نشریه علمی مدیریت اراضی/ جلد ۱۱/ شماره ۱ / ۱۴۰۲. ۴۳-۵۴
https://doi.org/10.22092/lmj.2022.127394

بهینه‌سازی برنامهٔ زراعی مجموعهٔ کشت و صنعت خرمدره

فرهاد بیات[1]*، غلامرضا پیکانی ماچیانی، محمدرضا جهانسوز و سعید سلیمانی

فارغ‌التحصیل دکتری و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران، کرج، ایران. **bayatfarhad@ut.ac.ir**

استاد بازنشستهٔ گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.**rpeykani@ut.ac.ir**

فارغ‌التحصیل دکتری و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران، کرج، ایران.**jahansuz@ut.ac.ir**

مدیر بخش زراعت، کشت و صنعت خرمدره، زنجان، ایران.**saeid_j55@yahoo.com**

دریافت: اردیبهشت ۱۴۰۱ و پذیرش: مرداد ۱۴۰۱

چکیده

امروزه، به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، مجموعه‌های کشت و صنعت به دلایلی مانند قابلیت برنامه‌ریزی آسان‌تر، افزایش تولید غذا، کاهش هزینهٔ مصرف‌کنندگان، تشویق نوآوری و توسعهٔ فناورانه، ایجاد فرصت‌های شغلی و افزایش بازهٔ دسترسی به غذا، نقش مهمی در امنیت غذایی جامعه ایفا می‌کنند. تحقیق حاضر با هدف ارائه برنامهٔ کشت مبتنی بر کمینه‌سازی مصرف آب و بیشینه‌سازی درآمد بخش زراعت مجتمع کشت و صنعت خرمدره به وسعت ۱۲۶۲ هکتار واقع در استان زنجان، انجام شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌های اقتصادی (سری زمانی ۹۹-۱۳۹۰) مربوط به گیاهان زراعی آبی کشت‌شده در این واحد تولیدی شامل گندم، جو، ذرت، کلزا و یونجه، از روش حداقل مربعات معمولی بسط یافته توسط پیکانی در نرم‌افزار لینگو نسخهٔ ۱۸/۰ انجام شد. بر اساس نتایج، سطح زیرکشت محصول جو ۱۱۸/۱۸ درصد افزایش یافت. برخلاف آن، سطح زیرکشت محصولات گندم، کلزا، ذرت علوفه‌ای و یونجه به ترتیب ۳۳/۳۳، ۷۳/۱۹، ۳۴/۷۹ و ۲۰/۴۴ درصد کاهش یافت. در برنامهٔ کشت بهینه‌سازی‌شدهٔ این واحد تولیدی، به‌رغم ثبات نسبی درآمد خالص (۰/۰۹+ درصد)، کل سطح زیرکشت بخش زراعی (۲۵/۸۷- درصد)، مقدار مصرف آب (۲۵/۳۲- درصد)، ساعت کار ماشین‌ها (۲۵/۷۰- درصد)، تعداد نیروی کار (۲۵/۸۷- درصد)، میزان کودها (۳۰/۵۰- درصد) و سموم کشاورزی (۳۹/۴۵- درصد) نسبت به برنامه فعلی کاهش می‌یابد. در این مدل برنامه‌ریزی، هیچ محصولی از برنامهٔ کشت زراعی حذف نشد. برای همین، پیش‌بینی‌های آن واقع‌بینانه به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، برنامه‌ریزی اقتصادی، محصولات زراعی، مجتمع کشاورزی

---

[1]-آدرس ایمیل نویسنده مسئول: bayatfarhad@ut.ac.ir

نوع مقاله: علمی- ترویجی

مقدمه

با توجه به تغییر سریع جمعیت و شهرنشینی، منابع زمین و آب بسیار محدود می‌شوند. متعاقباً، بهینه‌سازی برنامهٔ کشت[1] در سال‌های اخیر مورد توجه گسترده‌ای قرار گرفته است و مدل‌های ریاضی برای تعیین استفادهٔ بهینه از منابع موجود در راستای بیشینه‌سازی منافع خالص تحت برخی محدودیت‌ها توسعه یافته‌اند (چن و همکاران، ۲۰۲۲؛ اُسامه و همکاران، ۲۰۱۷). در واقع، برنامهٔ کشت یا الگوی کشت[2] به نسبت سطح کشت محصولات، اراضی آیش و آرایش مکانی آن‌ها در یک منطقهٔ معین که در بُعد زمانی-مکانی تحت تأثیر مؤلفه‌های اکولوژیک، اقتصادی، اجتماعی و سیاستی قرار می‌گیرد، گفته می‌شود (فائو، ۲۰۲۰).

در ایران اراضی کشاورزی از لحاظ مالکیت به دو دستهٔ خصوصی و حاکمیتی تقسیم می‌شوند. غالب این اراضی دارای مالکیت خصوصی بوده و در اختیار خرده‌مالکین قرار دارند و بقیه اراضی نیز به صورت واحدهای تولیدی منسجم و یکپارچه در دشت‌ها و پایاب سدها واقع هستند که توسط سازمان‌های حاکمیتی اداره می‌شوند (علی بیگی، ۱۳۹۷؛ گروه تحقیقات حقوق عمومی، ۱۳۸۷)؛ به عبارت دیگر، این واحدهای تولیدی، طبق تعریف سازمان مرکزی تعاون روستایی ایران[3] (۲۰۱۸)، از جمله اولین واحدهای تجاری بزرگ تولیدی کشاورزی-صنعتی به شمار می‌روند که در آن‌ها با ترکیب عملیات کشاورزی، صنعتی و خدماتی کلیه مراحل تولید، نگهداری، فرآوری، بازاریابی، توزیع و فروش محصولات به مقیاس وسیع طبق سازوکار بازار در چارچوب سازمان و مدیریتی واحد تحقق می‌پذیرد. بزرگ بودن واحد، سازمان و مدیریت رسمی و تخصصی، سطح اطلاعات و تکنولوژی و توسعه بالا، پیوند کشاورزی و صنعت از ویژگی‌های عمده واحدهای کشت و صنعت محسوب می‌شوند.

امروزه، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، مجموعه‌های کشت و صنعت به دلایلی مانند قابلیت برنامه‌ریزی آسان‌تر (مدیریت واحد و امکانات کافی)، افزایش تولید غذا، کاهش هزینهٔ مصرف‌کنندگان، تشویق نوآوری و توسعهٔ فناورانه، ایجاد فرصت‌های شغلی و افزایش بازهٔ دسترسی به غذا، نقش مهمی در امنیت غذایی جامعه ایفا می‌کنند (ویلکنسون و راشا، ۲۰۰۹؛ هرانی، ۲۰۰۸). برای همین، بهینه‌سازی برنامه‌ها و زنجیره‌های تولید در این نوع واحدهای کشاورزی-تجاری می‌تواند دستیابی به اهدافی مانند افزایش بهره‌وری نهاده‌ها و به دنبال آن، بهبود امنیت غذایی را تسهیل کند (نیکلسون و همکاران، ۲۰۲۱).

