

نشریه علمی  
اقتصاد و توسعه کشاورزی  
(علوم و صنایع کشاورزی)



جلد ۳۵ شماره ۲  
سال ۱۴۰۰

شاپا: ۴۷۲۲-۲۰۰۸

شماره پیاپی ۵۲

عنوان مقالات

۱۰۵..... هزینہ یابی جریان مواد و انرژی سبزمینی در استان همدان  
مجید دکامین

۱۲۱..... بررسی ترجیحات مصرف-کنندگان برنج برای برنامه پرداخت برای خدمات اکوسیستم رودخانه سفیدرود  
پروا تنکبار- حمید امیرنژاد- سمیه شیرزادی لسکو کلایه

۱۳۳..... تحلیل پوششی داده‌ها در شرایط عدم قطعیت برای بهبود انرژی مصرفی باغات کیوی استان مازندران  
مهدی صباغی المشیری- مرتضی تاکی- مصطفی مردانی نجف آبادی- افشین مرزبان

۱۴۷..... مصرف مواد مغذی، تنوع و امنیت غذایی در دهک‌های درآمدی استان تهران  
محسن رفعتی- مهدی شعبانزاده خوشرودی- ابراهیم جاودان

ارزیابی ریسک کمبود آب با استفاده از مدل برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای تعاملی  
(مطالعه موردی: محدوده مطالعاتی مرند)  
۱۶۱.....  
جواد حسین زاد- مهري راعي

۱۷۹..... مدیریت ریسک واردات ذرت دامی ایران  
فاطمه فتحی- عفت قربانیا

۱۹۳..... بررسی اثر نامتقارن قیمت ذرت بر قیمت گوشت مرغ در ایران  
زینب شکوهی- محمدحسن طرازکار- فاطمه نصرنیا

# نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)

با شماره پروانه 21/2015 و درجه علمی - پژوهشی شماره 26524 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری  
68/4/11  
جلد 35 شماره 2 تابستان 1400

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال 1398، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.

صاحب امتیاز:	دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول:	رضا ولی زاده
سر دبیر:	ناصر شاهنوشی
اعضای هیئت تحریریه:	
	اکبری، احمد
	بخشوده، محمد
	دانشور کاخکی، محمود
	دوراندیش، آرش
	رسنگاری، شیدا
	زیبایی، منصور
	سلامی، حبیب اله
	سقایان نژاد، سید حسین
	شاهنوشی، ناصر
	صبوحی صابونی، محمود
	صدر، سید کاظم
	کرباسی، علیرضا
	مهدوی عادل، محمد حسین
	نجفی، بهاء الدین
	همایونی فر، مسعود
ناشر:	انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
	استاد - تغذیه نشخوارکنندگان (دانشگاه فردوسی مشهد)
	استاد - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
	استاد - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه سیستان و بلوچستان)
	استاد - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه شیراز)
	استاد - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
	دانشیار - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
	استاد - دانشگاه ایالتی اوکلاهما، آمریکا
	استاد - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه شیراز)
	استاد - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه تهران)
	دانشیار - دانشکده کشاورزی، دانشگاه کنتاکی، آمریکا
	استاد - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
	استاد - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
	استاد - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه شهید بهشتی تهران)
	استاد - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
	استاد - اقتصاد (دانشگاه فردوسی مشهد)
	استاد - اقتصاد کشاورزی (دانشگاه شیراز)
	دانشیار - اقتصاد (دانشگاه فردوسی مشهد)
	چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

نشانی: مشهد - کد پستی 91775 صندوق پستی 1163

دانشکده کشاورزی \_ دبیرخانه نشریات علمی \_ نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی نمابر: 8787430

پست الکترونیکی: Jead2@um.ac.ir

این نشریه در سایت <https://jead.um.ac.ir/> به صورت مقاله کامل نمایه شده است.

این نشریه به صورت فصلنامه (4 شماره در سال) چاپ و منتشر می شود.

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## مندرجات

صفحه	نویسندگان	عنوان مقاله
105		هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی سبب‌زمینی در استان همدان مجید دکامین
121		بررسی ترجیحات مصرف‌کنندگان برنج برای برنامه پرداخت برای خدمات اکوسیستم رودخانه سفیدرود پروا تنکبار - حمید امیرنژاد - سمیه شیرزادی لسکو کلاهی
133		تحلیل پوششی داده‌ها در شرایط عدم قطعیت برای بهبود انرژی مصرفی باغات کیوی استان مازندران مهدی صباغی المشیری - مرتضی تاکی - مصطفی مردانی نجف‌آبادی - افشین مرزبان
147		مصرف مواد مغذی، تنوع و امنیت غذایی در دهک‌های درآمدی استان تهران محسن رفعتی - مهدی شعبان‌زاده خوشرودی - ابراهیم جاودان
161		ارزیابی ریسک کمبود آب با استفاده از مدل برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای تعاملی (مطالعه موردی: محدوده مطالعاتی مرنند) جواد حسین زاد - مهری راعی
179		مدیریت ریسک واردات ذرت دامی ایران فاطمه فتحی - عفت قربانیان
193		بررسی اثر نامتقارن قیمت ذرت بر قیمت گوشت مرغ در ایران زینب شکوهی - محمدحسن طراز‌کار - فاطمه نصرنیا



## مقالات پژوهشی

# هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی سیب‌زمینی در استان همدان

مجید دکامین<sup>\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۱

## چکیده

هدف از مطالعه حاضر ارزیابی اقتصادی و مصرف انرژی تولید سیب‌زمینی در قالب استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱ تحت عنوان هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی در طی فصل زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ بود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده بیشترین میزان انرژی نهاده مربوط به سوخت‌های فسیلی و کود نیتروژنه مصرفی تعلق دارد. بر اساس شاخص‌های انرژی و اقتصادی محاسبه‌شده به دو روش حسابداری رایج و حسابداری هزینه‌یابی جریان مواد، مشخص شد که ارزش کل تولید سیب‌زمینی بر اساس حسابداری رایج برابر با ۱۷۶۳ میلیون ریال در هکتار است، در حالی که این عدد در هزینه‌یابی جریان مواد برابر با ۲۰۱۲ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد. کارایی مصرف انرژی در مزارع با استفاده از حسابداری انرژی رایج برابر ۲/۶۵ محاسبه شد، در حالی که با استفاده حسابداری هزینه‌یابی جریان مواد این شاخص برابر با ۲/۲۲ محاسبه شد. تفاوت کارایی مصرف انرژی و همچنین نسبت هزینه به فایده به دلیل در نظر گرفتن ارزش تولیدات منفی است که در فرایند تولید سیب‌زمینی در استان همدان حاصل می‌شود. به طوری که سیب‌زمینی کاران همدانی می‌توانند با اقدامات مدیریتی تفاوت درآمدی تا سقف ۲۴۹ میلیون ریال داشته باشند. در صورت کاهش تولیدات منفی نسبت هزینه به فایده در فرایند تولید افزایشی ۰/۵۷ خواهد داشت. هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی از طریق ارزیابی جامع انرژی و هزینه به درک بهتر روابط میان اقتصاد و محیط‌زیست کمک می‌کند. با به‌کارگیری راهکارهای پیشنهادی می‌توان صرفه‌جویی هزینه‌ای قابل توجهی در جهت کاهش محصولات منفی داشت. چراکه این روش هدر رفت ماده و هزینه را تشخیص می‌دهد و با به‌کارگیری آن، کشاورزان از هدررفت‌های معمول در مزرعه مطلع شده و از اینکه می‌توانند در مزرعه خود فرایندها را اصلاح کنند مطمئن شده و بر اساس یک ارزیابی منطقی کاهش هزینه‌های تولید را کاهش دهند.

**واژه‌های کلیدی:** استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱، بهره‌وری انرژی، حسابداری انرژی، کارایی انرژی، مدیریت محیط زیستی

## مقدمه

داشته تا راهبردهایی را در خصوص مصرف بهینه انرژی و تولید مقرون به صرفه محصولات کشاورزی در عین حفظ تولید در واحد سطح را در دستور کار خود قرار دهند (۱۱ و ۲۷). ناکارآمدی استفاده از انرژی و هزینه‌بر بودن تولید محصولات کشاورزی در ایران، لزوم بررسی الگوی مصرف نهاده‌ها و کارایی انرژی در تولید محصولات زراعی را ایجاب می‌کند. از جمله معیارهایی که می‌توان بر اساس آن وضعیت مصرف یک نهاده را مورد بررسی قرار داد، معیارهای کارایی و بهره‌وری هستند. جریان استفاده از مواد و گردش انرژی یکی از مباحث مهم پایداری بوم نظام‌های کشاورزی بوده (۵ و ۳۲) و از شاخص‌های مهم گپ<sup>۲</sup> به شمار می‌رود (www.globalgap.org).

در طی چهار دهه اخیر، به دلیل رشد روز افزون جمعیت، افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی، ایجاد اشکال نوین انرژی در بخش کشاورزی و کاربرد نامناسب آنها به دلیل عدم مدیریت صحیح این بخش اقتصادی به یک بخش انرژی محور تبدیل شده شده و الگوی مصرف انرژی در این بخش اعم از منابع زنده و غیره زنده به شدت افزایش یافته است (۱۲ و ۱۳). کمیابی منابع انرژی از یک سو و افزایش قیمت جهانی انرژی و حامل‌های آن و عدم پایداری نظام‌های تولید کشاورزی از سوی دیگر، تصمیم‌گیران امر را بر آن

2- Good Agricultural Practice (GAP) مجموع روش‌های کشاورزی که از طریق حفظ پایداری زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی، منجر به تولید محصولات کشاورزی غذایی و غیر غذایی ایمن و مطلوب می‌گردد. به عبارت دیگر تمام عملیات مربوط به مدیریت تولید محصولات کشاورزی (کاشت، داشت، برداشت،

۱- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر

(Email: Dekamin@malayeru.ac.ir

\*)- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/JEAD.2021.17804.0

یکی از مهم‌ترین راهبردها برای کاهش اثرات محیط‌زیستی تولیدات کشاورزی دوستدار محیط‌زیست و افزایش بهره‌وری تولید از نظر اقتصادی است (۱۴ و ۱۵). راهبردهای مختلفی برای استفاده از پسماندها توسعه یافته‌اند، با این حال، رویکردهای رایج به کاررفته شده در مطالعات بررسی شده برای محاسبه انرژی و هزینه، اغلب هزینه پنهان هدررفت‌ها در مراحل مختلف تولید را در نظر نمی‌گیرند. تاکنون مطالعات مختلفی برای سنجش کارایی انرژی و هزینه در بخش کشاورزی انجام شده است. در اکثر مطالعات انجام شده در ایران کارایی انرژی را برای تولید محصولات زراعی مختلف بر اساس محصول نهایی محاسبه کرده‌اند و هدر رفت مواد از نظر انرژی و هزینه در نظر گرفته نشده است به‌عنوان مثال (۱۰، ۲، ۱۶، ۱۷ و ۱۸) هزینه‌یابی جریان مواد<sup>۱</sup> (MFCA)، ابزار مدیریت محیط‌زیستی است که می‌تواند به کشاورزان در درک بهتر عواقب مالی و محیط‌زیستی استفاده از مواد و انرژی کمک کند و فرصت‌هایی را برای دستیابی به پایداری مالی و محیط‌زیستی فعالیت‌های کشاورزی از طریق ارائه راه‌حل‌های بهینه‌ساز فراهم سازد (۱۹). برخلاف اغلب سامانه‌های مدیریت محیط‌زیستی مانند ایزو ۱۴۰۰۱ که علی‌رغم تأثیر بر کاهش آسیب‌های محیط‌زیستی کمک مشخص و واضحی به افزایش درآمد کشاورزان نمی‌کند و حتی باعث تحمیل هزینه‌های اضافی بر مزارع می‌شوند، اجرای MFCA با ایجاد موازنه بین محیط‌زیست و اقتصاد، نتایج قابل توجهی برای بسیاری از مزارع در افزایش بهره‌وری انرژی و مواد به همراه خواهد داشت (۵).

