23 X_2 + 18/8 X_3 - X_{11} \leq 784105$
 ۱۵) $X_3 \geq 1800, X_4 \geq 200, X_5 \geq 200$
 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.

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. 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 توجه 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 می‌شود که برای دستیابی به الگوی بهینه کشت باید سطح زیر کشت سویا را ۴۵ 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 توجه به محدودیت‌های موجود، در سطح ۴۰ هزار هکتار کاملاً بهینه می‌باشد. اما برای محصول گندم، با ۴۴ 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 معرفی شده 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	۳۸۴۹/۳۶	۲۶۲۷۷۰۷/۷	۱۰۱۱۵۰۱۰۵۶۰	۱۰۸۶۷۷۵/۶۲	۲۷۵۵۱۴۵
کلزا	۹۷۷۹/۹۶	۳۰۹۲۵۸۲	۳۰۲۴۵۳۴۵۲۸۰	۲۹۳۲۲۵۹	۱۱۴۴۵۵۹۰۶
برنج	۴۱۴۸۳/۲۸	۹۸۳۷۲۲۴	۴۰۸۰۸۰۳۱۸۴۶۴	۷۵۲۳۴۰۲	۱۴۱۶۵۸۳۹
گندم	۲۴۳۵۸/۶۱	۲۵۰۹۵۳۵	۶۱۱۲۹۷۰۶۴۰۰	۲۳۷۳۱۱۲	۲۶۶۶۴۷۷/۷
جو	۲۰۰	۶۸۰۴۰۲	۱۳۶۰۸۰۴۰۰	۱۶۱۲۶۰۲	۲۲۱۳۴۰۸
کود ازت	۱۱۶۷۷۲۶/۶	-۱۰۰۰	-۱۱۶۷۷۲۶۵۹۲	-۲۴۹۳/۹۸	۰
کودفسفات	۵۹۲۲۷۲	-۱۸۰۰	-۱۰۶۶۰۸۹۶۰۰	-۱۴۶۴۱/۹۶	۰
کودپتاس	۱۹۰۶۹۲/۱۸	-۲۰۰۰	-۳۸۱۳۸۴۳۸۴	۲۱۸۰۴/۳۱	۰
علف‌کش	۵۹۶۶/۶۸	-۱۰۰۲۴۷	-۵۸۹۱۱۹۸۰۸	-۱۵۵۶۶۹۱/۷	۰
قارچ‌کش	۲۲۴۲/۷۶	-۱۸۳۵۵۰	-۴۱۱۶۶۰۱۲۸	-۴۵۷۸۱۵۰/۵	۰
حشره‌کش	۲۶۲/۷	-۱۰۵۵۰	-۲۷۷۱۴۹۴/۵	-۲۹۲۵۳۱/۹۶	۰
حداکثر تابع هدف			۵۰۶۰۸۶۸۱۷۷۹۲		
محدودیت	سمت راست	کمبود یا مازاد	قیمت سایه‌ای	Allowable Min.RHS	Allowable Max.RHS
زمین	۱۱۷۴۰۹	۰	۱۰۰۰۱۶۵/۵	۱۱۱۴۷۸/۳۶	۱۱۸۲۸۳/۸۹
آب	۳۵۹۱۵۲۰۰۰	۱۱۹۷۸۲۷۵	۰	۳۴۷۸۶۳۷۱۲	۳۹۱۲۸۶۴۵۱