تکنیک‌های متنوعی برای بهینه‌سازی برنامه‌های کشت و استفاده مؤثر از منابع موجود توسعه یافته است. به همین ترتیب، از بُعد اقتصادی نیز تحقیقات متعددی در زمینهٔ بهینه‌سازی برنامهٔ کشت انجام شده است. در لیست زیر به‌طور مختصر به ویژگی‌های (محدودیت‌ها، اهداف، روش و مقیاس مورد بررسی) در برخی از این تحقیقات، اشاره شده است (جدول ۱).

1- Cropping Plan Optimization
2- Cropping Pattern
3-Central Organization for Rural Cooperatives of Iran: CORCI

جدول ۱- محدودیت‌ها و اهداف بهینه‌سازی برنامهٔ کشت به همراه روش و مقیاس مورد مطالعه در تحقیقات پیشین

محدودیت‌ها	اهداف	روش	مقیاس	محققان
آب و امنیت غذایی	بیشینه‌سازی بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آب	SWAT & cellular automata	حوزهٔ آبخیز (چین)	(لیو و همکاران، ۲۰۲۲)
سود، زمین، آب، کود، سم، الکتریسیته، سوخت	بیشینه‌سازی سود و کمینه‌سازی اثرات زیست‌محیطی	FL-MOP	منطقه‌ای (ایران)	(مرزبان و همکاران، ۲۰۲۱)
زمین و آب	بیشینه‌سازی سود و کمینه‌سازی برداشت آب از آبخوان	Vensim (DSS) & Powell's method	دشت (ایران)	(براتی و همکاران، ۲۰۲۰)
خشکی، اراضی کشاورزی و تغییر اقلیم	کمینه‌سازی مصرف آب و بیشینه‌سازی سود و تولید	MOSP	استانی (ایران)	(نجف‌آبادی و همکاران، ۲۰۱۹)
اقتصاد، کیفیت آب و امنیت غذایی	کمینه‌سازی رقابت بین کشت گیاه برای غذا و سوخت زیستی	SWAT & MALGAM	حوزهٔ آبخیز (آمریکا)	(فمینا و همکاران، ۲۰۱۸)
زمین، بذر، کودها، نیروی کار و آب	بیشینه‌سازی سود خالص سالانه	Cuckoo Search	ایالتی (هندوستان)	(راث و همکاران، ۲۰۱۷)
زمین، آب، سرمایه، نیروی کار، ماشین، کود و سم	پایداری کشاورزی	AHP & LP	منطقه‌ای (ایران)	(فلاحی و قلی نژاد، ۱۳۹۵)
سطح زیر کشت	بیشینه‌سازی بازده خالص	GAMS	کشوری (اسپانیا)	(گالان-مارتین و همکاران، ۲۰۱۵)
زمین، نیروی کار و آب	بیشینه‌سازی درآمد ناخالص و اشتغال، کمینه‌سازی مصرف آب	LP, GP, FP, FGP (MCDA/MCDM)	کشوری (ایران)	(مرتضوی و همکاران، ۲۰۱۴)
امنیت غذایی و خودکفایی	بیشینه‌سازی سود	FGP (Lingo)	مزرعه‌ای (ایران)	(میرکریمی و همکاران، ۲۰۱۳)

مجتمع کشت و صنعت دشت خرمدره از واحدهای تابعه بنیاد مستضعفان انقلاب اسلامی با داشتن ۱۲۶۲ هکتار اراضی، بزرگ‌ترین مجموعه کشت و صنعت استان زنجان محسوب می‌شود. این شرکت در چهار زمینه شامل دام‌پروری، زراعت، باغبانی و مرغداری فعالیت می‌کند. از کل این اراضی (۱۲۰۰ هکتار)، وسعت اراضی اختصاص‌یافته به زراعت، باغداری، دامداری و مرغداری تا سال ۱۳۹۹ به ترتیب ۶۰۰، ۱۰۰، ۱۰۰ و ۴۰ هکتار بوده است و مابقی نیز به‌صورت ساختمان‌ها، تأسیسات، راه‌ها و اراضی بلا استفاده است. سالیانه سه هزار تن انواع میوه و ۱۵ هزار تن انواع محصولات زراعی تولید می‌کند. علاوه بر آن، دو گاوداری با ۷۵۰۰ رأس، جزو ده دامداری بزرگ تولید شیر غرب کشور، دارای تولید روزانه ۱۲۵ تن است. یک واحد مرغداری با ظرفیت ۶۵ هزار قطعه مرغ مادر نیز از جمله واحدهای تابعه بنیاد در این اراضی است که دو درصد تولید جوجه کشور را تأمین می‌کند.

به‌طورکلی، به دلیل وسعت، مقدار تولید، قرارگیری در مسیر ترانزیتی بین پایتخت و شمال غرب کشور و نزدیکی به مناطق پرجمعیت، لزوم برنامه‌ریزی بهینه برای تولید محصولات زراعی در این مجموعه اجتناب‌ناپذیر است. از این‌رو، تحقیق حاضر نیز با هدف طراحی برنامهٔ کشت زراعی مبتنی بر کمینه‌سازی مصرف برخی نهاده‌ها مانند زمین، آب، کود، سم، نیروی کار و ساعات کار ماشین‌ها و بیشینه‌سازی درآمد بخش زراعت مجتمع کشت و صنعت خرمدره واقع در استان زنجان انجام شد.

روش تحقیق

موقعیت جغرافیایی محل تحقیق

از لحاظ موقعیت جغرافیایی، مجتمع کشت و صنعت خرمدره با محدوده‌ای به وسعت ۱۲۶۲ هکتار در قسمت شمال غرب کشور ایران، در استان زنجان، در شهرستان خرمدره واقع شده است. از لحاظ مختصات جغرافیایی، این مجتمع بین طول جغرافیایی "۳۰ '۱۰ °۴۹ و "۱۸ '۱۵ °۴۹ شرقی و بین عرض جغرافیایی "۱۸ '۱۲ °۳۶ و "۴۲ '۱۴ °۳۶ شمالی قرار دارد. ارتفاع از سطح دریای این محل بین بازهٔ ۱۵۹۰ تا ۱۶۵۰ متر متغیر است.