ایران سومین کشور تولیدکننده سیب زمینی در آسیا است. ایران به طور متوسط در سال ۵ میلیون تن سیب زمینی تولید می‌کند. در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵ حدود ۵۱۷ هزار هکتار معادل ۴/۷۱ درصد از سطح برداشت اراضی محصولات زراعی کشور به گروه سبزیجات اختصاص داده شده است که ۲۸/۳ درصد از این سطح برداشت سبزیجات مربوط به گیاه زارعی سیب‌زمینی<sup>۲</sup> بوده است. سیب زمینی به عنوان یکی از مهمترین محصولات کشاورزی از نظر اهمیت بعد از ذرت، برنج، گندم و جو قرار دارد (۱۰). استان همدان از نظر مساحت نسبتاً کوچک بوده و رتبه ۲۳ را در کشور داراست و ۱/۲ درصد وسعت و ۲/۴ درصد جمعیت کشور را در خود جای داده است. کشاورزی ۲۹ درصد اشتغال و ۲۵ درصد ارزش افزوده فعالیت‌های اقتصادی استان همدان را به خود اختصاص داده است، همچنین بخش کشاورزی استان ۴/۵ درصد از تولیدات و ۳/۴ درصد از ارزش افزوده بخش کشاورزی کشور را به خود اختصاص داده است. بخش کشاورزی در

مطالعات مختلف معمولاً نسبت انرژی‌های خروجی و ورودی در بوم نظام‌های گوناگون کشاورزی به روش رایج محاسبه شده است. شاخص‌ها و روش‌های گوناگونی را برای محاسبه کارایی انرژی و نهاده‌های کشاورزی در یک بخش اقتصادی و مقایسه آن بین مناطق و کشورهای گوناگون ارائه شده است که یکی از آن‌ها بررسی نسبت محصول خروجی به نهاده‌های ورودی از نظر محتوای انرژی مربوط به محصول و نهاده‌های بکار رفته در تولید آن است (۷، ۲۵، ۳، ۲ و ۱۰). به عنوان مثال، در مطالعه‌ای تحت عنوان مقایسه مصرف انرژی و تحلیل هزینه تولید سیب زمینی تحت فناوری‌های کشت در استان همدان، به ترتیب ۱۵۳۰۷۱ و ۱۵۷۱۵۱ مگاژول در هکتار در دو گروه سطح بالای تکنولوژی و سطح پایین تکنولوژی محاسبه شد. انرژی خالص تولید سیب‌زمینی در گروه اول و دوم به ترتیب ۴۱۱۱ و ۲۱۷۴۴- مگاژول در هکتار محاسبه شده است. تحلیل هزینه در این مطالعه نشان داد که کل هزینه تولید سیب زمینی در گروه اول و دوم به ترتیب ۴۷۸۴ و ۴۱۷۲ ریال در هکتار است. نسبت هزینه به فایده در دو گروه اول و دوم به ترتیب ۱/۰۹ و ۰/۹۶ محاسبه شده است (۲۳). در مطالعه دیگری تحت عنوان تحلیل مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید سیب‌زمینی در اندازه‌های مختلف زمین در ایران، کل انرژی مصرفی در هکتار ۴۷ گیگاژول در هکتار محاسبه شده است. کارایی مصرف انرژی، انرژی خاص و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۱/۷۱، ۲/۱۲ مگاژول بر کیلوگرم و ۰/۴۷ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد. آب آبیاری، بذر، سوخت دیزل و کودهای شیمیایی بیشترین سهم را در مصرف انرژی تولید سیب زمینی برعهده داشتند (۱۰). در مطالعه تحلیل انرژی و اقتصاد تولید سیب‌زمینی در استان اردبیل، کل انرژی مصرفی ۸۱۶۲۵ مگاژول در هکتار محاسبه شد. انرژی خاص و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۲۰۸۰۸ مگاژول در هکتار و ۰/۳۵ محاسبه شد (۲۵). در مطالعه کاربرد شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی انرژی خروجی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید سیب‌زمینی در ایران، میانگین کل انرژی ورودی و خروجی به ترتیب ۸۳۷۲۳ و ۸۳۰۵۹ مگاژول در هکتار محاسبه شد. الکتريسيته، کودهای شیمیایی و بذر از اصلی‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی در سیستم مورد بررسی بودند (۲۶). در رابطه عملکرد و انرژی ورودی در تولید سیب‌زمینی در استان همدان، میانگین مصرف انرژی در مزارع ۹۲۲۹۶ مگاژول در هکتار محاسبه شد. نسبت انرژی، انرژی خاص و بهره‌وری انرژی به ترتیب ۱/۱، ۳/۲ مگاژول بر کیلوگرم و ۰/۳ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شد (۲۸). کاهش تولید پسماند و استفاده از آن‌ها

1- Material flow cost accounting

2- *Solanum tuberosum* L.

جداسازی، بسته‌بندی، نگهداری و حمل و نقل) در زمینه کاربرد توصیه‌های لازم و با در نظر گرفتن جوانب اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی برای کاهش آلاینده‌های فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژی که برای دستیابی به هدف امنیت و ایمنی غذایی در زنجیره غذایی لازم است.

همه‌ی اطلاعات مربوط به فعالیت‌های زراعی مانند میزان بذر مصرفی، آماده‌سازی زمین، کودهای مصرفی، میزان آب آبیاری، سموم شیمیایی و نیروی انسانی و سوخت مصرفی در کشتزارهای سیب‌زمینی استان همدان از طریق مصاحبه و پرسشنامه مشخص شد. با توجه به این‌که هزینه‌یابی جریان مواد بر اساس استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱ روشی است که می‌توان با آن حتی یک مزرعه را مورد سنجش قرار داد و از آنجا که بر اساس محل کشت، سطح زیر کشت و شیوه‌های مختلف مدیریت مزرعه نهاده‌ها و ستاده‌ها متفاوت هستند، به‌منظور جامعیت بخشی به نتایج پژوهش اقدام به تکمیل پرسشنامه و مصاحبه رودرو با کشاورزان در سطح شهرستان‌های تولید کننده سیب‌زمینی در استان همدان شد. تعداد پرسشنامه‌های پر شده در شهرستان‌های بهار، رزن، قروه، کبودرآهنگ و نهاوند به ترتیب ۱۵، ۱۱، ۸، ۸ و ۳ پرسشنامه تکمیل شد. از آنجا که اندازه مزارع متفاوت بود، میانگین نهاده‌ها در سطح هکتار مد نظر قرار گرفت. داده‌های به دست آمده توسط اعضای هیأت علمی دانشگاه ملایر مورد ارزیابی و اصلاح قرار گرفت. اطلاعات مربوط به نهاده‌ها و ستاده‌ها و عملکرد سیب‌زمینی در مزارع مختلف تعیین و بر اساس داده‌های موجود میانگین مصرف هریک از نهاده‌ها به ازای هر هکتار محاسبه شد.

#### منطقه مورد مطالعه

استان همدان در گستره‌ای به مساحت ۱۹۴۳۹ کیلومتر مربع در قسمت غربی ایران بین ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است (شکل ۱). از نظر اقلیم این استان را می‌توان با توجه به میانگین بارش جوی سالانه ۳۱۷ میلی‌متر جز استان‌های نیمه‌خشک ایران به شمار آورد.

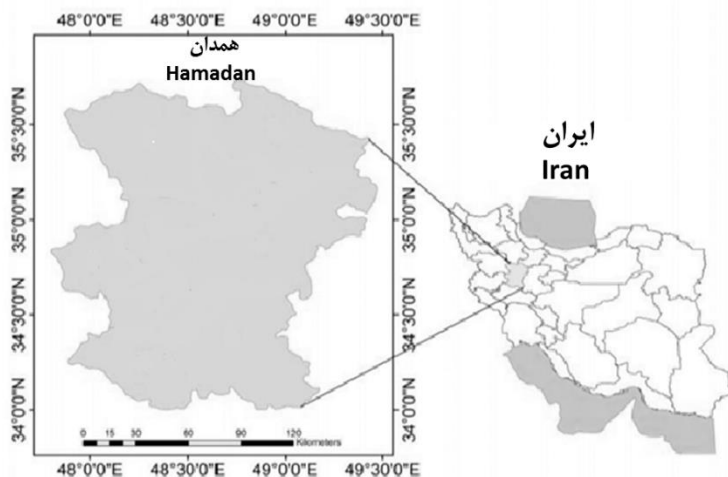
استان همدان دارای ۱۱۷ هزار بهره‌بردار، ۶۹۲ هزار هکتار سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی (۶۱۹ هزار هکتار زراعی و ۷۷/۵ هزار هکتار باغی) و ۲۹۳ هزار هکتار آیش با تولید سالانه قریب به ۴/۹ میلیون تن انواع محصولات کشاورزی است (۲۰). این استان سالانه ۵ میلیون تن محصولات کشاورزی تولید می‌کند. استان همدان از نظر سطح زیر کشت سیب‌زمینی رتبه دوم و از نظر تولید با ۹۷۰ هزار تن سیب‌زمینی تابستانه و پاییزه رتبه نخست کشور را به خود اختصاص داده است (۱).

هدف اصلی از اجرای به‌کارگیری MFCA در تولید سیب‌زمینی کمی‌سازی و مشخص نمودن هدررفت‌های نهاده‌های کشاورزی است که منجر به مدیریت بهتر بقایا و پسماندها در مراحل مختلف تولید گیاهان زراعی می‌شود. کلیه مواد خروجی شامل محصولات کشاورزی و هدررفت‌ها در مراحل مختلف تولید در این روش محاسبه و اندازه‌گیری می‌شود.

## روش تحقیق

### جمع‌آوری داده‌ها

تحقیق حاضر از نوع مطالعه موردی، از نظر روش جمع‌آوری داده‌ها، پیمایشی و از نظر هدف کاربردی است. برای جمع‌آوری داده‌ها از شرایط تولید سیب‌زمینی در استان همدان از پرسشنامه به همراه مصاحبه استفاده شد. برای جمع‌آوری داده‌ها از جامعه سیب‌زمینی‌کاران استان همدان از پرسشنامه همراه با مصاحبه استفاده شد. جمع‌آوری داده‌ها از طریق پرسشنامه همراه با مصاحبه پاسخگو را به عمق می‌برد. اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت کل و شمار تقریبی تولیدکنندگان سیب‌زمینی به تفکیک شهرستان‌های استان، از طریق آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان همدان به دست آمد.



شکل ۱- موقعیت مکانی مطالعه

Figure 1- Study location

### عناصر اصلی هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی

#### الف. مرکز کمی<sup>۱</sup>

مرکز کمی بخش یا بخش‌های انتخاب‌شده از فرایندی است که درون‌دادها و برون‌دادها در واحدهای فیزیکی و پولی کمی می‌شود (۸). مراکز کمی در تولید سیب‌زمینی نوعاً حوزه‌هایی هستند که مواد در آن‌ها ذخیره می‌شوند و یا تغییر شکل می‌یابند. مرکز کمی به‌عنوان پایه‌ای برای فعالیت‌های جمع‌آوری داده‌ها تحت روش هزینه‌یابی جریان مواد عمل می‌کند. در ابتدا، جریان‌های مواد و کاربری انرژی در مراکز کمی تعیین مقدار می‌شود. سپس هزینه‌های مواد، هزینه‌های انرژی، هزینه‌های سیستم و هزینه‌های مدیریت پسماند تعیین مقدار می‌شوند (۲۱ و ۲۲).

#### ب. موازنه جرم و انرژی<sup>۲</sup>

انرژی و ماده‌ای که وارد مرکز کمی می‌شوند در نهایت یا به شکل محصول (عملکرد مثبت) یا هدر رفت ماده و انرژی (عملکرد منفی) آنجا را ترک می‌کنند. از آنجایی که ماده و انرژی نه ایجاد می‌شود نه از بین می‌رود، فقط تغییر شکل می‌یابند، درون‌دادهای فیزیکی که وارد سیستم می‌شوند، بایستی با لحاظ کردن هر تغییرات موجودی درون سیستم، برابر با برون‌دادهای فیزیکی آن باشند (۸). به این ترتیب، به‌منظور حصول اطمینان از این که همه مواد در هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی لحاظ شده‌اند، موازنه جرم بایستی اجرا شود، کمیتهای درون‌دادهای ماده با برون‌دادها (برای مثال، محصولات و هدررفتهای ماده) و تغییرات در موجودی مقایسه شود تا مواد پرت شده یا سایر شکاف‌های داده‌ای شناسایی شود. هم کمی‌سازی جریان‌های ماده و هم تضمین توازن بین درون‌دادها و برون‌دادهای ماده (برای مثال، هدر رفت‌های محصول و نهاده‌ها) از الزامات اساسی برای هزینه‌یابی جریان مواد هستند.

#### ج. محاسبه هزینه و انرژی

تصمیم‌گیری برای تولید محصولات زراعی مستلزم ملاحظات مالی است. از این رو، برای پشتیبانی از تصمیم‌گیری‌ها داده‌های جریان مواد بایستی به واحدهای پولی تبدیل شود. برای رسیدن به این مهم، همه هزینه‌های ایجادشده به‌وسیله جریان‌های مواد و یا همراه با آنکه وارد مرکز کمی می‌شوند و آنجا را ترک می‌گویند، بایستی کمی و به جریان‌های مواد مذکور تخصیص داده شود (۸). در هزینه‌یابی جریان مواد سه نوع هزینه کمی می‌شود: هزینه‌های ماده، هزینه‌های سیستم

و هزینه‌های مدیریت پسماند. بر اساس استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱، مجموع ورودی انرژی/مواد، مقدار محصولات مثبت<sup>۳</sup> و منفی<sup>۴</sup> را بر اساس  $M_{wi(in)}$  و  $M_{pi(in)}$  به ترتیب بر اساس معادله (۲) محاسبه شد (۲۵).

$$\sum M_{pi,wi(in)} = \sum_{i=1}^p M_{pi(in)} + \sum_{i=1}^w M_{wi(in)} \quad (2)$$

سهام انرژی و مواد در هر مرکز کمی با استفاده از معادله (۳) محاسبه شد.

$$Cost_i^{SP} = Cost_i^M + Cost_i^{ENGY} + Cost_i^{SYS} \quad (3)$$

در معادله فوق:

$Cost_i^{SP}$ : کل هزینه/انرژی تولید سیب‌زمینی در فرایند  $i$  است،  $Cost_i^M$ : هزینه/انرژی ماده  $m$  که در فرایند  $i$  مورد نیاز است.