متغیر تصمیم	مقدار بهینه	هزینه واحد یا سود	سهم کل	Allowable Min. c(j)*	Allowable Max. c(j)**
ماشین‌آلات	۸۹۵۳۴۹	۵۴۷۰۱/۰۸	۰	۸۴۰۶۴۷/۹۳	۹۴۰۱۲۸/۲۳
کارگر (۱)	۱۴۴۳۲۲۲	۰	۲۱۹۸۵۸/۰۹	۱۴۴۳۷۵۲/۶۲	۱۴۸۹۵۲۸
کارگر (۲)	۱۰۱۱۱۸۱	۲۳۶۱۹/۰۳	۰	۹۹۶۵۶۱/۹۳	۱۰۳۶۷۴۹/۵۴
کارگر (۳)	۱۱۲۴۸۳	۰	۴۲۶۹۶/۶۳	۱۱۰۷۴۷/۶۷	۱۲۳۹۷۴/۶۸
کارگر (۴)	۱۴۳۵۰	۰	۱۱۵۶۳۱/۱۴	۷۹۰/۰۳	۱۵۰۸۱/۶۲
سرمایه	۱۴۵۵۲۱۴۴۲۸۱۶۰	۳۶۳۶۰۴۵۴۱۴۴	۰	۱۴۱۹۷۵۴۰۰۶۷۸۴	۱۵۰۸۹۲۴۷۱۳۲۶۷
کود ازت	۱۲۹۴۲۳۶۶	۰	۱۰۰۰	۱۳۵۶۲۱۵۴	۱۴۱۱۰۰۹۳
کود فسفات	۹۳۶۶۱۷۶	۰	۱۸۰۰	۹۱۲۵۴۷۸	۹۹۵۸۴۴۸
کود پتاس	۲۴۶۴۲۵۶	۰	۲۰۰۰	۲۵۶۳۶۹۷/۴	۲۶۵۴۹۴۸/۲
علف‌کش	۱۳۶۷۸۴	۰	۱۰۰۲۴۷	۱۳۷۸۹۴/۴۷	۱۴۳۶۶۰/۶۸
قارچ‌کش	۴۵۶۸۴	۰	۱۸۳۵۵۰	۴۱۵۱۶/۱۴	۴۷۹۲۶/۷۶
حشره‌کش	۷۸۴۱۰۵	۰	۱۰۵۵۰	۷۷۲۴۸۹/۳۶	۷۸۴۳۶۷/۶۸
خودکفایی (برنج)	۱۸۰۰	۳۹۶۸۳/۲۸	۰	۴۰۱۵۷/۷۸	۴۱۴۸۳/۲۸
خودکفایی (گندم)	۲۰۰	۲۴۱۵۸/۶۱	۰	۱۸۴۷۵/۲۹	۲۴۳۵۸/۶۱
خودکفایی (جو)	۲۰۰	۰	-۱۵۳۳۰۰۶/۱۲	۲۱۱۵/۱۹	۲۲۴۵/۷۶

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، ۱۵۳۳۰۰۶/۱۲- ریال برای الگوی منطقه هزینه در بر خواهد داشت.

۲-۴. 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 (۴) ارائه شده است.

جدول ۴. سود محصولات سویا و کلزا در اثر کاهش یا افزایش هزینه‌ها

سود حاصل از افزایش در هزینه‌ها			سود حاصل از کاهش در هزینه‌ها			محصول
۸	۵	۳	۸	۵	۳	درصد تغییرات
۲۵۵۳۱۴۵	۲۷۵۵۴۳۴	۲۸۹۰۲۹۳	۳۶۳۲۰۱۹	۳۴۲۹۷۳۰	۳۲۹۴۹۶۱	کلزا
۱۹۳۹۰۴۴	۲۱۹۷۲۹۳	۲۳۶۹۴۵۸	۳۳۱۶۳۷۱	۳۰۵۸۱۲۲	۲۹۷۵۹۵۶	سویا

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 زیر کشت
سویا	۲۷۶۵۰۸۹	۳۷۸۵۸۶۲	۳۱۹۵/۰۸
کلزا	۲۵۱۱۶۷۵	۲۶۳۷۸۴۲	۱۰۱۷۴/۰۴

منبع: یافته‌های پژوهش

همچنین، مطابق جدول (۶) با افزایش هزینه‌های تولید به میزان ۳ درصد، محصول کلزا وارد برنامه می‌شود؛ اما ورود سویا به برنامه توجیه اقتصادی ندارد.