مدل برنامه‌ریزی در تحقیق

در تحقیق حاضر، برای تجزیه و تحلیل داده‌های اقتصادی سری زمانی ۹۹-۱۳۹۰ مربوط به گیاهان زراعی شامل گندم، جو، ذرت، کلزا و یونجه کشت‌شده در مجموعه کشت و صنعت خرم‌دره، از روش حداقل مربعات معمولی بسط یافته توسط پیکانی[1] با استفاده از نرم‌افزار لینگو نسخهٔ ۱۸/۰ انجام شد. در واقع، روش ارزیابی داده‌های اقتصادی از طریق الگوی برنامه‌ریزی آرمانی غیرخطی[2] بسط یافته توسط پیکانی تحت فرآیند چندگانهٔ تولید با رویکرد تابع تولید بوده است (رابطهٔ ۱). رابطهٔ زیر، شکل کلی این مدل مقعر بوده که دارای عرض از مبدأ است. در این مدل برنامه‌ریزی، محدودیت‌های مورد بررسی شامل زمین (سطح زیرکشت)، آب، کود، سم، نیروی کار و ساعات کار ماشین‌ها بودند. علاوه‌بر آن، هدف این مدل نیز بیشینه‌سازی مقدار سود خالص بخش زراعت و کمینه‌سازی مقادیر مصرف نهاده‌های تولید یا محدودیت‌های تولید (مانند آب، کود، ...) بود.

روش POLS در واقع همان روش OLS است که تحت رهیافت حداکثر آنتروپی[3] با توزیع احتمالاتی و میانگین انتظاری[4] مطرح است. در این روش سعی شده است در حداکثرسازی تابع هدف شانن[5] با استفاده از احتمالات، از نقاط کمکی[6] در نظر گرفته شده برای تخمین پارامترهای مدل اقتصادی و در نتیجه مدل آماری، بیش‌ترین اطلاعات ایجاد شود. در روش POLS با جانشین‌سازی تابع درجهٔ دوم مجموع پسماند، برای هر مدل اقتصادی (خطی، درجهٔ دوم، درجهٔ سوم و ...) و در نتیجه حداقل‌سازی آن تحت رویکرد حداکثر آنتروپی در تابع هدف شانن تحت محدویت‌های ساختاری، شرایط مرتبه اول و نیز توابع احتمالاتی با نقاط حمایتی، می‌توان در مواقع بد وضعیت[7] که تحت آن تعداد پارامترهای یک مدل بیش از تعداد مشاهدات آماری است یا وقتی که مشکلات عدم صحیح بودن علائم پارامترها وجود دارد و یا هنگامی که پارامترها ذاتاً غیرخطی هستند، پارامترهای توابع مختلف را به بهترین وجه برآورد کرد (شعبان‌زاده، ۱۳۹۶).

$$Max\ H_{(B_0,\cdots,B_k)} = -P_{B_{011}} \cdot \log\left(P_{B_{011}}\right) - \cdots - P_{B_{01m}} \cdot \log PB01m \cdots - PB11 \cdot \log PB11 - PB1m \cdot \log PB1m - \cdots - P_{B_{k1}} \cdot \log\left(P_{B_{k1}}\right) - P_{B_{km}} \cdot \log\left(P_{B_{km}}\right) - \sum_{i=1}^{n} u_i^n \quad (1)$$

که در آن:

Max H: تابع مقعر، نشانگر شکل کلی توزیع احتمالات مربوط به نقاط کمکی برای ضرایب؛ B: نشانگر پارامترها؛ m: بیانگر تعداد نقاط کمکی؛ P: نشانگر سطح احتمال؛ u: بیانگر پسماند.

داده‌های اولیه

داده‌های اولیه شامل نوع محصول زراعی (گندم، جو، کلزا، ذرت علوفه‌ای و یونجه)، سطح زیرکشت و عملکرد آن‌ها بود (جدول ۱). همچین، نوع و مقدار نهاده‌های مورد استفاده برای تولید این محصولات زراعی، مانند بذر، کودها (نیتروژن، فسفر و پتاسیم)، مقدار کل سموم، میزان آب آبیاری، تعداد نیروی کار و نهایتاً ساعت کار ماشین‌های کشاورزی (جدول ۲)، در دورهٔ تولید ۱۰ سالهٔ اخیر (۱۳۹۰-۹۹) از بخش زراعت مجتمع کشت و صنعت خرمدره دریافت و مرتب شد.

1- Peykani Ordinary Least Squares: POLS
2- Nonlinear Goal Programming: NGP
3- Maximum Entropy: ME
4- Expected Value: EV
5- Shannon
6- Support Points
7- Ill-posed situation

جدول ۱- سطح زیر کشت و مقدار عملکرد محصولات زراعی در مجموعهٔ کشت و صنعت خرمدره (۱۳۹۰-۹۹)

سال	گندم		جو		کلزا		ذرت علوفه‌ای		یونجه	
	سطح (ha)	عملکرد (kg/ha)	سطح (ha)	عملکرد (kg/ha)	سطح (ha)	عملکرد (kg/ha)	سطح (ha)	عملکرد (kg/ha)	سطح (ha)	عملکرد (kg/ha)
۱۳۹۰	۵۵	۷۶۵۰	۷۰	۶۸۷۰	۱۵	۳۱۳۰	۱۷۵	۷۶۵۵۰	۱۱۴	۱۴۵۰۰
۱۳۹۱	۴۰	۵۷۰۰	۵۲	۵۶۹۰	۲۰	۲۲۵۰	۱۰۵	۶۹۹۵۰	۱۱۴	۱۵۰۴۰
۱۳۹۲	۲۹	۸۷۰۰	۸۰	۷۲۰۰	۱۷	۳۱۲۰	۱۲۳	۷۲۸۹۰	۱۲۴	۱۴۵۹۰
۱۳۹۳	۴۸	۷۵۶۰	۶۵	۷۷۱۰	۸	۳۵۰۰	۱۱۴	۷۲۸۲۰	۱۱۰	۱۳۱۷۰
۱۳۹۴	۵۰	۷۶۴۰	۶۷	۷۷۳۰	۱۷	۳۵۶۰	۱۶۰	۷۵۱۸۰	۱۲۸	۱۲۰۳۰
۱۳۹۵	۵۰	۷۸۲۰	۶۷	۸۳۶۰	۲۵	۴۳۶۰	۱۲۰	۷۲۷۰۰	۱۲۹	۱۰۴۳۰
۱۳۹۶	۷۵	۸۳۶۰	۲۲	۷۹۵۰	۷۰	۲۳۷۰	۱۱۵	۸۰۳۱۰	۱۲۱	۱۸۰۰۰
۱۳۹۷	۷۴	۸۳۱۰	۸	۸۱۳۰	۱۰۵	۴۴۲۰	۱۰۰	۷۹۳۶۰	۱۲۱	۱۶۶۹۰
۱۳۹۸	۶۵	۸۳۰۰	۲۲	۸۱۲۰	۷۰	۳۹۴۰	۸۸	۸۵۸۰۰	۱۰۸	۱۸۰۳۰
۱۳۹۹	۱۰۰	۱۰۶۴۰	۴۸	۹۴۵۰	۲۵	۴۹۸۰	۷۵	۷۷۴۲۰	۱۰۸	۱۸۲۸۰