$Cost_i^M$  بر اساس معادله (۴) محاسبه می‌شود:

$$Cost_i^{MAT} = \sum_{m=1}^M Cost_{i,m} M_{i,m} \quad (4)$$

در معادله فوق:  $Cost_{i,m}$ : واحد هزینه/انرژی ماده  $m$ ،  $M_{i,m}$ : مقدار مورد نیاز از ماده  $m$  در فرایند  $i$  است.

به‌طور مشابه  $Cost_i^{ENGY}$  با استفاده از معادله (۵) محاسبه می‌شود:

$$Cost_i^{ENGY} = \sum_{e=1}^E Cost_{i,e} E_{i,e} \quad (5)$$

در معادله فوق:  $Cost_{i,e}$ : واحد هزینه انرژی نوع  $e$ ، و  $E_{i,e}$ : مقدار انرژی نوع  $e$  که در فرایند  $i$  نیاز است.

هزینه نیروی انسانی که با  $Cost_i^{SYM}$  نشان داده می‌شود با استفاده از معادله (۶) محاسبه می‌شود:

$$Cost_i^{SYS} = \sum_{l=1}^L Cost_{i,l} L_{i,l} \quad (6)$$

پس از تعیین معادل انرژی برای نهاده‌های مورد استفاده در تولید سیب‌زمینی، به‌منظور سنجش جریان انرژی، شاخص‌های مهم کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی مخصوص و انرژی خالص بر اساس معادله‌های ۷ تا ۱۰ محاسبه شد. از آنجاکه اطلاعاتی در خصوص مدیریت پسماند در مزارع در دسترس نبود، فرض بر این شد که تمامی بقایای گیاهی به مزرعه برگردانده می‌شود.

$$\text{Energy use efficiency} = \frac{\text{energy output (MJ ha}^{-1}\text{)}}{\text{energy input (MJ ha}^{-1}\text{)}} \quad (7)$$

3- Positive product

4- Negative product

1- Quantity center

2- Material balance



- (۱۲) درآمد ناخالص = ارزش ناخالص تولید (ریال در هکتار) - هزینه متغیر تولید (ریال در هکتار)
- (۱۳) نسبت سود به هزینه = ارزش ناخالص تولید (ریال در هکتار) / هزینه متغیر تولید (ریال در هکتار)

د. مدل جریان مواد

در هزینه‌یابی جریان مواد، لازم است که مدل جریان مواد تعیین شود تا اتفاقاتی که برای انرژی و مواد ورودی به هر مرکز کمی مشخص شود. همچنین مدل جریان مواد، جریان مواد را درون مرزهای انتخابی برای تجزیه و تحلیل‌های هزینه‌یابی جریان مواد نشان می‌دهد. در شکل ۲ مدل هزینه‌یابی جریان مواد به همراه مراکز کمی برای تولید گیاه زراعی سبب‌زمینی نشان داده شده است.

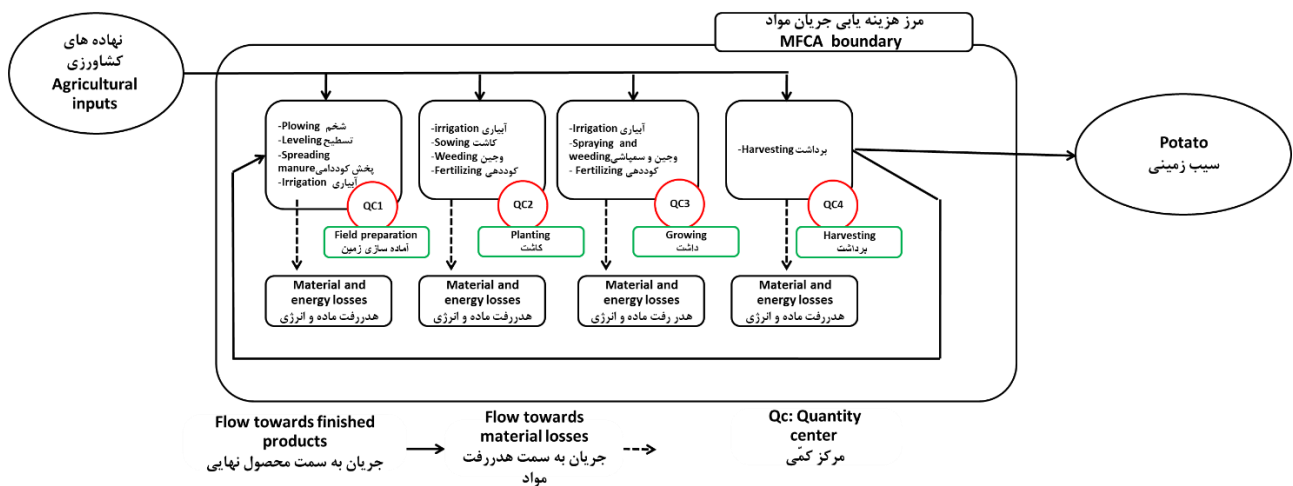
$$\text{Energy productivity} = \frac{\text{potato output (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{energy input (MJ ha}^{-1}\text{)}} \quad (8)$$

$$\text{Specific energy} = \frac{\text{energy input (MJ ha}^{-1}\text{)}}{\text{potato output (kg ha}^{-1}\text{)}} \quad (9)$$

$$\text{Net energy} = \text{Energy output (MJ ha}^{-1}\text{)} - \text{Energy input (MJ ha}^{-1}\text{)} \quad (10)$$

شاخص‌های اقتصادی ارزش ناخالص تولید، درآمد ناخالص و نسبت سود به هزینه از معادله‌های ۱۱ تا ۱۳ به دست آمد:

(۱۱) ارزش ناخالص تولید = عملکرد محصول زراعی (کیلوگرم در هکتار) × قیمت محصول (ریال در هکتار)



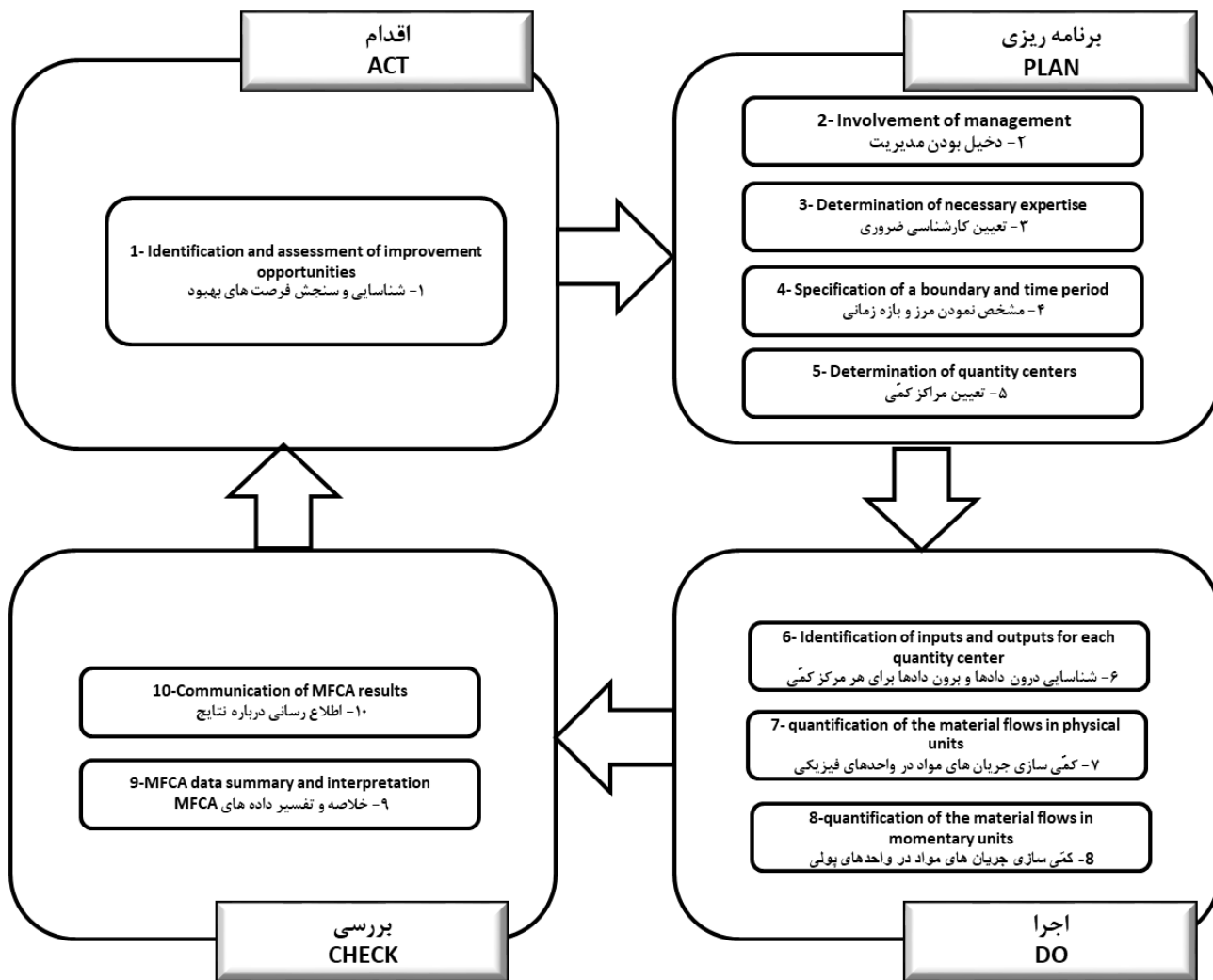
شکل ۲- مدل هزینه‌یابی جریان مواد و مرز سیستم تولید سبب‌زمینی

Figure 2- Material flow model for potato production within the MFCA boundary (Dekamin and Barmaki, 2019)

مسئولیت‌ها، تامین منابع، پایش پیشرفت، بازنگری نتایج و تصمیم‌گیری درباره اقدامات بهبود مبتنی بر نتایج هزینه‌یابی جریان مواد در دستور کار قرار دارد. همچنین هزینه‌یابی جریان مواد نیازمند انواع متعددی از کارشناسی است تا انواع گوناگون اطلاعات مورد نیاز را برای تحلیل فراهم کند. بایستی پیش از تحلیل هزینه‌یابی جریان مواد، مرز آن مشخص شود. مرز می‌تواند فرایند واحد، فرایندهای متعدد، تسهیلات کامل، یا زنجیره تأمین را بنا به صلاح دید سازمان در برگیرد. با این حال، توصیه شده است که در ابتدا بر فرایندهای (های) با پیامدهای محیط‌زیستی و اقتصادی بالقوه مهم و معنی‌دار، تمرکز شود.

مراحل اجرای هزینه‌یابی جریان مواد

هزینه‌یابی جریان مواد به‌مانند هر ابزار مدیریتی دیگر، نیازمند شماری از مراحل اجرا است. به‌طور کلی مراحل اجرای هزینه‌یابی جریان مواد مطابق چرخه برنامه ریزی-اجرا-بررسی-اقدام است (۲۳) که در شکل ۳ نشان داده شده است. در بحث دخیل بودن مدیریت، در سطح مدیریتی بایستی ارزش و عملی بودن هزینه‌یابی جریان مواد در دستیابی به اهداف مالی و محیط‌زیستی کشاورزی درک شود. اجرای موثر هزینه‌یابی جریان مواد نیازمند حمایت جدی مدیریت مزرعه و تصمیم‌گیران است. در این بخش رهبری اجرا، تعیین نقش‌ها و



شکل ۳- چرخه برنامه‌ریزی-اجرا-بررسی- اقدام برای اجرای هزینه‌یابی جریان مواد در تولید سیب‌زمینی (۲۳)  
 Figure 3- PDCA cycle for MFCA implementation in potato production (23)

برای کشاورز ارزش اقتصادی دارد و برون داد منفی شامل هدر رفت محصول (مثلاً در حین برداشت و حمل‌ونقل)، هدر رفت نهاده‌های کشاورزی (مثل هدر رفت آب آبیاری و کود شیمیایی) و هدر رفت انرژی (مثلاً تنظیم نبودن موتور تراکتور) است.