جدول ۶. 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	۲۶۵۴۹۶۱	۲۷۶۵۰۸۹	۰
کلزا	۲۴۰۶۴۸۳	۲۴۷۸۹۵۱	۱۰۱۷۴/۰۴

منبع: یافته‌های پژوهش

۳-۴. 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 ۱۶۴۲۸۵ 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 ۱۶۴۲۸۵ 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	۰	۱۴۲۸۶۲۱	۱۵۱۶۳۲۷
کلزا	۰	۲۰۴۱۹۸۷	۲۱۳۲۱۱۸
برنج	۴۲۰۹۷/۱۹	۲۳۳۵۴۹۳/۵	۳۰۸۹۶۷۱۵۲
گندم	۳۴۶۱۰/۱۵	۱۷۹۳۷۸۲/۷۵	۱۹۰۲۵۶۳/۴۱

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 مزیت نسبی تولید برای پنج محصول استان مازندران

نرخ ارز	نام محصول	DRC	SCB	NPIC	NPC	EPC	NSP (میلیون ریال)
ریال ۱۵۰۰۰۰	سویا بهاره	۱/۰۷	۱/۰۴	۰/۴۷	۰/۶۵	-۰/۷۷	-۷۷۰۱۲۹/۴
	برنج	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۴۲	۰/۹۷	۰/۸۹	۸۹۵۸۶۷/۷۴
	کلزا	۰/۹۶	۰/۹۸	۰/۴۲	۰/۸۲	۰/۱۹	۱۹۴۷۱۳/۹۶
	گندم	۰/۸	۰/۹	۰/۴۶	۰/۷۲	۱/۲۴	۱۲۴۲۵۹۷
	جو	۱/۹۶	۱/۳	۰/۳۴	۰/۷۳	-۲/۵۶	-۲۵۶۹۷۲۹/۸۶
ریال ۱۶۴۲۸	سویا بهاره	۰/۹۵	۰/۹۷	۰/۴۶	۰/۶	۰/۶۹	۵۱۰۲۹۶/۶
	برنج	۰/۸۴	۰/۹۲	۰/۴۱	۰/۷۵	۱/۱	۴۲۳۶۰۴۴/۲۱
	کلزا	۰/۹۶	۰/۹	۰/۴	۰/۸	۰/۹۵	۱۰۰۱۰۶۱/۷۶
	گندم	۰/۹۶	۰/۸۵	۰/۴۴	۰/۶۶	۰/۹۷	۲۱۲۲۷۹۷
	جو	۱/۶۲	۱/۲۱	۰/۳۴	۰/۶۸	۱/۳۱	-۲۰۱۱۲۴۴/۹۸

منبع: یافته‌های پژوهش

۴-۳-۱. 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 ۱۶۴۲۸ ریال استفاده می‌شود.

- تصریح مدل برنامه‌ریزی در نرخ ارز ۱۵۰۰۰۰ ریالی

$$\text{Max } Z = -770129/37 X_1 + 194713/96 X_2 + 895867/74 X_3 + 1242597 X_4 - 2569729/75 X_5 - 3933 X_6 - 3562/5 X_7 - 4245 X_8 - 134000 X_9 - 198000 X_{10} - 23000 X_{11}$$

Subject to:

$$1) 1/61 X_1 + 1/85 X_2 + 1/25 X_3 + 1/68 X_4 + 1/71 X_5 \leq 117409$$

- ۲) $4000 X_1 + 8000 X_3 \leq 359152000$
 ۳) $10/97 X_1 + 8/38 X_2 + 11/92 X_3 + 9/05 X_4 + 7/69 X_5 \leq 895349$
 ۴) $1/9 X_1 + 1/41 X_2 + 34/26 X_3 + 0/37 X_4 \leq 1443222$
 ۵) $8/15 X_1 + 23/05 X_3 \leq 1011181$
 ۶) $3/32 X_2 + 3/25 X_4 + 4/24 X_5 \leq 112483$
 ۷) $1/41 X_2 + 0/23 X_4 \leq 14350$
 ۸) $8608292/32 X_1 + 7422690 X_2 + 27562775/0 X_3 + 7195183/4 X_4 + 5575348 X_5 \leq 1455214428160$
 ۹) $124 X_1 + 208/05 X_2 + 150/64 X_3 + 218/57 X_4 + 124/72 X_5 - X_6 \leq 12942366$
 ۱۰) $126/81 X_1 + 123/78 X_2 + 122/94 X_3 + 129/17 X_4 + 66/94 X_5 - X_7 \leq 93661176$
 ۱۱) $24/31 X_1 + 33/05 X_2 + 41/23 X_3 + 21/64 X_4 + 3/33 X_5 - X_8 \leq 2464256$
 ۱۲) $1/19 X_1 + 1/15 X_2 + 2/38 X_3 + 1/19 X_4 + 0/58 X_5 - X_9 \leq 137784$
 ۱۳) $0/4 X_1 + 0/07 X_2 + 0/89 X_3 + 0/36 X_4 + 0/66 X_5 - X_{10} \leq 45684$
 ۱۴) $0/58 X_1 + 0/23 X_2 + 18/8 X_3 - X_{11} \leq 784105$
 ۱۵) $X_3 \geq 1800, X_4 \geq 200, X_5 \geq 200$