جدول ۲- متوسط مقدار نهاده‌های مصرفی برای تولید برخی محصولات زراعی در کشت و صنعت خرمدره

محصول	بذر	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آب آبیاری	نیروی کار	ساعت کار ماشین‌ها	سموم
	kg/ha				m^3/ha	n/ha	hrs./ha	L/ha
گندم	۲۲۰	۲۸۱	۱۳۴/۵	۱۵۴	۷۰۱۶	۵	۶	۱
جو	۱۸۰	۱۸۴	۹۲	۹۲	۶۰۷۱	۵	۶	۰/۵
کلزا	۶/۵	۲۹۹	۱۵۶	۱۴۲,۵	۷۴۹۸	۵	۶/۵	۶/۵
ذرت	۳۰	۵۲۷	۱۰۳	۲۵۸	۷۴۷۹	۵	۷	۲
یونجه	۳۵	۵۲	۱۷۲	۱۳۳	۱۱۸۰۹	۵	۸	۲
مجموع		۱۳۴۲	۶۵۸	۷۷۹	۳۹۸۷۳	۲۵	۳۴	۱۲

داده‌های ثانویه

به منظور تعیین بهترین ترکیب کشت در برنامهٔ زراعی مجتمع کشت و صنعت خرمدره با استفاده از مدل برنامه‌ریزی پیکانی در نرم‌افزار لینگو، داده‌های ثانویه این بخش شامل مقادیر هزینهٔ تولید، درآمد ناخالص و درآمد خالص مربوط به پنج محصول زراعی شامل گندم و جو (جدول ۳)، کلزا و ذرت علوفه‌ای (جدول ۴)، یونجه و مجموع این متغیرهای اقتصادی برای تمامی این محصولات (جدول ۵) بر اساس داده‌های اولیه سالانه مانند سطح زیرکشت، میزان عملکرد در واحد سطح و مقدار نهاده‌های مصرفی، بر مبنای قیمت خرید و فروش هر واحد محصول در سال ۱۳۹۹ مورد محاسبه قرار گرفتند. با توجه به داده‌های ثانویه شامل هزینهٔ تولید، درآمد ناخالص و خالص حاصل از سری زمانی ۱۰ ساله در مجتمع کشت و صنعت خرمدره، ترکیب کشت سال ۱۳۹۶ بیش‌ترین سود خالص را داشته است. با استفاده از این داده‌ها و به‌وسیلهٔ حداقل مربعات بسط یافتهٔ پیکانی، انواعی از فرم‌های تابع تولید برای هر یک از محصولات زراعی مورد برازش قرار گرفتند تا یک تابع تولید مناسب که رفتار واقعی این واحد تولیدی در این یک دههٔ اخیر را توضیح دهد، شناسایی و شبیه‌سازی شود.

جدول ۳- درآمد ناخالص، هزینهٔ تولید و درآمد خالص محصول زراعی گندم و جو در کشت و صنعت خرمدره

سال	گندم			جو		
	درآمد ناخالص	هزینهٔ تولید	درآمد خالص	درآمد ناخالص	هزینهٔ تولید	درآمد خالص
	میلیون ریال			میلیون ریال		
۱۳۹۰	۱۶۸۳۰	۵۵۸۴/۱	۱۱۲۴۵/۹	۱۹۲۳۶	۶۳۷۵/۸	۱۲۸۶۰/۲
۱۳۹۱	۹۱۲۰	۳۷۷۲/۲	۵۳۴۷/۸	۱۱۸۳۵/۲	۴۸۹۶/۶	۶۹۳۸/۶
۱۳۹۲	۱۰۰۹۲	۳۰۶۱/۱۴	۷۰۳۰/۹	۲۳۰۴۰	۷۱۸۸/۸	۱۵۸۵۱/۲
۱۳۹۳	۱۴۵۱۵/۲	۴۸۷۳/۴	۹۶۴۱/۸	۲۰۰۴۶	۵۷۶۹/۹	۱۴۲۷۶/۱
۱۳۹۴	۱۵۲۸۰	۵۰۷۶/۵	۱۰۲۰۳/۶	۲۰۷۱۶/۴	۵۹۴۷۰/۵	۱۴۷۶۸/۹
۱۳۹۵	۱۵۶۴۰	۵۱۵۵	۱۰۴۸۵	۲۲۴۰۴/۸	۶۰۲۰/۷	۱۶۳۸۴/۱
۱۳۹۶	۲۵۰۸۰	۷۸۹۱/۵	۱۷۱۸۸/۵	۶۹۹۶	۱۹۵۳	۵۰۴۳۰
۱۳۹۷	۲۴۵۹۷/۶	۷۷۸۶/۳	۱۶۸۱۱/۳	۲۶۰۱/۶	۷۱۸/۴	۱۸۸۳/۲
۱۳۹۸	۲۱۵۸۰	۶۸۳۹/۳	۱۴۷۴۰/۷	۷۱۴۵/۶	۱۹۷۵/۵	۵۱۷۰/۱
۱۳۹۹	۴۲۵۶۰	۱۱۵۳۲/۷	۳۱۰۲۷/۳	۱۸۱۴۴	۴۴۱۸/۲	۱۳۷۲۵/۸

جدول ۴- درآمد ناخالص، هزینهٔ تولید و درآمد خالص محصول زراعی کلزا و ذرت علوفه‌ای در کشت و صنعت خرمدره