برای هر مرکز کمی، هزینه‌های مواد برای درون‌دادها و برون دادها (برای مثال، محصولات و هدررفت‌های ماده)، بایستی تعیین مقدار شود. هزینه‌های مواد می‌تواند با استفاده از روش‌های مختلف، برای مثال، هزینه تمام شده واقعی، هزینه استاندارد، هزینه جایگزینی تعیین مقدار شود. هزینه‌های مواد برای هر جریان درون‌داد و برون‌داد به وسیله ضرب مقدار فیزیکی جریان مواد در هزینه واحد مواد، طی بازه زمانی انتخاب شده برای تحلیل، تعیین مقدار می‌شود. هنگام تعیین مقدار هزینه‌های مواد برای برون‌دادها (برای مثال: محصولات و هدررفت‌های ماده) هزینه‌های مواد همراه با هر تغییر در موجودی مواد

بایستی پیش از اجرای هزینه‌یابی جریان مواد، مرز آن مشخص شود. مرز می‌تواند فرایند واحد و یا فرایندهای متعدد تولید یک محصول زارعی را در برگیرد (شکل ۲). بعد از مشخص نمود مرز، بایستی بازه زمانی برای جمع‌آوری داده‌های هزینه‌یابی جریان مواد مشخص شود. پس از مشخص نمودن مرز، بازه زمانی برای جمع‌آوری داده‌های هزینه‌یابی جریان مواد بایستی مشخص شود. در تولید محصولات زارعی بازه زمانی از زمان آماده‌سازی بستر برای کاشت تا زمان آماده‌سازی زمین برای کاشت محصول زارعی دیگر در نظر گرفته می‌شود. داده‌ها در طی سال زارعی ۹۶-۱۳۹۵ جمع‌آوری شد. برای هر مرکز کمی درون مرز هزینه‌یابی جریان مواد، درون‌دادها و برون‌دادها بایستی شناسایی شود. درون‌دادها انرژی و مواد هستند. برون‌دادها در تولید محصول زارعی به دودسته مثبت و منفی تقسیم‌بندی می‌شوند. برون داد مثبت همان محصول تولیدی است که

فرصت‌های بهبود عملکرد محیط‌زیستی و مالی برآیند. اقدامات به عمل آمده برای دستیابی به این بهبودها می‌تواند دربرگیرنده جانشینی مواد، تغییر فرایندها، خطوط تولید یا محصولات و فعالیت‌های تحقیق و توسعه مرتبط با کارایی ماده و انرژی باشد. داده‌هایی که از هزینه‌یابی جریان مواد به دست می‌آیند می‌توانند به عنوان پشتیبان تصمیم در تجزیه و تحلیل هزینه-فایده اقدامات پیشنهادی (موارد نیازمند سرمایه‌گذاری اضافی و موارد نیازمند سرمایه‌گذاری کم یا بدون سرمایه‌گذاری) باشند.

## نتایج و بحث

### تحلیل شاخص‌های انرژی حسابداری رایج و هزینه‌یابی جریان مواد

محتوای انرژی موجود در نهاده‌های کشاورزی مورد استفاده ورودی برای تولید سیب‌زمینی در شرایط استان همدان و همچنین خروجی‌های مرتبط با آن با استفاده از معادل انرژی آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. شاخص‌های انرژی برای آن‌ها محاسبه شد.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که متوسط انرژی مصرفی برای تولید سیب‌زمینی در شرایط همدان ۴۷۱۹۴۶ مگاژول در هکتار بود. در این مزارع بیشترین سهم انرژی مربوط به سوخت (۱۹٪) و کود نیتروژن (۱۸٪) بود. در این مطالعه عملکرد متوسط سیب‌زمینی ۴۱ تن در هکتار محاسبه شد. در مطالعه بررسی کارایی انرژی در تولید سیب زمینی در شهرستان بهار همدان، میزان انرژی ورودی ۶۹۲۴۹ مگاژول در هکتار محاسبه شد. کود شیمیایی شیمیایی در این مطالعه بالاترین سهم را با ۳۸/۷۸ درصد به خود اختصاص داده بود (۲۹). در مطالعه ارزیابی شاخص‌های انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی در تولید سیب زمینی در استان گلستان، میزان انرژی ورودی و خروجی به ترتیب ۳۰/۸ و ۷۹/۲ گیگاژول در هکتار محاسبه شد و بیشترین سهم انرژی ورودی مستقیم در مزارع مربوط به سوخت و در بخش انرژی غیر مستقیم مربوط به کود نیتروژن به دست آمده است (۳۰). همچنین میزان انرژی ورودی در مزارع سیب زمینی دشت دهگلان استان کردستان بر اساس مزارع تجاری و سنتی به ترتیب ۹۳/۳ و ۴/۴ گیگاژول در هکتار و انرژی خروجی برای آنها به ترتیب ۱۲/۸ و ۶۴/۴ گیگاژول در هکتار برآورد شده است (۳۱). در مطالعه مصرف انرژی و تحلیل اقتصادی تولید سیب زمینی در اردبیل، انرژی ورودی ۸۱۶۲۴ مگاژول در هکتار با عملکرد ۲۸/۴۵ تن در هکتار برآورد و در حدود ۴۰ درصد از این انرژی به کودهای شیمیایی و ۲۰ درصد به سوخت اختصاص داشته است (۲۵). در ارزیابی مصرف انرژی تولید سیب زمینی در استان اصفهان، میزان انرژی ورودی ۴۷ گیگاژول در هکتار محاسبه، و بیشترین سهم انرژی ورودی مربوط به کود نیتروژن ۴۰ درصد گزارش شده است (۱۰).

درون مرکز کمی نیز بایستی تعیین مقدار شود.

برای هر مرکز کمی هزینه‌های کاربری انرژی بایستی تعیین مقدار شود. در تولید محصولات کشاورزی که هزینه‌های انرژی برای مراکز کمی مجزا معلوم نیست و یا اندازه‌گیری و یا تخمین آنها مشکل باشد (به عنوان مثال انرژی خورشید که در فرایند فتوسنتز استفاده می‌شود)، ضروری است که هزینه‌های کل انرژی فرایندهای انتخاب شده به مراکز کمی اختصاص یابد. متعاقباً، هزینه‌های انرژی برای هر مرکز کمی بایستی برای محصولات و هدررفت‌های ماده تخصیص داده شود.

هزینه‌های سیستم همه مخارج متحمل شده در جریان اداره داخلی جریان مواد، به جز هزینه‌های ماده، هزینه‌های انرژی و هزینه‌های مدیریت پسماند می‌باشد. هزینه‌های سیستم، هزینه‌هایی از قبیل نیروی کار، استهلاک، نگهداری و حمل و نقل را شامل می‌شود. هزینه‌های سیستم همراه با هر مرکز کمی بایستی تعیین مقدار شود. در تولید محصولات کشاورزی از آنجا که هزینه‌های سیستم برای مراکز کمی مجزا معلوم نیست و اندازه‌گیری و تخمین آن دشوار است، در این مورد هزینه‌های کل سیستم فرایندهای انتخاب شده به مراکز کمی تخصیص داده شد. هزینه‌های مدیریت پسماند مربوط به هر مرکز کمی، می‌بایست تعیین مقدار شود. از آنجا که هدررفت‌ها در مراکز کمی کشاورزی مشخص نیست (به عنوان مثال، انتشار آمونیاک و یا آبشویی نیتروژن ممکن است در طول فصل زراعی و یا بعد از آن ادامه داشته باشد)، به همین خاطر هزینه‌های کل مدیریت پسماند و انتشار به کل مراکز کمی تخصیص داده شد. در این مطالعه کاه و کلش به جای مانده از محصول پس از برداشت از آنجا که جزئی از سیستم است و سیستم را ترک نمی‌کند، در محاسبات لحاظ نشد.

داده‌های به دست آمده طی تجزیه و تحلیل‌های هزینه‌یابی جریان مواد در قالبی (برای مثال ماتریس هزینه جریان مواد و انرژی و یا دیگرام هزینه جریان مواد) خلاصه شود که برای تفسیر بیشتر مناسب‌تر است. به طور کلی بازنگری و تفسیر داده‌های خلاصه شده به کشاورز اجازه خواهد داد تا مراکز کمی با هدررفت‌های مواد و انرژی را شناسایی کند که از نظر محیط‌زیستی یا مالی معنی‌دار هستند. این مراکز کمی می‌توانند با جزئیات بیشتری تحلیل شوند تا علل ریشه‌ای هدررفت‌های مواد و عوامل مرتبط که هزینه‌ها را ایجاد می‌کنند، شناسایی شود.

هنگامی که تحلیل هزینه‌یابی جریان مواد کامل می‌شود، نتایج بایستی به اطلاع تصمیم‌گیران ذی‌ربط برسد. کشاورزان می‌توانند از اطلاعات به دست آمده در تصمیم‌گیری و هدف‌گذاری در بهبود عملکرد محیط‌زیستی و مالی به کار گیرند. بعد از کسب نتایج هزینه‌یابی جریان مواد، برای درک بهتر دامنه، تبعات، و محرک‌های کاربری مواد و هدررفت‌ها، کشاورزان و تصمیم‌گیران امر می‌توانند فرایند تولید محصولات کشاورزی را بازنگری کرده و در جستجوی

جدول ۱- معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها/خروجی‌های مختلف در تولید سیب‌زمینی (کیلوگرم در هکتار)  
 Table 1- Energy equivalents for different inputs/outputs in potato production (kg ha<sup>-1</sup>)

جریان ورودی و خروجی Input and output flow	واحد Unit	انرژی هر واحد Energy coefficients (MJ unit <sup>-1</sup> )	تولید سیب‌زمینی Potato production	معادل انرژی سیب‌زمینی potato production Energy (MJ ha <sup>-1</sup> )
سوخت Diesel fuel	l	47.8	218	10420.4
نیروی کارگری Human labor	h	1.95	798	10187.1
ماشین‌آلات Machinery	h	62.7	32.5	1463.8
نیترژن Nitrogen (N)	kg	75.46	135	970
فسفات Phosphate (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg	13.07	112	499.8
پتاس Potassium (K <sub>2</sub> O)	kg	11.15	87	354.2
علف‌کش Herbicide	kg	238	2.1	626.4
آفت‌کش Insecticide	kg	101.2	3.5	2629.5
قارچ‌کش Fungicide	kg	216	2.9	9216
کود دامی (جامد) Manure	kg	0.3	8765	9504.3
برق Electricity	kWh	3.6	2560	9705.6
آب آبیاری Irrigation water	m <sup>3</sup>	1.02	9318	10420.4
بذر (غده) Seed (tuber)	kg/ha	3.6	2696	10187.1
جمع انرژی‌های ورودی Total input				55729.8
خروجی‌های منفی Negative output				
هدر رفت غده Yield losses	kg/ha	3.6	3760	13536
بذر Seed	kg/ha	3.6	430	1548
آب آبیاری Irrigation water	m <sup>3</sup>	1.02	4099.92	4181.9
نیترژن Nitrogen (N)	kg/ha	75.46	38.307	2890.6
فسفات Phosphate (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg/ha	13.07	38.103	498
پتاس Potassium (K <sub>2</sub> O)	kg/ha	11.15	31.986	356.6
علف‌کش Herbicide	kg	238	1.6	380.8
آفت‌کش Insecticide	kg	101.2	0.37	37.4
قارچ‌کش Fungicide	kg	216	2.1	453.6
جمع انرژی‌های خروجی منفی Total negative output				23883
خروجی‌های مثبت Positive output				
عملکرد Yield	kg	3.6	41000	147600

سیب زمینی در اصفهان ۱/۷۱ محاسبه شده است (۱۰). بهره‌وری انرژی و انرژی مخصوص در دو رویکرد حسابداری یکسان بود که دلیل آن عدم دخالت انرژی‌های خروجی در محاسبه آن‌ها است. ولی انرژی خالص در حسابداری رایج با حسابداری بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد تفاوت ۲۳۸۸۳ مگاژول است. به این معنی که این مقدار انرژی در حسابداری‌ها نشان داده نمی‌شود و کشاورز از ارزش آن بی‌خبر است. مقدار شاخص انرژی مخصوص در مزارع دشت دهگلان کردستان برای نظام‌های تجاری و سنتی به ترتیب ۲/۶ و ۲/۵ مگاژول بر کیلوگرم برآورد شده است (۳۱). در مطالعه کارایی انرژی تولید سیب زمینی در استان گلستان، مقدار شاخص انرژی مخصوص ۱/۷ مگاژول بر کیلوگرم و انرژی خالص ۴۲۰۴۵ مگاژول در هکتار محاسبه شده است (۳۰). انرژی خالص در تولید سیب زمینی اردبیل برابر با ۲۰۸۰۸ مگاژول در هکتار گزارش شده است (۲۵). انرژی مخصوص و بهره‌وری انرژی در تولید سیب‌زمینی اصفهان به ترتیب ۲/۱۲ مگاژول بر کیلوگرم و ۰/۴۷ مگاژول بر کیلوگرم گزارش شده است. بهره‌وری انرژی و افزوده خالص انرژی برای سیب زمینی کاران همدانی به ترتیب ۰/۶۷۱ کیلوگرم بر مگاژول و ۸۴۷۵۱ مگاژول بر هکتار برآورد شده است (۲۹). شاخص انرژی مخصوص و بهره‌وری انرژی برای تولید سیب‌زمینی در همدان در مطالعه دیگری به ترتیب ۳/۲ مگاژول بر کیلوگرم و ۰/۳ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شده است (۲۸).