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، ۷۷۰۱۲۹۴- 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	۱۷۵۴۲۳۶	۱۸۳۷۶۵۲
کلزا	۰	۱۶۴۷۱۳/۹۶	۰	۱۰۹۵۱۴۵	۱۱۴۲۰۶۱
برنج	۳۹۸۲۰/۹	۸۹۵۸۶۷/۷۵	۳۵۶۷۴۲۶۷۶۴۸	۷۶۸۶۹۶/۱۲	۱۰۶۵۳۳۵/۶۲
گندم	۳۴۶۱۰/۱۵	۱۲۴۲۵۹۷	۴۳۰۰۶۴۷۲۱۹۲	۱۰۶۴۵۴۱/۳۷	۱۲۱۷۸۹۴/۷۴
جو	۲۰۰	-۲۵۶۹۷۲۹/۸۶	-۵۱۳۷۶۵۹۵۲	۱۰۴۷۹۸۴	۱۱۳۱۰۹۱
کود ازت	۶۲۰۹۹۷/۰۶	-۳۹۳۳	-۲۴۴۲۳۸۱۵۶۸	-۴۷۷۷/۲۶	۱۸۶۹/۸۴
کود فسفات	۰	-۳۵۶۲/۵	۰	-۲۱۴۳/۲۴	-۱۰۳۴/۴۹
کود پتاس	۰	-۴۲۴۵	۰	-۱۸۴۷/۷۲	۰
علف کشت	۰	-۱۳۴۰۰۰	۰	-۳۶۷۸/۹۱	۰
قارچ کشت	۲۲۱۶/۲۶	-۱۹۸۰۰۰	-۴۳۹۷۲۰۰۹۶	-۳۴۰۸۹۹/۵۹	۰
حشره کشت	۰	-۲۳۴۰۰	۰	-۵۴۶۵۱/۴۱	۰
حداکثر تابع هدف			۲۵۱۷۴۵۷۳۰۵۶۰		
محدودیت	سمت راست	کمبود یا مازاد	قیمت سایه‌ای	Allowable Min.RHS	Allowable Max.RHS
زمین	۱۱۷۴۰۹	۹۴۹۶/۸	۰	۱۰۷۹۲۱/۱۸	۱۱۹۸۴۲/۷۶
آب	۳۵۹۱۵۲۰۰۰	۴۰۵۸۴۷۴۰	۰	۳۱۸۵۶۷۲۶۴	۳۴۱۷۵۴۸۲۱
ماشین‌آلات	۸۹۵۳۴۹	۱۰۷۴۶۱/۹۶	۰	۷۹۶۸۹۶/۱۲	۸۱۲۶۳۸/۷۴
کارگر (۱)	۱۴۴۳۲۲۲	۷۷۶۷۷/۱۹	۰	۱۳۶۵۵۴۴/۷۵	۱۵۲۷۴۹۶/۳۵
کارگر (۲)	۱۰۱۱۱۸۱	۹۳۳۰۹/۱	۰	۹۱۷۹۶۱/۹۶	۹۳۶۶۷۴/۲۱
کارگر (۳)	۱۱۲۴۸۳	۰	۵۴۷۸۶/۳۴	۱۰۷۹۵۹/۵۳	۱۲۵۰۰۷/۵
کارگر (۴)	۱۴۳۵۰	۱۳۵۵۳/۹۶	۰	۷۹۶/۰۳	۸۲۳/۵۷
سرمایه	۱۴۵۵۲۱۴۴۲۸۱۶۰	۱۰۸۶۰۹۷۸۰۶۴۰	۰	۱۳۴۶۶۰۵۵۴۷۵۲۰	۱۶۸۷۴۱۶۲۵۷۸۹۵۳
کود ازت	۱۲۹۴۲۳۶۶	۰	۳۹۳۳	۱۲۰۷۸۵۹۶	۱۳۵۶۳۳۶۳
کود فسفات	۹۳۶۶۱۷۶	۰	۱۰۳۴/۴۹	۹۰۶۰۰۳۳	۹۴۶۰۴۰۳
کود پتاس	۲۴۶۴۲۵۶	۷۳۴۷۶/۲۸	۰	۲۳۹۰۷۷۹/۷۵	۲۵۰۷۶۳۶/۹۱
علف کشت	۱۳۷۷۸۴	۱۸۲۴/۱۵	۰	۱۳۵۹۵۹/۸۴	۱۴۳۸۴۶/۲۶
قارچ کشت	۴۵۶۸۴	۰	۱۹۸۰۰۰	۴۶۸۱۲/۹۷	۴۷۹۰۰/۲۶
حشره کشت	۷۸۴۱۰۵	۳۵۴۷۱/۹۶	۰	۷۴۸۶۳۳/۰۶	۷۵۹۴۱۶/۳۴
خودکفایی (برنج)	۱۸۰۰	۳۸۰۲۰/۹	۰	۳۸۳۴۱/۴	۳۹۸۲۰/۹
خودکفایی (گندم)	۲۰۰	۳۴۴۱۰/۱۵	۰	۳۳۴۸۱/۲۱	۳۴۶۱۰/۱۵
خودکفایی (جو)	۲۰۰	۰	-۳۰۱۱۷۲۶/۳	۷۲۴/۸۴	۷۳۰/۱۸