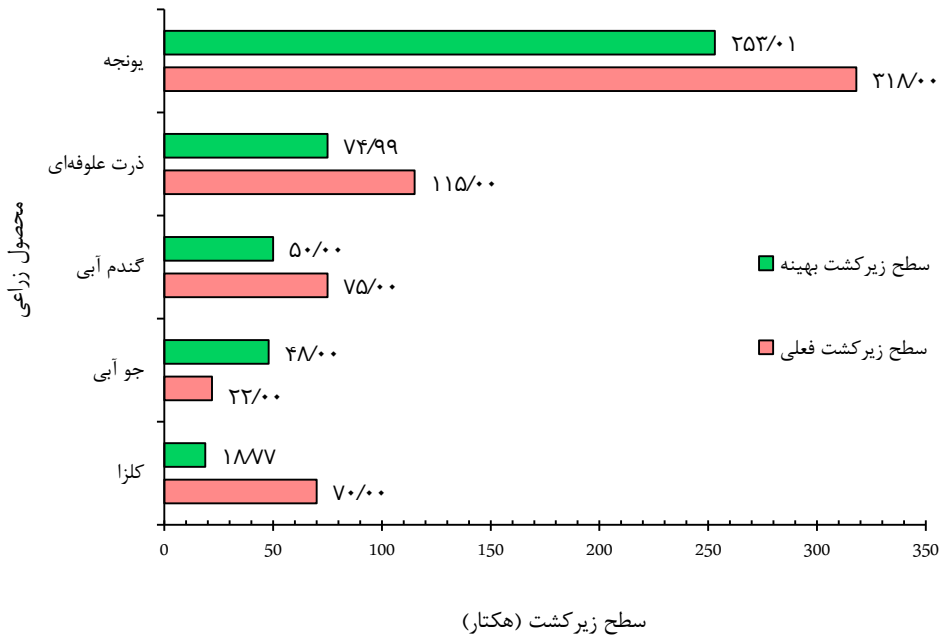
سال	کلزا			ذرت علوفه‌ای		
	درآمد ناخالص	هزینهٔ تولید	درآمد خالص	درآمد ناخالص	هزینهٔ تولید	درآمد خالص
	میلیون ریال			میلیون ریال		
۱۳۹۰	۳۶۶۲/۱	۱۶۹۶/۴	۱۹۶۵/۷	۱۳۳۹۶۲/۵	۵۵۷۴۴/۵	۷۸۲۱۸
۱۳۹۱	۳۵۱۰	۲۱۴۳/۷	۱۳۶۶/۳	۷۳۴۴۷/۵	۳۳۳۳۴/۹	۴۰۱۱۲/۶
۱۳۹۲	۴۱۳۷/۱	۱۹۳۲/۴	۲۲۰۴/۷	۸۹۶۵۴/۷	۳۹۱۶۴	۵۰۴۹۰/۷
۱۳۹۳	۲۱۸۴	۹۲۸	۱۲۵۶	۸۳۰۱۴/۸	۳۶۰۱۳/۷	۴۷۰۰۱/۱
۱۳۹۴	۴۷۲۰/۶	۱۹۹۳	۲۷۲۷/۶	۱۲۰۲۸۸	۵۰۶۱۲/۵	۶۹۶۷۵/۵
۱۳۹۵	۸۵۰۲	۳۱۲۹/۶	۵۳۷۲/۴	۸۷۲۴۰	۳۷۹۷۵/۳	۴۹۲۶۴/۷
۱۳۹۶	۱۲۹۴۰/۲	۷۴۱۰/۴	۵۵۲۹/۸	۹۲۳۵۶/۵	۳۶۶۹۱/۷	۵۵۶۶۴/۸
۱۳۹۷	۳۶۱۹۹/۸	۱۳۰۱۲/۷	۲۳۱۸۷/۱	۷۹۳۶۰	۳۱۶۶۰/۹	۴۷۶۹۹/۱
۱۳۹۸	۲۱۵۱۲/۴	۸۳۶۶/۵	۱۳۱۴۵/۹	۷۵۵۰۴	۲۸۰۶۰/۴	۴۷۴۴۳/۶
۱۳۹۹	۹۷۱۱	۳۲۱۰/۲	۶۵۰۰/۸	۵۸۰۶۵	۲۳۶۰۹/۷	۳۴۴۵۵/۳

جدول ۵- درآمد ناخالص، هزینهٔ تولید و درآمد خالص محصول زراعی یونجه و همهٔ محصول‌ها در کشت و صنعت خرمدره

سال	یونجه			همه محصول‌ها		
	درآمد ناخالص	هزینهٔ تولید	درآمد خالص	درآمد ناخالص	هزینهٔ تولید	درآمد خالص
	میلیون ریال			میلیون ریال		
۱۳۹۰	۱۶۶۵۹۰/۸	۷۵۹۵۶/۱	۹۰۶۳۴/۷	۳۴۰۲۸۱/۴	۱۴۵۳۵۶/۸	۱۹۴۹۲۴/۶
۱۳۹۱	۲۱۶۷۵۸/۹	۱۰۲۰۷۴/۳	۱۱۴۶۸۴/۶	۳۱۴۶۷۱/۶	۱۴۶۲۲۱/۶	۱۶۸۴۴۹/۹
۱۳۹۲	۲۰۹۵۳۶/۵	۹۳۵۴۵/۹	۱۱۵۹۹۰/۶	۳۳۶۴۶۰/۳	۱۴۴۸۹۲/۲	۱۹۱۵۶۸
۱۳۹۳	۱۷۴۵۳۲/۱	۹۷۲۷۷/۱	۷۷۲۵۵	۲۹۴۲۹۲/۱	۱۴۴۸۶۲/۱	۱۴۹۴۳۰
۱۳۹۴	۱۵۱۸۷۳/۹	۸۱۵۵۲/۸	۷۰۳۲۱/۱	۳۱۲۸۷۸/۹	۱۴۵۱۸۲/۲	۱۶۷۶۹۶/۷
۱۳۹۵	۱۵۰۱۳۲/۸	۹۰۰۸۱/۲	۶۰۰۵۱/۶	۲۸۳۹۱۹/۶	۱۴۲۳۶۱/۷	۱۴۱۵۵۷/۹
۱۳۹۶	۲۲۸۵۵۹/۳	۸۴۷۵۱	۱۴۳۸۰۸/۳	۳۶۵۹۳۲	۱۳۸۶۹۷/۵	۲۲۷۲۳۴/۵
۱۳۹۷	۲۰۸۶۴۵/۸	۸۳۴۱۸/۴	۱۲۵۲۲۷/۴	۳۵۱۴۰۴/۸	۱۳۶۵۹۶/۷	۲۱۴۸۰۸/۱
۱۳۹۸	۲۲۸۰۹۱/۱	۹۴۶۱۱/۹	۱۳۳۴۷۹/۱	۳۵۳۸۳۳/۱	۱۳۹۸۵۳/۶	۲۱۳۹۷۹/۴
۱۳۹۹	۲۲۹۲۹۹/۸	۹۳۸۱۲/۴	۱۳۵۴۸۷/۴	۳۵۷۷۷۹/۸	۱۳۶۵۸۳/۲	۲۲۱۱۹۶/۶