در مطالعه دیگری در استان همدان، میزان انرژی ورودی برای تولید سیب زمینی، ۱۵۰۳۰۷۱ تا ۱۵۷۱۵۱ مگاژول در هکتار محاسبه شده است (۲۳). در مطالعه دیگری که در همدان برای تولید سیب زمینی انجام شده است، انرژی ورودی برای تولید ۲۸۶۱۳ کیلوگرم سیب زمینی در هکتار برابر با ۹۲۲۹۶ مگاژول در هکتار محاسبه شده است (۲۸). نوسان موجود در مقادیر گزارش شده، ناشی از تفاوت در عملیات زراعی و مدیریتی و همچنین میزان عملکرد غده در واحد سطح مناطق مورد بررسی می‌باشد.

کارایی مصرف انرژی در مزارع با استفاده از حسابداری رایج برابر ۲/۶۵ محاسبه شد، درحالی‌که با استفاده حسابداری هزینه‌یابی جریان مواد این شاخص برابر با ۲/۲۲ محاسبه شد. بالا بودن کارایی مصرف انرژی در حسابداری رایج به علت عدم در نظر گرفتن تولیدهای منفی است که در نظام تولید سیب‌زمینی در استان همدان اتفاق می‌افتد و در محاسبه کارایی مصرف انرژی لحاظ نمی‌شود. در حالت حسابداری انرژی بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد، علاوه بر انرژی خروجی به‌صورت عملکرد (انرژی مثبت)، مزرعه دارای هدر رفت دیگری است (انرژی منفی) که باید در محاسبه نسبت‌های انرژی لحاظ شود. در مطالعه بررسی کارایی انرژی تولید سیب زمینی در استان گلستان، مقدار کارایی مصرف انرژی ۲/۱۳ و بهره‌وری انرژی در این مطالعه ۰/۵۹ کیلوگرم بر مگاژول محاسبه شده است (۳۰). بهره‌وری انرژی در این مزارع ۰/۳۵ گزارش شده است. کارایی مصرف انرژی برای تولید

جدول ۲- نسبت‌های انرژی در تولید سیب‌زمینی بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد و حسابداری رایج

Table 2- Conventional and MFCA Energy ratios in potato production.

Energy indices	هزینه‌یابی جریان مواد	
	MFCA	Conventional
انرژی ورودی	55729.85	55729.85
Input energy		
انرژی خروجی	171483.06	147600.00
Output energy		
انرژی مثبت	147600	147600
Positive energy		
انرژی منفی	23883.06	0
Negative energy		
کارایی مصرف انرژی	2.22	2.65
Energy use efficiency		
بهره‌وری انرژی	0.74	0.74
Energy productivity		
انرژی مخصوص	1.36	1.36
Specific energy		
انرژی خالص	67987.09	91870
Net energy		

جدول ۳- هزینه مواد مصرفی در فرایند تولید کشاورزی شامل محصولات مثبت و منفی در تولید سیب زمینی

Table 3- Material costs for agricultural process including positive and negatives products in potato production

جریان ورود ماده و انرژی در تولید سیب زمینی Input and output flow	واحد Unit	مقدار در واحد سطح سیب زمینی Potato production (ha)	هزینه هر واحد Cost (Rials unit <sup>-1</sup> )	معادل هزینه سیب زمینی Potato production cost (Rials ha <sup>-1</sup> )
سوخت Diesel fuel	l	218	3000	654000
نیروی کارگری Human labor	h	798	100000	79800000
ماشین آلات Machinery	kg	32.5	200000	6500000
نیتروژن Nitrogen (N)	kg	135	7700	1039500
فسفات Phosphate (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg	112	11000	1232000
پتاس Potassium (K <sub>2</sub> O)	kg	87	15000	1305000
علف کش Herbicide	kg	2.1	250000	525000
آفت کش Insecticide	kg	3.5	250000	875000
قارچ کش Fungicide	kg	2.9	250000	725000
کود دامی (جامد) Manure	kg	8765	7000	61355000
برق Electricity	kWh	2560	614	1571840
آب آبیاری Irrigation water	m <sup>3</sup>	9318	15000	139770000
بذر (غده) Seed (tuber)	kg/ha	2696	55000	148280000
جمع ورودی Total input				443,632,340
خروجی های منفی Negative output				
هدررفت غده Yield losses	kg/ha	3760	43000	161680000
بذر Seed	kg/ha	430	55000	23650000
آب آبیاری Irrigation water	m <sup>3</sup>	4099.92	15000	61498800
نیتروژن Nitrogen (N)	kg/ha	38.307	7700	294963.9
فسفات Phosphate (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	kg/ha	38.103	11000	419133
پتاس Potassium (K <sub>2</sub> O)	kg/ha	31.986	15000	479790
علف کش Herbicide	kg	1.6	250000	400000
آفت کش Insecticide	kg	0.37	250000	92500
قارچ کش Fungicide	kg	2.1	250000	525000
جمع هزینه های خروجی منفی Total negative output				249040186.9
خروجی های مثبت Positive output				
عملکرد Yield	kg	41000	43000	1763000000

این بخش خود از نظر هدر رفت انرژی بهینه‌سازی شود. برخی از این هدررفت‌های انرژی خود منبع آلودگی و کاهش درآمد کشاورز هستند. تولید سیب‌زمینی در استان همدان عمدتاً توسط جامعه روستایی انجام می‌شود و این بخش نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش انتشارهای محیط‌زیستی ایفا خواهند کرد. با افزایش درآمد کشاورزان و در عین حال کاهش انتشارهای محیط‌زیستی می‌توان انتظار دستیابی به پایداری تولید را داشت. به منظور دستیابی به این مهم لازم است که اقدام به تغییر در عملیات‌های کشاورزی رایج مرتبط با استفاده از زمین و صرفه‌جویی در مصرف آب کرد. با استفاده از اقدامات مدیریتی از جمله به‌روزرسانی ماشین‌آلات کشاورزی در حین کاشت، داشت و برداشت در راستای کاهش سوخت مصرفی، کاهش عملیات تهیه بستر، کاهش هدررفت غده از طریق استفاده از ماشین‌آلات به روز و کارگران ماهر، انجام آزمون خاک و مصرف بهینه کود بر اساس توصیه‌های کودی می‌توان کارایی انرژی را با شرایط موجود افزایش داد. از آنجا که هزینه‌یابی جریان مواد و اصلاح فرایندها از نظر اقتصادی و انرژی یک فرایند چرخه‌ای است لازم است که اقدامات اصلاحی در مزارع مورد بررسی به مدت چند سال تکرار شوند و بر اساس آن پایداری تولید را رصد کرد.

به طور کلی، بازنگری و تفسیر داده‌های خلاصه شده به سازمان اجازه خواهد داد تا مراکز کمی با هدررفت‌های مواد را شناسایی کند که از نظر انرژی و یا مالی معنی‌دار است. این مراکز می‌توانند با جزئیات بیشتری تحلیل شوند تا علل ریشه‌ای هدررفت‌های مواد و عوامل مرتبط که هزینه‌ها را ایجاد می‌کنند، شناسایی شوند. به‌هرحال، رویکرد هزینه‌یابی جریان مواد نشان داد که تولید سیب‌زمینی در استان همدان دارای تولیدات منفی است که بار هزینه‌ای و انرژی زیادی را بر مزارع تحمیل می‌کند و با اقدامات اصلاحی می‌توان این هزینه‌ها را به درآمد کشاورز افزود. آنالیز انرژی و هزینه‌بر اساس MFCA به‌خصوص برای تولید سیب‌زمینی روش نسبتاً کارآمدی نشان داد. این روش از طریق ارزیابی جامع انرژی و هزینه به درک بهتر روابط میان اقتصاد و محیط‌زیست کمک می‌کند. با به‌کارگیری راهکارهای پیشنهادی می‌توان صرفه‌جویی هزینه‌ای قابل‌توجهی در جهت کاهش محصولات منفی داشت. چراکه MFCA هدر رفت ماده و هزینه را تشخیص می‌دهد و با به‌کارگیری آن، کشاورزان از هدر رفت معمول در مزرعه مطلع شده و از اینکه می‌توانند در مزرعه خود فرایندها را اصلاح کنند مطمئن شده و بر اساس یک ارزیابی منطقی کاهش هزینه‌های تولید اتفاق می‌افتد. نتیجه این اقدام کاهش اثرات محیط‌زیستی کشاورزی است. تا پیش‌ازاین به علت اینکه کشاورزان از ارزش اقتصادی انتشارهای حاصل از فرایند تولید مطلع نبودند، تلاشی در جهت کاهش انتشارهای کشاورزی انجام نمی‌دادند. در این راستا می‌توان پیشنهادی زیر را ارائه کرد:

## تحلیل شاخص‌های اقتصادی حسابداری رایج و هزینه‌یابی جریان مواد

هزینه مواد مصرفی در فرایند تولید کشاورزی شامل محصولات مثبت و منفی (جدول ۳) و همچنین شاخص‌های اقتصادی در تولید سیب‌زمینی در استان همدان (جدول ۴) نشان داده شده است. ارزش کل تولید سیب‌زمینی بر اساس حسابداری رایج برابر با ۱۷۶۳ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد، درحالی‌که این عدد در هزینه‌یابی جریان مواد برابر با ۲۰۱۲ میلیون ریال در هکتار محاسبه شد. بالاتر بودن ارزش کل تولید در حسابداری بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد به دلیل در نظر گرفتن ارزش تولیدات منفی است که در فرایند تولید سیب‌زمینی در استان همدان حاصل می‌شود. به‌طوری‌که سیب‌زمینی‌کاران همدانی می‌توانند با اقدامات مدیریتی تفاوت درآمدی تا سقف ۲۴۹ میلیون ریال داشته باشند. در صورت کاهش تولیدات منفی نسبت هزینه به فایده در فرایند تولید افزایشی ۰/۵۷ خواهد داشت. در تجزیه و تحلیل هزینه در تولید سیب زمینی اصفهان، نسبت سود به هزینه ۱/۸۸ برآورد کردند. در تحلیل اقتصادی تولید سیب‌زمینی در استان همدان نسبت سود به هزینه برابر ۳/۸۱ گزارش شده است (۲۹). در مطالعه دیگری در استان اصفهان نسبت سود به هزینه ۲/۲ برآورد شده است. در تجزیه و تحلیل اقتصادی تولید سیب‌زمینی در استان اردبیل، نتایج نشان داد که برای تولید سیب‌زمینی در هر هکتار ۳۲۶۷ دلار هزینه شد که نسبت سود به هزینه آن ۱/۸۸ برآورد شد (۲۵). نسبت سود به هزینه تولید سیب زمینی در استان همدان در مطالعه دیگری ۱/۰۹ برآورد شده است (۲۳).

جدول ۴- تحلیل اقتصادی تولید سیب‌زمینی

اجزای هزینه و درآمد Cost and return components	واحد Unit	هزینه‌یابی جریان مواد MFCA	حسابداری رایج Conventional I
ارزش کل تولید Gross value of production	Rials / ha <sup>-1</sup>	2012040187	1763000000
تولید مثبت Positive	Rials / ha <sup>-1</sup>	1763000000	1763000000
تولید منفی Negative	Rials / ha <sup>-1</sup>	249040186	0
درآمد ناخالص Gross return	Rials / ha <sup>-1</sup>	1568407847	1319367660
نسبت هزینه / فایده Cost benefit ratio	-	4.54	3.97

## نتیجه‌گیری

در این پژوهش شاخص‌های اقتصادی و کارایی انرژی تولید سیب‌زمینی در استان همدان با استفاده از هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی مورد سنجش قرار گرفت. از آنجا که کشاورزی به عنوان یکی از منابع تولید انرژی برای انسان‌ها شناخته می‌شود، اما لازم است که

سوق دادن مزارع جهت استفاده از سوخت‌های تجدیدپذیر  
کاهش عملیات‌های مختلف به ویژه خاک‌ورزی (انجام به موقع  
عملیات‌های زراعی، انجام سرویس‌های روزانه و تعمیرات به موقع،  
مدیریت صحیح و انتخاب تراکتور و ادوات مناسب).