منبع: یافته‌های پژوهش

۴-۴. 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 (۱۰) ارائه شده است.

جدول ۱۰. درصد تغییرات سطح زیرکشت محصولات در مدل‌ها نسبت به وضع موجود

محصول	الگوی فعلی	مدل بازاری	مدل اجتماعی (نرخ ارز ۱۵۰۰۰۰ ریال)	مدل اجتماعی (نرخ ارز واقعی)
سویا	۷۰۰۰	۳۸۴۹/۳۶	۰	۰
کلزا	۷۹۹۲	۹۷۷۹/۹۶	۰	۰
برنج	۴۱۳۹۴	۴۱۴۸۳/۳۸	۳۹۸۲۰/۹	۴۲۰۹۷/۱۹
گندم	۱۳۴۰۰	۲۴۳۵۸/۶۱	۳۴۶۱۰/۱۵	۳۴۶۱۰/۱۵
جو	۱۰۰۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰

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 ۴۵ 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 ۱۸ 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 ۴۵ 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 (۱۳۹۴)، امیرنژاد و بهمن پوری (۱۳۹۲)، میرزایی، ذاکری‌نیا و شهابی‌فر (۱۳۹۲)، بصیرت و همکاران (۱۳۹۲)، بنلی و کدال (۲۰۰۳) و هاوآری و آرایز (۲۰۰۱) 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 ۴۵ درصد از کشت سویا را کاهش و کشت کلزا را ۱۸ درصد افزایش داد.

نتایج نشان می‌دهد که کاهش هزینه‌های بازاری به مقدار ۳ درصد در محصولات کلزا و سویا، این محصولات در الگوی بهینه کشت استان به منظور کاهش آلودگی‌های زیست محیطی 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 (۱۳۹۴) سازگاری دارد.

همچنین یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد در تولید محصول سویا در مازندران، دولت از بازار نهاده‌ها حمایت کرده، اما از بازار فروش محصول حمایت نمی‌کند. همچنین، محاسبه ضریب حمایت مؤثر (EPC)^۱ برای آن نشان می‌دهد که مجموع اثرات مداخله دولت در بازار محصول و نهاده به زیان تولیدکننده است. لذا با توجه 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 آلودگی‌های زیست‌محیطی 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 دین‌آباد (۱۳۹۴) 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 نمایشگاه‌ها، 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

^۱ Effective Protection Coefficient

به کشت این محصولات دارند؛ این نتیجه با نتایج مطالعه سیاسر و هنر (۱۳۹۶) 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 توجه مسئولان قرار گیرد. بررسی سطح زیر کشت گندم در حالت وجود و عدم وجود حمایت‌های دولت نشان می‌دهد با خارج شدن 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 مقدراری 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 (۱۳۹۴) مطابقت دارد.