نتایج و بحث

با توجه به مجموع درآمد خالص سالانه در بخش زراعی کشت و صنعت خرمدره به‌ویژه در چهار سال آخر مورد بررسی (۱۳۹۶-۹۹) نسبت به پنج سال اول (۱۳۹۰-۹۵) می‌توان اظهار داشت که در سال‌های اخیر سودآوری در این واحد تولیدی، به میزان ۲۹/۸۱ درصد افزایش یافته است (جدول ۵). طبق نتایج مدل برنامه‌ریزی پیکانی، در الگوی بهینه نسبت به الگوی فعلی (مشاهده‌شده) سطح زیر کشت محصول جو (۱۱۸/۱۸+ درصد) افزایش و محصولات گندم (۳۳/۳۳- درصد)، کلزا (۷۳/۱۹- درصد)، ذرت علوفه‌ای (۳۴/۷۹- درصد) و یونجه (۲۰/۴۴- درصد) کاهش یافت (شکل ۱). در واقع، جو تنها محصولی بود که با افزایش در سطح زیر کشت مواجه شد و این در حالی بود که مدل بیش‌ترین کاهش در سطح زیر کشت را به کلزا اختصاص داده بود. در رابطه با محصول جو بر خلاف کلزا، این‌طور به نظر می‌رسد که علاوه‌بر توقع کم نسبت به مصرف نهاده‌های تولید، داشتن قیمت فروش مناسب به ازای هر واحد آن و در نهایت درآمد خالص زیاد یکی از دلایل واکنش مثبت مدل به افزایش سطح زیر کشت این محصول بوده است؛ به عبارت دیگر، رابطهٔ میزان تخصیص نهاده و میزان سودآوری در گیاه مانند رابطهٔ میزان تخصیص نهاده و رشد گیاه است که به‌طور واضح از قانون بازده نزولی میچرلیخ[1] پیروی می‌کند. از نقطه نظر اقتصادی، افزایش قیمت کود، همراه با استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، به افزایش هزینه‌های نهاده و در نتیجه، منجر به تولید محصول با سودآوری کم‌تر شده است (داکال و لانگ، ۲۰۲۱).



شکل ۱- سطح زیر کشت محصولات در برنامهٔ زراعی بهینه‌سازی‌شده و برنامه کشت فعلی (مشاهده‌شده)

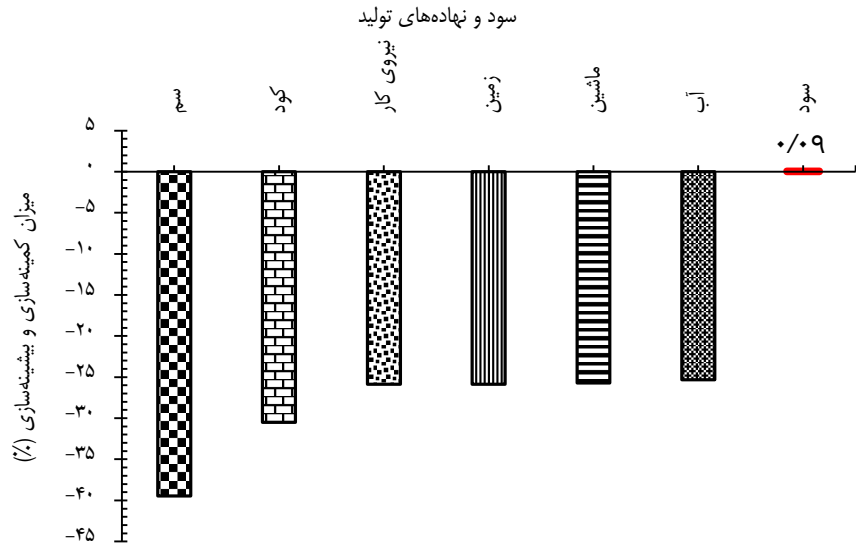
از طرف دیگر، در برنامهٔ کشت بهینه‌سازی‌شدهٔ این واحد تولیدی (جدول ۶)، به‌رغم ثبات نسبی درآمد خالص (۰/۰۹+ درصد)، کل سطح زیر کشت بخش زراعی (۲۵/۸۷- درصد)، مصرف آب (۲۵/۳۲- درصد)، ساعت کار ماشین‌ها (۲۵/۷۰- درصد)، نیروی کار (۲۵/۸۷- درصد)، کودها (۳۰/۵۰- درصد) و سموم کشاورزی (۳۹/۴۵- درصد) نسبت به برنامه کشت فعلی کاهش نشان داد (شکل ۲). نتایج بیانگر این است که در زراعت گیاه

1- Mitscherlich's Law of Diminishing Returns

کلزا، سود خالص پایین باعث افت سطح زیر کشت این محصول راهبردی در برنامهٔ بهینه شده است. به‌طور کلی، دلایلی مانند عملکرد پایین (رهبان و همکاران، ۱۴۰۰؛ عاقل و ذوقی، ۱۳۸۸)، مقادیر مصرف آب (سپهوند، ۱۳۸۸)، کود (میرکریمی و همکاران، ۱۳۹۳) و سموم (محسنی و همکاران، ۱۳۸۸) بیش‌تر، مشکلات برداشت (تقی‌نژاد و مستوفی سرکاری، ۱۳۹۲) و در نهایت، هزینهٔ تولید بالا (شرفی‌پور و احمدوند، ۱۳۹۷) منجر به کاهش سود خالص در زراعت کلزا نسبت به گیاهان رقیب می‌شوند. در نتیجهٔ بهینه‌سازی به‌وسیلهٔ مدل ریاضی توسعه‌یافته توسط پیکانی، هیچ یک از محصولات زراعی از برنامه کشت فعلی حذف نشدند. به همین دلیل، می‌توان گفت که پیش‌بینی‌های این مدل واقع‌بینانه بوده است.