اطلاع‌رسانی و آموزش حرفه‌ای کشاورزان از نظر پتانسیل افزایش  
کارایی تولید در مزارع تولید سیب‌زمینی  
حمایت از پژوهش‌هایی که مدل‌های بهینه‌سازی استفاده از انرژی  
در مزارع سیب زمینی

## منابع

- Ahmadi K., Gholizadeh H., and Ebadzadeh H. 2016. Agricultural Statistics of 2014-2015 Crop Year. Ministry of Agriculture Jihad, Tehran. In Persian.
- Banaeian N., Omid M., and Ahmadi H. 2011. Application of data envelopment analysis to evaluate efficiency of commercial greenhouse strawberry. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology* 3: 185-193.
- Dagistan E., Demirtas B., and Yilmaz Y. 2009. Energy usage and benefit-cost analysis of cotton production in Turkey. *African Journal of Agricultural Research* 4: 599-604.
- Dekamin M. 2020. A New Approach to Material and Energy Flow Accounting of Agricultural Systems: A Case Study of Canola in Ardabil Province. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, (Articles in Press).
- Dekamin M., and Barmaki M. 2019. Implementation of material flow cost accounting (MFCA) in soybean production. *Journal of Cleaner Production* 210: 459-465.
- Dekamin M., Barmaki M., Kanooni A., and Meshkini S.R.M. 2018. Cradle to farm gate life cycle assessment of oilseed crops production in Iran. *Engineering in Agriculture, Environment and Food* 11: 178-185.
- Erdal G., Esengün K., Erdal H., and Gündüz O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy* 32: 35-41.
- ISO1451. 2011. Environmental management — Material flow cost accounting — General framework.
- Mohammadi A., Tabatabaefar A., Shahin S., Rafiee S., and Keyhani A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management* 49: 3566-3570.
- Pishgar-Komleh S., Ghahderijani M., and Sefeedpari P. 2012. Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions analysis of potato production based on different farm size levels in Iran. *Journal of Cleaner Production* 33: 183-191.
- Pishgar-Komleh S.H., Akram A., Keyhani A., Sefeedpari P., Shine P., and Brandao M. 2020. Integration of life cycle assessment, artificial neural networks, and metaheuristic optimization algorithms for optimization of tomato-based cropping systems in Iran. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(3): 620-632.
- Mousavi-Avval S.H., Rafiee S., Jafari A., and Mohammadi A. 2011. Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. *Journal of Cleaner Production* 19(13): 1464-1470.
- Mousavi-Avval S. H., Rafiee S., Sharifi M., Hosseinpour S., and Shah A. 2017. Combined application of Life Cycle Assessment and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for modeling energy and environmental emissions of oilseed production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78: 807-820.
- Silalertruksa T., and Gheewala S.H. 2013. A comparative LCA of rice straw utilization for fuels and fertilizer in Thailand. *Bioresource Technology* 150: 412-419.
- Martinho V.J.P.D. 2020. Relationships between agricultural energy and farming indicators. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132, p.110096.
- Nabavi-Pelesaraei A., Rafiee S., Mohtasebi S.S., Hosseinzadeh-Bandbafha H., and Chau K.W. 2019. Comprehensive model of energy, environmental impacts and economic in rice milling factories by coupling adaptive neuro-fuzzy inference system and life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production* 217: 742-756.
- Fathollahi H., Mousavi-Avval S.H., Akram A., and Rafiee S. 2018. Comparative energy, economic and environmental analyses of forage production systems for dairy farming. *Journal of Cleaner Production* 182: 852-862.
- Rajaeifar M.A., Akram A., Ghobadian B., Rafiee S., and Heidari M.D. 2014. Energy-economic life cycle assessment (LCA) and greenhouse gas emissions analysis of olive oil production in Iran. *Energy* 66: 139-149.
- Yagi M., and Kokubu K. 2018. Corporate material flow management in Thailand: The way to material flow cost accounting. *Journal of Cleaner Production* 198: 763-775.
- Razavi J.K.K. 2013. *Iran Agriculture Statistics (Vol. 2)*. Ministry of Jihad-Keshavrzi, Iran.
- Huang S.Y., Chiu A.A., Chao P.C., and Wang N. 2019. The Application of Material Flow Cost Accounting in Waste Reduction. *Sustainability* 11(5): 1270.
- ISO14051 I.S.O. 2011. Environmental management-Material flow cost accounting-General framework. International Organization for Standardization, Geneva.
- Zangeneh M., Omid M., and Akram A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. *Energy* 35(7): 2927-2933.
- Mohammadi A., Tabatabaefar A., Shahin S., Rafiee S., and Keyhani A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. *Energy Conversion and Management* 49(12): 3566-3570.
- Khoshnevisan B., Rafiee S., Omid M., Mousazadeh H., and Rajaeifar M.A. 2014. Application of artificial neural



- networks for prediction of output energy and GHG emissions in potato production in Iran. *Agricultural Systems* 123: 120-127.
- 27- Hatirli S.A., Ozkan B., and Fert C. 2005. An econometric analysis of energy input–output in Turkish agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 9(6): 608-623.
- 28- Hamedani S.R., Shabani Z., and Rafiee S. 2011. Energy inputs and crop yield relationship in potato production in Hamadan province of Iran. *Energy* 36(5): 2367-2371.
- 29- Ghaderzadeh H., and Pirmohamadyani Z. 2019. Evaluation Efficiencies of Energy for Potato Production in Hamedan Province of Iran. *Agricultural Economics Research* 11(42): 167-202. (In Persian)
- 30- Feyzbakhsh M.T., Dorri M.A., and Rezvantalab N. 2019. Evaluation of energy indices and its impact on global warming potential for potato production: a case study, Golestan province. *Journal of Agroecology* 11(1): 53-68. (In Persian)
- 31- Hosseinpanahi F., and Kafi M. 2012. Evaluation of energy budget and productivity of potato (*Solanum tuberosum* L.) farm of Kurdistan province; case study: Dehgolan Plain. *Journal of Agroecology* 4(2): 159-169. (In Persian)
- 32- Dekamin M., and Barmaki M. 2018. Selecting the best environmental friendly oilseed crop by using Life Cycle Assessment, water footprint and analytic hierarchy process methods. *Journal of Cleaner Production* 198: 1239-1250.

## Potato Energy and Material Flow Cost Accounting in Hamadan Province, Iran

M. Dekamin<sup>1\*</sup>

Received: 29-09-2020

Accepted: 10-04-2021

**Introduction:** In recent decades, due to increase in population and demand for agricultural products, creating new forms of energy in the agricultural sector and improper use of inputs due to lack of proper management, this economic sector has become an energy consuming sector. So far, various studies have been conducted to measure energy efficiency and cost in the agricultural sector. In most studies conducted in Iran, energy efficiency for the production of various crops has been calculated based on the final product besides material wastage has not been considered in terms of energy and cost. Material Flow Cost Accounting (MFCA) is an environmental management tool that can help farmers completely understand the financial and environmental consequences of using materials and energy and provide opportunities to achieve them, as well. Unlike most environmental management systems such as ISO 14001, which, despite their impact on reducing environmental damage, do not explicitly help increase farmers' incomes and even impose additional costs on farms, the implementation of the MFCA, by striking a balance between the environment and the economy, would have significant results in increasing energy and material productivity for many farms.

The main purpose of implementing MFCA in potato production is to quantify and identify the losses of agricultural inputs, which leads to effective management of residues and emissions in different stages of crop production. All output materials, including agricultural products and wastes in different stages of production, are calculated and measured in this method.

**Materials and Methods:** According to ISO 14051, the MFCA is a management tool that helps farmers recognize and reduce the potential environmental and financial consequences of product development. Likewise, this tool provides opportunities for achieving environmental and financial improvements through the transparency of processes. Accordingly, MFCA can provide important information at various stages of the cycle of Plan-Do-Check-Act (PDCA) (figure 1).

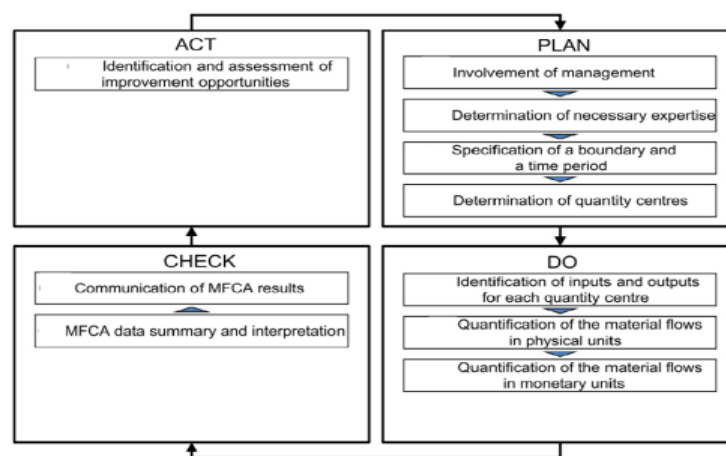


Fig. 1. PDCA cycle for MFCA implementation in soybean production (ISO, 2011).

The use of materials and energy in the agricultural sector is tracked and evaluated through the development of the material and energy flow model (in terms of physical units such as mass and volume) in the method of MFCA (figure 2). In this phase, the raw materials consumed, the energy used, costs, as well as the emissions to atmosphere, soil, and water are quantified. Within the system boundaries, the following assumptions and limitations are adopted:

System boundaries do not include: construction of factory buildings, vehicles, machines and equipment, etc.

1- Assistant Professor of Agroecology, Faculty of Plant Production and Genetic Engineering, University of Malayer, Malayer, Hamedan

(\*- Corresponding Author Email: Dekamin@Malayeru.ac.ir)

DOI: 10.22067/JEAD.2021.17804.0

System boundaries do not include: transportation

Energy balance analysis is a method to identify and evaluate various energy flows that take part in the production system. This analysis determines how efficient the energy is used by establishing the relationship between energy inputs and energy output. This relationship estimates whether energy is lost, gained, or would remain the same.

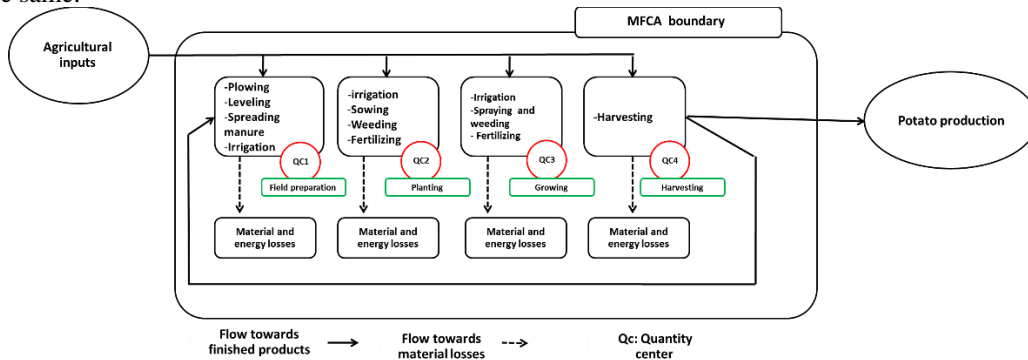


Figure (2): Material flow model for potato production within the MFCA boundary

**Results and Discussion:** According to the results, the highest amount of energy input comes from fossil fuels and nitrogen fertilizer. Based on the energy and economic indices calculated by the two accounting methods (i.e. conventional and material flow cost accounting), it was found that the total value of potato production based on conventional accounting is 7,195\$ per hectare, while this figure is 8,212\$ per hectare based on material flow cost accounting method. Energy efficiency in farms, applying conventional energy accounting, was calculated to be 2.65, while this index, using material flow cost accounting, was calculated to be 2.22. The difference between energy efficiency and cost-benefit ratio is attributed to the negative production value obtained in the potato production process in Hamadan province, Iran. Potato growers can increase their income up to 1,016\$ per hectare through management measures. If the negative production is reduced, the cost-benefit ratio will increase by 0.57 in the production process.

**Conclusion:** Costing energy and energy flows through a comprehensive assessment of energy and costs helps to foster the relationship between the economy and the environment. Using the suggested solutions can save a significant amount of money on reducing negative products. MFCA recognizes the material and energy waste, and, farmers, by applying it, enhance their awareness of the usual losses in the field. Farmers, also, can improve processes on their farm and reduce production costs based on a rational assessment.