منابع

- اصفهانی، سیدمحمدجعفر، نادری مهدیی، کریم، سعدی، حشمت‌الله، دوراندیش، آرش (۱۳۹۶). ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید ذرت علوفه‌ای در خراسان جنوبی. *بوم‌شناسی کشاورزی*، ۱۰ (۱): ۲۸۱-۲۹۸.
- امامی میبدی، علی، خورسندی، مرتضی، مرشدی، بهنام (۱۳۹۴). ارزیابی عوامل موثر بر تخریب محیط زیست با استفاده از شاخص آلودگی آب: مطالعه موردی ایران. *فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران*، ۴ (۱۳): ۸۴-۶۹.
- امیرنژاد، حمید، بهمن‌پوری، صفیه (۱۳۹۲). تلفیق هدف‌های زیست محیطی 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، حسنی نژاد، آسیه، شایان، محسن (۱۳۹۶). ارزیابی آثار سموم شیمیایی کشاورزی بر محیط زیست روستاها (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان زرین دشت). *فصلنامه مدیریت مخاطرات محیطی*، ۴ (۳): ۲۶۲-۲۴۷.
- 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 استخرئی، عباس (۱۳۹۷). ارزیابی اثرهای جانبی رفاهی برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی ذرت‌کاران دشت ارزوئیه کرمان). *فصلنامه تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۱۰ (۳۷): ۸۶-۶۵.
- بهبودی، داود، برزگری دین‌آباد، اسماعیل (۱۳۹۵). تحلیل تجربی فشارهای زیست محیطی تولید ناخالص داخلی در ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۱۹ (۵۴): ۶۰-۴۳.
- ترابی، تقی، خواجوی پور، امین، طریقی، سمانه، پاکروان، محمدرضا (۱۳۹۴). تأثیر مصرف انرژی، رشد اقتصادی و تجارت خارجی بر انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران. *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی*، ۲۹ (۹): ۸۴-۶۳.

- جهانگرد، اسفندیار (۱۳۹۴). اولویت بندی سرمایه گذاری در فعالیت‌های اقتصادی ایران با لحاظ آلودگی‌های زیست محیطی. *مجله مجلس و راهبرد*، ۲۱ (۸۰): ۹۳-۱۱۵.
- خوشنویسان، بنیامین، رفیعی، شاهین، امید، محمود، موسی زاده، حسین (۱۳۹۲). مدل‌سازی و پیش‌بینی شاخص‌های زیست محیطی کشت سیب زمینی 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 گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن در تولید گندم در گرگان. *مجله تولید گیاهان زراعی*، ۵ (۳): ۵۰: ۲۳-۴۴.
- سیاسر، هادی، هنر، تورج (۱۳۹۶). 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، استاذزاد، علی حسین (۱۳۹۴). 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): ۸۵-۱۰۵.
- مزینی، امیرحسین، عصار، عباس، افشاریان، بهناز، رسولی، احمد (۱۳۹۴). بازتعریف رابطه مصرف انرژی و رشد اقتصادی در ایران (رویکرد بخشی - استانی). *فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی*، ۳۰ (۹): ۱۹-۶۷.
- مزینی، امیرحسین، مرادحاصل، نیلوفر (۱۳۹۳). بررسی اثر فعالیت‌های غیر رسمی اقتصادی بر آلودگی هوا (برآورد منحنی زیست محیطی کوزنتس). *مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست*، ۱۶ (۳): ۷۲-۹۴.

- موسوی، سید نعمت‌الله، بوستانی، فردین، نجفی، بهاء‌الدین. (۱۳۸۸). سازگاری اهداف زیست محیطی و اهداف بهره‌برداران کشاورزی. *مجله پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۹ (۱): ۱۲۱-۱۴۵.
- میرزایی، شکیبیا، 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 (۱۳۹۴). تجزیه و تحلیل خسارت‌های رفاهی ناشی از آلودگی‌های زیست‌محیطی در ایران (با رویکرد دینامیک سیستم). *مجله پژوهش‌های اقتصادی (رشد و توسعه پایدار)*، ۱۴ (۴): ۳۰-۵۴.
- یوسف دوست، آسن، محمدرضاپور، ام‌النبی (۱۳۹۴). 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., & Faloon, 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.