جدول ۷- میزان مصرف نهاده‌ها در برنامهٔ کشت موجود (فعلی) و برنامهٔ کشت بهینه

محصول	سطح زیر کشت (ha)		مصرف آب (m^3)		مصرف کود (kg)		مصرف سم (L)		نیروی کار (n)		کار ماشین (hrs.)	
	موجود	بهینه	موجود	بهینه	موجود	بهینه	موجود	بهینه	موجود	بهینه	موجود	بهینه
کلزا	۷۰	۱۸/۸	۵۲۴۸۸۳/۳	۱۴۰۷۴۳/۷	۴۱۸۲۵	۱۱۲۱۵/۰	۴۵۵	۱۲۲	۳۵۰	۹۳/۸۵	۴۵۵	۱۲۲/۰
جو	۲۲	۴۸	۱۳۳۵۷۱/۴	۲۹۱۴۲۸/۸	۸۰۸۶	۱۷۶۴۲/۰	۱۱	۲۴	۱۱۰	۲۴۰	۱۳۲	۲۸۸/۰
گندم	۷۵	۵۰	۵۲۶۱۶۲/۵	۳۵۰۷۷۵/۰	۴۲۶۷۵	۲۸۴۵۰/۰	۷۵	۵۰	۳۷۵	۲۵۰	۴۵۰	۳۰۰/۰
ذرت	۱۱۵	۷۵	۸۶۰۰۶۴/۲	۵۶۰۸۳۶/۷	۱۰۲۱۲۰	۶۶۵۹۱/۱	۲۳۰	۱۵۰	۵۷۵	۳۷۴/۹۵	۸۰۵	۵۲۴/۹
یونجه	۳۱۸	۲۵۳	۳۷۵۵۲۱۹/۶	۲۹۸۷۷۶۱/۴	۱۱۳۵۲۶	۹۰۳۲۴/۶	۶۳۶	۵۰۶	۱۵۹۰	۱۲۶۵	۲۵۴۴	۲۰۲۴/۱
مجموع	۶۰۰	۴۴۴٫۸	۵۷۹۹۹۰۱/۱	۴۳۳۱۵۴۵/۳	۳۰۸۲۳۱/۹	۲۱۴۲۲۲/۷	۱۴۰۷	۸۵۲	۳۰۰۰	۲۲۲۳/۹	۴۳۸۶	۳۲۵۹/۰



شکل ۲- وضعیت نهاده‌ها و ستاده در برنامهٔ کشت زراعی بهینه‌سازی‌شده

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج حاصل از برنامه‌ریزی به‌وسیلهٔ مدل حداقل مربعات معمولی بسط یافته توسط پیکانی، نشان داد که بدون حذف محصولی خاص از برنامهٔ کشت زراعی نیز امکان برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی برای تخصیص سطح زیر کشت برای همه گزینه‌ها وجود دارد؛ به عبارت دیگر، پیش‌بینی‌های این مدل واقع‌بینانه به نظر می‌رسد. با این وجود، اساس اولویت‌بندی محصول و تخصیص سطح زیر کشت همچنان وابسته به سودآوری است. در واقع، مدل با در نظر گرفتن سود خالص سالانه در یک دورهٔ معیّن، بهترین ترکیب کشت زراعی را برای این واحد تولیدی انتخاب کرده است.

ارزیابی کارآیی برنامهٔ زراعی و تولیدی در مجتمع‌های کشت و صنعت سراسر کشور یک ضرورت ملی محسوب می‌شود؛ زیرا با برنامه‌ریزی کشت مبتنی بر نیازها و واقعیت‌های بازار توسط محققان عرصهٔ کشاورزی، کار سیاست‌گذاری در راستای تضمین امنیت غذایی جامعه تسهیل می‌یابد.

به‌طور کلی، پیشنهاد می‌شود که در اصلاح و بازطراحی الگوهای کشت رایج در کشور، محصولاتی با بهره‌وری بالا و کم‌توقع مانند جو، سورگوم، ارزن علوفه‌ای و چغندر علوفه‌ای نیز در نظر گرفته شوند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله، از تمامی کارکنان مجتمع کشت و صنعت خرمدره بابت همکاری آن‌ها در ارائه داده‌ها و اطلاعات در اجرای این پژوهش تشکر می‌نمایند.

فهرست منابع

۱. تقی نژاد، ج.، و مستوفی سرکاری، م.ر. (۱۳۹۲). ارزیابی فنی و اقتصادی تلفات واحد برش کمباین در مراحل مختلف رسیدگی با سه دماغه متداول کلزا. ماشین آلات کشاورزی، ۳(۲): ۱۵۴-۱۶۲.

۲. رهبان س.، ترابی، ب.، سلطانی، ا.، و زینلی، ا. (۱۴۰۱). تعیین خلأ عملکرد و پتانسیل افزایش تولید کلزای آبی در ایران. به زراعی کشاورزی، ۲۴(۲): ۳۹۳-۴۰۶.

۳. سپهوند، م. (۱۳۸۸). مقایسه نیاز آبی، بهره‌وری آب و بهره‌وری اقتصادی آن در گندم و کلزا در غرب کشور در سال‌های پر باران. پژوهش آب ایران، ۳(۱): ۶۳-۶۸.

۴. شرفی‌پور، ل.، احمدوند، م. (۱۳۹۷). واکاوی بازدارنده‌های توسعه کشت کلزا (*Brassica napus*) در شهرستان اُرزوئیه. پژوهش‌های ترویج و آموزش کشاورزی، ۱۱(۴): ۴۷-۵۸.

۵. شعبان‌زاده، م. (۱۳۹۶). *تدوین الگوی کشت ترکیب بهینهٔ ابزارهای سیاستی آب‌اندوز در زیربخش زراعت استان قزوین*. رسالهٔ دکتری. دانشکدهٔ اقتصاد و توسعهٔ کشاورزی دانشگاه تهران، ایران.

۶. عاقل، ح.، و ذوقی، م. (۱۳۸۸). بررسی مهمترین موانع و مشکلات توسعه کشت کلزا در خراسان. پژوهش‌های زراعی ایران، ۷(۲): ۵۰۵-۵۱۴.

۷. علی‌بیگی، ج. (۱۳۹۷). بررسی نظام حقوقی بهره‌برداری جوامع روستایی و عشایری از منابع طبیعی در ایران. انسان و محیط زیست، ۱۶(۱): ۷۵-۹۳.

۸. فلاحی، ا.، و قلی نژاد، س. (۱۳۹۵). الگوی بهینه‌ی کشت مبتنی بر معیارهای چندگانه‌ی اقتصادی، منطقه‌ای و پایداری کشاورزی در شهرستان ساری؛ کاربرد الگوی تلفیقی AHP و برنامه‌ریزی خطی. اقتصاد و توسعه کشاورزی، ۳۰(۱): ۳۷-۴۹.

۹. گروه تحقیقات حقوق عمومی. (۱۳۸۷). نظام حقوقی مالکیت زمین در سـایر کشـورها و ارتباط آن با پدیده زمین‌خواری. اطلاعات حقوقی، ۶(۱۵): ۴۱-۶۷.