**Keywords:** ISO 14051, Energy efficiency, Energy accounting, Environmental management, Energy efficiency

مقاله پژوهشی

## بررسی ترجیحات مصرف‌کنندگان برنج برای برنامه پرداخت برای خدمات اکوسیستم رودخانه سفیدرود

پروا تنکبار<sup>۱</sup> - حمید امیرنژاد<sup>۲\*</sup> - سمیه شیرزادی لسکوکلایه<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۶

### چکیده

رودخانه سفیدرود مهم‌ترین رودخانه استان گیلان می‌باشد که در چند سال اخیر دچار آلودگی‌های شدیدی شده است. برنامه پرداخت برای خدمات اکوسیستم یکی از روش‌های بازاری حفاظت از محیط زیست می‌باشد که محبوبیت زیادی به دنبال داشته است. بنابراین، در این پژوهش ترجیحات و تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان برنج برای پذیرش برنامه پرداخت برای خدمات اکوسیستم رودخانه سفیدرود در استان گیلان بررسی شد. بدین منظور از روش آزمون انتخاب و مدل‌های لاجیت با پارامترهای تصادفی و لاجیت کلاس پنهان بهره گرفته شد. اطلاعات مورد نظر از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسشنامه با ۱۱۵ نفر از مصرف‌کنندگان برنج ساکن در محدوده رودخانه سفیدرود در سال ۱۳۹۸ به دست آمد. نتایج حاصل از هر دو مدل، وجود ناهمگنی در ترجیحات را تأیید می‌کند و متغیرهای سن، جنسیت و تحصیلات افراد از عوامل ناهمگنی شناخته شدند. نتایج حاصل از مدل کلاس پنهان و لاجیت پارامتر تصادفی نشان داد که به ترتیب ویژگی‌های نحوه توزیع پرداخت‌ها و تعداد دفعات نظارت بر برنامه بالاترین اولویت را از نظر مصرف‌کنندگان داشتند. بنابراین، جهت مشارکت و اطمینان بیشتر مصرف‌کنندگان در چنین برنامه‌هایی توصیه می‌گردد این ویژگی‌ها در برنامه لحاظ گردند. حداکثر تمایل به پرداخت به ترتیب برای این دو ویژگی برابر با مقادیر ۱۳۴۷ و ۳۵۳۵ تومان به دست آمد. مطابق با نتایج این پژوهش، پیشنهاد می‌شود در پیاده‌سازی برنامه PES از برنامه‌های کوتاه‌مدت با نظارت بالا استفاده شود، همچنین برنج‌کاران با سطوح درآمدی پایین‌تر در اولویت قرار گیرند. با توجه به این که مصرف‌کنندگان برای سازمان اجرائی خصوصی ترجیحات مثبت داشتند، بنابراین پیشنهاد می‌شود فرصت‌های سرمایه‌گذاری در بخش خصوصی صورت گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** آزمون انتخاب، آلودگی رودخانه، تمایل به پرداخت، گیلان، لاجیت پارامتر تصادفی

### مقدمه

مشکل است. باید توجه داشت که امکان افزایش منابع آب شیرین جهان وجود ندارد، بنابراین تنها راه ممکن برای مقابله با این مشکل، بهبود روش‌های استفاده است (۴).

رودخانه سفیدرود دومین رود بلند ایران و طولانی‌ترین، پرآب‌ترین و همچنین مهم‌ترین رودخانه تأمین‌کننده آب تنظیمی استان گیلان است، به نحوی که این رودخانه حدود ۸۰ درصد آب تنظیم شده استان را تأمین می‌نماید (۲۳). به علت پرجمعیت بودن جلگه مرکزی گیلان و عبور سفیدرود از این منطقه، سفیدرود حامل آلودگی‌های شدیدی شده است که علاوه بر خطر نابودی کامل رودخانه و گونه‌های متنوع آبریان موجود در آن، اقتصاد و معیشت هزاران انسان را که در حاشیه رودخانه

در دهه‌های اخیر و شروع قرن جدید یکی از نگرانی‌های مردم ساکن کره زمین و خصوصاً کشورهای واقع در مناطق خشک از جمله ایران، منابع آب است. امروزه، خصوصیات کیفی آب یکی از مؤلفه‌هایی است که ضرورت لحاظ آن در برنامه‌ریزی‌های مربوط به مدیریت منابع آب و همچنین ارزیابی سلامتی حوضه‌های آبریز کاملاً احساس می‌شود (۲۶). با توجه به پیچیدگی عوامل تعیین‌کننده کیفیت آب و گستردگی شاخص‌هایی که برای توصیف کیفیت آب استفاده می‌شود، ارائه تعریف جامع و در عین حال ساده‌ای برای کیفیت آب بسیار

(Email: h.amirnejad@sanru.ac.ir

\*) نویسنده مسئول:

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشیار و استادیار گروه

اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

دریافت کنند، مبلغ کمتری را درخواست می‌کنند. همان‌طور که مرور مطالعات انجام‌شده نشان داد، در مطالعات خارجی روش آزمون انتخاب برای اجرای طرح‌های PES و همچنین بررسی ترجیحات خریداران و فروشندگان از جایگاه مطلوبی برخوردار بوده و به کرات استفاده شده است اما برنامه‌های PES در ایران کمتر مورد بررسی قرار گرفته است که می‌توان به پژوهش عطائی (۳) و فیروززاد (۱۱) اشاره کرد.

کالاها و خدمات یا دارای بازار هستند که قیمت آن‌ها از طریق عرضه و تقاضا تعیین می‌شود و یا دارای بازار نیستند که از روش‌های مختلفی ارزش‌گذاری می‌شوند (۳). در مواردی که بازار در تشکیل قیمت ناموفق می‌ماند، تعیین قیمت‌ها مستلزم پیدا کردن ملاکی از تمایل به پرداخت است (۱۱). تمایل به پرداخت یک مفهوم اقتصادی است که در تعیین مقدار پولی که مصرف‌کننده تمایل دارد برای عرضه کالا بپردازد، به کار می‌رود. از آنجایی که یکی از عوامل اصلی رشد در هر سامانه اقتصادی، دانش مدیریت بر مبنای شناخت رفتار مصرف‌کننده و عوامل تأثیرگذار بر آن می‌باشد (۳۳)، لذا بررسی رفتار مصرف‌کنندگان و عوامل مؤثر در انتخاب آن‌ها یکی از اولویت‌های سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان بخش کشاورزی است. با توجه به این‌که سفیدرود به‌عنوان مهم‌ترین و با ارزش‌ترین منبع تأمین آب کشاورزی و محیط زیست آبیان در استان گیلان محسوب می‌شود و با توجه به این‌که کیفیت آب این رودخانه مهم در وضعیت بد و خیلی بد قرار دارد، بنابراین ضروری است که جهت کشاورزی پایدار و سلامت محیط‌زیست و انسان‌ها با مدیریت صحیح تمهیدات لازم اندیشیده شده و قوانین اجرایی لازم جهت کنترل این موارد اتخاذ گردد. از آنجایی که در روش PES خریداران و فروشندگان خدمات اکوسیستم باید شناسایی شوند، در این پژوهش مصرف‌کنندگان برنج که ساکن در محدوده رودخانه سفیدرود هستند و آلودگی این رودخانه برایشان اهمیت دارد، به‌عنوان خریداران خدمات اکوسیستم رودخانه سفیدرود و برنج‌کاران که با کشت برنج باعث آلودگی بیشتر این رودخانه می‌شوند به‌عنوان فروشندگان خدمات اکوسیستم رودخانه سفیدرود در نظر گرفته شد. این پژوهش به‌دنبال پاسخ‌گویی به این سوال بود که آیا مصرف‌کنندگان برنج در حوزه رودخانه سفیدرود تمایل دارند برای کاهش آلودگی‌های این رودخانه از طریق کاهش مصرف کودها و سموم شیمیایی مبلغی را در قالب PES به برنج‌کاران که یکی از آلوده‌کنندگان اصلی رودخانه سفیدرود هستند، پرداخت نمایند؟ بنابراین، پژوهش حاضر با استفاده از ابزار اقتصادی PES از طریق پرداخت‌هایی از جانب مصرف‌کنندگان برنج استان گیلان به برنج‌کاران و در نتیجه تشویق آن‌ها به انجام

زندگی می‌کنند نیز به خطر می‌اندازد. بررسی کیفیت آب این رودخانه با استفاده از شاخص پارامترهای متداول کیفیت منابع آب سطحی ایران<sup>۱</sup> (IRWQISC) نشان می‌دهد که کیفیت آب این رودخانه به‌ترتیب برای ماه‌های اردیبهشت، شهریور، آذر و بهمن سال ۱۳۹۷ برابر با ۱۴/۴، ۱۸/۷، ۱۸/۴۷ و ۱۸/۳۷ بوده است که نشان می‌دهد کیفیت آب رودخانه سفیدرود در ماه اردیبهشت خیلی بد و در سایر ماه‌ها بد می‌باشد (۸).

از میان ابزارهای مختلفی که در زمینه مدیریت منابع طبیعی و محیط زیست وجود دارد، روش پرداخت برای خدمات اکوسیستم (PES<sup>۲</sup>) یکی از روش‌های مبتنی بر بازار است که در دنیا به‌عنوان روشی برای حفاظت از محیط زیست و اکوسیستم مورد توجه فراوان قرار گرفته و نتایج قابل‌قبولی هم در پی داشته است. طبق تعریف، برنامه پرداخت برای خدمات اکوسیستمی (PES) مبادله‌ای کاملاً داوطلبانه است که در آن یک خدمت محیط‌زیستی<sup>۳</sup> که به‌خوبی تعریف شده است با شکلی از کاربری سرزمین که سبب حفاظت از چنین خدماتی می‌شود ارتباط داده می‌شود. در این مبادله حداقل باید یک خریدار برای خدمات محیط‌زیست و یک فروشنده و یا ارائه‌دهنده خدمات محیط‌زیستی وجود داشته باشد، مشروط بر این‌که ارائه‌دهنده خدمات محیط‌زیستی همچنان آن خدمت را عرضه کند (۳۸).

مروری بر مطالعات انجام‌شده نشان داد که بررسی ترجیحات و تمایل به پرداخت (WTP)<sup>۴</sup> برای برنامه‌های PES مورد توجه پژوهش‌های متعددی قرار گرفته است. به‌طوری‌که کاهیل و همکاران (۲۲) برای به‌دست‌آوردن تمایل به شرکت در برنامه PES با استفاده از روش آزمون انتخاب دریافتند که کشاورزان مطلوبیت بالاتری از پیش پرداخت به‌دست می‌آورند و همچنین به‌شدت غذا را به‌عنوان روش پرداخت نسبت به پول نقد ترجیح می‌دهند. تعداد کم درختان کاشته‌شده و قراردادهای کوتاه‌مدت نیز ویژگی‌های اساسی هستند که بر تصمیمات کشاورزان تأثیرگذارند. هانسن و همکاران (۱۸) ترجیحات را برای طراحی برنامه داوطلبانه «پرداخت برای خدمات اکوسیستم» متمرکز بر حفظ یا افزایش زیستگاه‌های حیات‌وحش و خدمات هیدرولوژیکی با استفاده از روش آزمون انتخاب بررسی کردند. مطابق با نتایج، شیوه‌های مدیریتی که باعث کاهش در درآمدهای مزرعه می‌شوند، نیازمند مبلغ بالاتری جهت جبران خسارت هستند. وولافر و همکاران (۳۷) ترجیحات کشاورزان را برای PES با استفاده از آزمون انتخاب بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که اگر کشاورزان از طریق PES جبران شوند، تمایل به حفظ جنگل خواهند داشت. به‌طوری‌که اگر آن‌ها به‌جای پول نقد، نهاده‌های کشاورزی یا کوبن را

3- Ecosystem Service  
4- Willingness To Pay

1- IRan Water Quality Index for Surface Water Resources Conventional Parameters  
2- Payment for Ecosystem Services

تصادفی (E) می‌باشد. احتمال این که فرد n گزینه z را انتخاب کند به‌صورت رابطه (۱) می‌باشد. مدل‌های انتخاب مختلف بر اساس فرضیه‌های مختلف در مورد توزیع جزء خطا E که ویژگی‌های غیرقابل مشاهده را در نظر می‌گیرد، می‌باشند.

$$P_{nj} = \text{Prob}(V_{nj} + \varepsilon_{nj} > V_{ni} + \varepsilon_{ni}) \quad \forall i \in C, \forall i \neq j \quad (1)$$

در ساده‌ترین و پرکاربردترین مدل لاجیت شرطی<sup>۳</sup> که توسط مک‌فادن (۲۹) فرموله شد، جزء خطا به‌صورت مستقل و یکسان توزیع شده است. پارامترهای برآوردی ثابت هستند و بنابراین ناهمگنی ترجیحات وجود ندارد. علاوه بر این، نسبت احتمال انتخاب بین دو گزینه تحت تأثیر معرفی یا حذف سایر گزینه‌ها قرار نمی‌گیرد (فرض استقلال گزینه‌های نامرتبط<sup>۴</sup>). این فرض قوی است و باید مورد آزمون قرار گیرد (۱۹). اگر فرض IIA نقض شود، نتایج حاصل از مدل لاجیت شرطی اریب خواهند شد. مدل لاجیت با پارامترهای تصادفی<sup>۵</sup> یک مدل پیشرفته است که بر این محدودیت‌ها غلبه می‌کند، زیرا اجازه می‌دهد پارامترهای (ضرایب) ویژگی‌ها در مدل‌های انتخاب به‌طور تصادفی در میان پاسخ‌گویان تغییر کند، اما یک توزیع آماری خاص را دنبال می‌کند (۱۵، ۱۶، ۲۰، ۲۸، ۳۴ و ۳۶). رایج‌ترین توزیع آماری، توزیع نرمال است که با میانگین و انحراف استاندارد توصیف می‌شود. بنابراین به‌جای برآورد یک ضریب ثابت برای هر ویژگی، در مدل RPL دو ضریب برای هر ویژگی برآورد می‌شود، یعنی ضریب میانگین و ضریب انحراف استاندارد که با هم توزیع ترجیحات ناهمگون پاسخ‌دهندگان را برای این ویژگی توصیف می‌کنند. احتمال انتخاب یک گزینه در این مدل به‌صورت رابطه (۲) می‌باشد.

$$P_{nj} = \frac{\exp(\beta_n x_{nj})}{\sum_{i=1}^I \exp(\beta_n x_{ni})} \quad (2)$$

که در آن x ویژگی‌های یک گزینه و یا پاسخ‌دهندگان و  $\beta$  برداری از پارامترهای برآوردی است.