۱۰. محسنی، ا.، و زیبایی، م. (۱۳۸۸). تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در دشت نمدان استان فارس: کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت. مجله علوم آب و خاک. ۱۳(۴۷): ۷۸۴-۷۷۳.

۱۱. میرکریمی، ش.، جولایی، ر.، اشراقی، ف.، و شیرانی بیدآبادی، ف. (۱۳۹۵). مدیریت الگوی کشت محصولات زراعی با تأکید بر ملاحظات زیست محیطی (مطالعه موردی شهرستان آمل). فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۸(ویژه‌نامه شماره ۲): ۲۵۳-۲۶۳.

12. Barati, K., Abedi Koupai, J., Darvishi, E., Arzani, A., & Yousefi, A. (2020). Crop pattern optimization using system dynamics approach and multi-objective mathematical programming. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *22*(5), 1397-1412.
13. Central Organization for Rural Cooperatives of Iran. (2018). *Agro-industries: Introduction of private agro-industry companies*. Retrieved January 7, 2022, from https://old.corc.ir/page-main/fa/0/form/pId1074.
14. Chen, Y., Zhou, Y., Fang, S., Li, M., Wang, Y., & Cao, K. (2022). Crop pattern optimization for the coordination between economy and environment considering hydrological uncertainty. *Science of The Total Environment*, *809*, 151152.
15. Dhakal, C., & Lange, K. (2021). Crop yield response functions in nutrient application: A review. *Agronomy Journal*, *113*(6), 5222-5234.
16. Femeena, P. V., Sudheer, K. P., Cibin, R., & Chaubey, I. (2018). Spatial optimization of cropping pattern for sustainable food and biofuel production with minimal downstream pollution. *Journal of environmental management*, *212*, 198-209.
17. Food and Agriculture Organization. (2020). *Cropping Pattern*: FAO in the Islamic Republic of Iran. Retrieved December 12, 2020, from http://www.fao.org/iran/news/detail-events/en/c/1279479/
18. Galán-Martín, Á., Pozo, C., Guillén-Gosálbez, G., Vallejo, A. A., & Esteller, L. J. (2015). Multi-stage linear programming model for optimizing cropping plan decisions under the new Common Agricultural Policy. *Land use policy*, *48*, 515-524.
19. Herani, G. M. (2008). *Agro-based industry of Tharparkar and barrage area of Sindh: Solutions and suggested policy*. Retrieved January 7, 2022, from https://mpra.ub.uni-muenchen.de/12137.
20. Liu, Q., Niu, J., Wood, J. D., & Kang, S. (2022). Spatial optimization of cropping pattern in the upper-middle reaches of the Heihe River basin, Northwest China. *Agricultural Water Management*, *264*, 107479.
21. Marzban, Z., Asgharipour, M. R., Ghanbari, A., Ramroudi, M., & Seyedabadi, E. (2021). Evaluation of environmental consequences affecting human health in the current and optimal cropping patterns in the eastern Lorestan Province, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(5), 6146-6161.
22. Mirkarimi, S. H., Joolaie, R., Eshraghi, F., & Abadi, F. S. B. (2013). Application of fuzzy goal programming in cropping pattern management of selected crops in Mazandaran province (case study Amol Township). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *6*(15), 1062.
23. Mortazavi, S., Hezareh, R., Ahmadi Kaliji, S., Shayan Mehr, S. (2014). Application of Linear and Non-linear Programming Model to Assess the Sustainability of Water

Resources in Agricultural Patterns. *International Journal of Agricultural Management and Development*, *4*(1), 27-32.

24. Najafabadi, M. M., Ziaee, S., Nikouei, A., & Borazjani, M. A. (2019). Mathematical programming model (MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: A case study. *Agricultural Systems*, *173*, 218-232.
25. Nicholson, C. F., Stephens, E. C., Kopainsky, B., Jones, A. D., Parsons, D., & Garrett, J. (2021). Food security outcomes in agricultural systems models: Current status and recommended improvements. *Agricultural Systems*, *188*(103028), 1-28.
26. Osama, S., Elkholy, M., & Kansoh, R. M. (2017). Optimization of the cropping pattern in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, *56*(4), 557-566.
27. Rath, A., Biswal, S., Samantaray, S., & Swain, P. C. (2017, August). Derivation of optimal cropping pattern in part of Hirakud command using Cuckoo search. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 225, No. 1, p. 012068). IOP Publishing.
28. Wilkinson, J., & Rocha, R. (2009). Agro-industry trends, patterns and development impacts. *Agroindustries for Development, Wallingford, UK: CABI for FAO and UNIDO*, 46-91.

Optimization of cropping pattern at Khorramdarreh Agro-industrial Complex

F. Bayat*, Gh. R. Peykani Machiani, M. R. Jahansuz, and S. Soleimani

Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, University of Tehran, Karaj, Iran. **bayatfarhad@ut.ac.ir**

Prof., Department of Agricultural Economics, University of Tehran, Karaj, Iran. **rpeykani@ut.ac.ir**

Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, University of Tehran, Karaj, Iran. **jahansuz@ut.ac.ir**

Director, Division of Agronomy, Khorramdareh Agro-Industrial Complex, Zanjan, Iran. **saeid_j55@yahoo.com**

Received: May 2022 and Accepted: August 2022

Abstract

Nowadays, agro-industrial complexes play an important role in food security, especially in developing countries, due to their advantages such as facilitating planning, increasing food production, reducing consumer costs, encouraging innovation and technological development, creating job opportunities, and enhancing food availability. The current study was performed to develop a cultivation program that would minimize water consumption and maximize income at Khorramdareh agro-industrial complex covering an area of 1262 ha in Zanjan Province. The ordinary least squares method (POLS) due to Peykani was used in Lingo v.18 to analyze the economic data sets (the 2100-2020 time series) on irrigated crops including wheat, barley, corn, canola, and alfalfa at the complex under study. The results indicated an increase of 118.18% in the area under barley cultivation. In contrast, the areas under wheat, canola, maize, and alfalfa cultivations decreased by 33.33%, 73.19%, 34.79%, and 20.44%, respectively. It was also found that the optimized cropping pattern developed for the complex would decrease the total cultivated area (by 25.87%), water consumption (25.32%), machine working hours (25.70%), labor (25.87%), as well as fertilizer (30.50%) and pesticide (39.45%) consumptions compared to those measured for the current cropping pattern although the current net income would remain almost invariable (showing an increase of only +0.09%) while no crop would be removed from the current pattern. It was, therefore, concluded that the estimations seemed realistic.

Keywords: Agricultural complex, Cropping pattern, Crops, Economic planning

* - Corresponding author's email: bayatfarhad@ut.ac.ir