در مدل کلاس پنهان، افراد را می‌توان به‌طور ضمنی به مجموعه‌ای از کلاس‌های پنهان که در آن ترجیحات در هر کلاس همگن اما در بین کلاس‌ها ناهمگن هستند، طبقه‌بندی کرد (۶). این مفهوم اشاره می‌کند که ممکن است بخش‌های (کلاس‌های) گسسته از مصرف‌کنندگان وجود داشته باشد که رفتارهای انتخابی متفاوتی را نشان دهد. مصرف‌کنندگان برنج به‌طور ضمنی به مجموعه‌ای از کلاس‌ها (c) تقسیم‌بندی می‌شوند که نحوه تخصیص آن‌ها به کلاس‌ها برای محقق قابل مشاهده نیست (۱۴). در این مدل برای فرد n انتخاب گزینه z جهت حداکثر مطلوبیت در موقعیت انتخاب t با توجه به این که آن فرد در کلاس c قرار داشته باشد، مطابق رابطه (۳) است:

اقدامات سازگار با محیط‌زیست (کشاورزی ارگانیک) در جهت کاهش آلودگی رودخانه سفیدرود انجام گردید.

## مواد و روش‌ها

آزمون انتخاب زیرمجموعه رهیافت ترجیحات بیان‌شده، ارزش‌گذاری چندصفتی<sup>۱</sup> و مدل‌سازی انتخاب می‌باشد که از لحاظ نظری مبتنی بر تئوری انتخاب مصرف‌کننده لنکستر (۲۵) و از نظر اقتصادسنجی بر اساس مدل مطلوبیت تصادفی می‌باشد (۲۹ و ۳۵). در آزمون انتخاب این پژوهش، هر گزینه PES توسط مجموعه‌ای از ویژگی‌ها توصیف می‌شود. انتخاب ویژگی‌ها باید بر انتخاب افراد تأثیرگذار و همچنین به‌همراه سطوح متناظرشان، برای پاسخ‌گویان قابل درک و بااهمیت باشد. ارائه تعداد زیادی ویژگی با سطوح زیاد موجب پیچیدگی آزمون‌ها و تعداد زیاد گزینه‌های انتخاب می‌شود که ناسازگاری در پاسخ‌ها را به دنبال دارد (۱۷).

در این پژوهش برای بررسی ترجیحات مصرف‌کنندگان برنج در استان گیلان پرسشنامه آزمون انتخاب به‌دقت طراحی و اجرا گردید. برای تعیین تعداد مجموعه‌های انتخاب برای مصرف‌کنندگان، با استفاده از روش طراحی فاکتوریل کسری<sup>۲</sup> در نرم‌افزار SPSS، ۱۵ کارت تعیین گردید. در این نوع طراحی، کسری از ترکیبات ممکن ایجاد شده در طرح فاکتوریل کامل انتخاب می‌شود. این روش قادر به کاهش تعداد گزینه‌های موجود می‌باشد و انتخاب طرح‌های مورد نظر در این روش براساس سه روش تصادفی، دوری و بیزین صورت می‌گیرد (۲۷). در ادامه پس از حذف گزینه‌هایی که همپوشانی داشتند و گزینه‌هایی که غالب و مغلوب بودند و با توجه به محدودیتی که در انتخاب تعداد مجموعه انتخاب وجود دارد، ۷ مجموعه انتخاب در نظر گرفته شد. پرسشنامه شامل سه بخش بود، بخش اول شامل سوالاتی در مورد وضعیت اجتماعی-اقتصادی مصرف‌کنندگان برنج و بخش دوم شامل بروشور اطلاعاتی مربوط به برنامه PES و سوالات مربوطه و بخش سوم شامل هفت مجموعه انتخاب بود. شش ویژگی PES و سطوح مرتبط با آن‌ها در نظر گرفته شد که شامل نحوه توزیع پرداخت (پرداخت برابر به تمام برنج‌کاران، پرداخت بیشتر به کشاورزان کم‌درآمد)، طول مدت قرارداد (کوتاه‌مدت، بلندمدت)، سازمان اجرایی (دولتی، خصوصی)، تعداد دفعات نظارت بر برنامه (یکبار، دوبار و سه‌بار در دوره)، امکان انصراف از برنامه (امکان دارد، امکان ندارد)، مبلغ پرداختی (۲۸۰۰۰۰ ریال، ۳۱۰۰۰۰ ریال) می‌باشد.

به‌طور کلی، مدل‌های انتخاب از تئوری مطلوبیت تصادفی استفاده می‌کنند که مطلوبیت شامل یک جزء قابل مشاهده (V) و یک جزء

4- Independent and Identical Distributed

5- Random Parameter Logit

1- Multi-attribute Valuation

2- Fractional Factorial Design

3- Conditional Logit

$$Pr_n(j) = \sum_{s=1}^S P_n(j|s) \cdot M_n(s) \quad (۳)$$

که در آن:

$$Pr_n(X_{mnt}|C) = \prod_t \frac{\exp(\beta_c X_{mnt})}{\sum_{j=1}^J \exp(\beta_c X_{mnt})} \quad (۴)$$

$$M_n(s) = \frac{\exp(\beta_c Z_n)}{\sum_{s=1}^S \exp(\beta_c Z_n)} \quad (۵)$$

در روابط فوق،  $X_{mnt}$  برداری از ویژگی‌های قابل مشاهده، و  $\beta_c$  بردار پارامترهای کلاس  $c$  که ناهمگنی در کلاس‌های مختلف را لحاظ می‌کند، می‌باشد.  $Z_n$  بردار متغیرهای کلاس‌بندی است که شامل ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی می‌باشد. احتمال انتخاب گزینه  $j$  شامل دو بخش است، بخش اول  $P_n(j|s)$  که یک مدل لاجیت چندجمله‌ای است، شامل احتمال انتخاب گزینه  $j$  توسط فرد  $n$  به شرط عضویت در کلاس  $c$  است. بخش دوم  $M_n(s)$  که با استفاده از یک مدل لاجیت، احتمال عضویت فرد  $n$  در کلاس  $c$  را با توجه به ویژگی‌های اجتماعی-اقتصادی فرد تعیین می‌کند (تابع عضویت کلاس). برای شناسایی پارامترها، ضرایب در یکی از کلاس‌ها برابر صفر قرار داده می‌شود. توابع عضویت در کلاس با استفاده از متغیرهای اجتماعی-اقتصادی مشخص شده و پس از تخمین ضرایب، احتمال عضویت هر فرد در هر کلاس محاسبه می‌شود (۱۴). از طریق محاسبه نرخ نهایی جانشینی، می‌توان استنتاج نمود که چگونه هریک از ویژگی‌های برنامه در ازای پرداخت کمک‌های مالی، توسط پاسخ‌گویان مورد پذیرش قرار می‌گیرند. نرخ نهایی جانشینی بین ویژگی‌های مختلف و ویژگی پرداخت‌های جبرانی، توسط رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$MRS = - \frac{\beta_a}{\beta_{cp}} \quad (۶)$$

که در آن  $\beta_a$ ، ضریب هریک از ویژگی‌های برنامه‌های  $\beta_{cp}$  و ضریب ویژگی کمک مالی جبرانی است.

آمار و اطلاعات لازم در تابستان و پاییز ۱۳۹۸ در شهر رشت از طریق مصاحبه حضوری با مصرف‌کنندگان برنج که درآمد مستقل داشتند، جمع‌آوری شد. تعداد نمونه مورد بررسی ۱۱۵ مصرف‌کننده برنج بودند که با استفاده از روش ارائه‌شده توسط جانسون و اورم (۲۱) محاسبه شد. اورم در سال ۱۹۹۸ رابطه (۷) را برای تعیین حجم نمونه پیشنهاد داد (۳۲):

$$N = 500 \frac{N_{lev}}{N_{alt} N_{rep}} \quad (۷)$$

در رابطه (۷)،  $N_{lev}$  بیشترین تعداد سطوح در هر ویژگی،  $N_{alt}$  تعداد گزینه‌ها در هر مجموعه انتخاب و  $N_{rep}$  تعداد جایگزین‌ها یا مجموعه‌های انتخاب می‌باشد. در این پژوهش بیشترین سطح مربوط به ویژگی میزان نظارت بر برنامه PES بود که دارای ۳ سطح است، تعداد ۷ مجموعه انتخاب وجود دارد که تعداد گزینه‌ها در هریک از این مجموعه‌ها بدون در نظر گرفتن گزینه وضعیت موجود، برابر ۲ می‌باشد. بنابراین، حداقل اندازه نمونه برابر ۱۰۷ می‌باشد.

## نتایج و بحث

در ابتدا، برای بررسی تأثیر ویژگی‌های مختلف برنامه PES بر تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان برنج و مطلوبیت نهایی آنان، ابتدا از مدل رگرسیونی لاجیت شرطی استفاده گردید تا بتوان نتایج مدل‌های رگرسیونی لاجیت مختلط و کلاس پنهان را با یک مدل پایه مقایسه و روند تغییرات را مشاهده نمود. مدل برآوردشده برای مدل لاجیت شرطی به صورت رابطه (۸) می‌باشد:

$$P_{nj} = ASC + \beta_n^{dis} * DIS + \beta_n^{time} * TIME + \beta_n^{org} * ORG + \beta_n^{mon} * Mon + \beta_n^{cncl} * CNCL + \beta_n^p * Price + e_{nj} \quad (۸)$$

در رابطه (۸)،  $ASC$  ضریب گزینه وضعیت موجود یا ثابت خاص گزینه،  $\beta_n^{dis}$  ضریب ویژگی نحوه توزیع مبالغ پرداختی،  $\beta_n^{time}$  ضریب ویژگی طول مدت برنامه،  $\beta_n^{org}$  ضریب ویژگی سازمان اجرایی،  $\beta_n^{mon}$  ضریب ویژگی تعداد دفعات نظارت بر برنامه،  $\beta_n^{cncl}$  ضریب ویژگی امکان انصراف از برنامه،  $\beta_n^p$  ضریب ویژگی مبلغ پرداختی و  $e_{nj}$  بیان‌گر جزء خطا می‌باشد. جدول ۱ ویژگی‌های برنامه PES و سطوح آن را نشان می‌دهد.

مطابق با جدول ۱، به جز ویژگی تعداد دفعات نظارت بر برنامه که دارای ۳ سطح می‌باشد، سایر ویژگی‌ها دارای دو سطح می‌باشند. در ادامه، در جدول ۲ نتایج برآورد لاجیت شرطی آمده است.

با توجه به نتایج جدول ۲، آماره کای دو (LR) برابر با ۷۱/۶۴۲ به دست آمد که نشان داد رگرسیون لاجیت شرطی در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقدار بالای آماره لگاریتم راستنمایی نشان‌دهنده تصریح درست مدل برآوردشده بود. همچنین، مقدار ضریب خوبی برآورد کاذب و  $R^2$  مک‌فادن برابر با ۰/۰۲۷ برآورد گردید که مقدار پایین این آماره‌ها در مدل‌های گسسته مانند انواع لاجیت، عادی بوده و به دلیل تعداد زیاد گزینه‌ها و پیچیدگی پرسشنامه‌ها برای پاسخ‌گویان است. جهت تأیید مدل رگرسیونی لاجیت شرطی، آزمون استقلال گزینه‌های نامرتب به کمک آماره کای دو آزمون هاسمن-مک‌فادن انجام شد که نتایج آن در جدول ۳ آمده است.

با توجه به مقدار آماره کای دو در جدول ۳، این آماره برای گزینه دوم و سوم در مجموعه‌های انتخاب مقداری بزرگ و معنی‌دار به دست آمد. این نتیجه مؤید آن است که فرضیه  $H_1$  تأیید و فرضیه  $H_0$  مبنی بر عدم رابطه سیستماتیک یا استقلال بین گزینه‌های طراحی شده در مجموعه‌های انتخاب رد شد. بنابراین مدل رگرسیونی لاجیت شرطی، برای بررسی اثر ویژگی‌ها بر تمایل به پرداخت افراد مناسب نبوده و باید از مدل‌های لاجیت پیشرفته‌تر استفاده نمود. به همین جهت، ادامه مدل لاجیت با پارامترهای تصادفی برآورد گردید.

جدول ۱- توصیف ویژگی‌ها و سطوح آن‌ها در برنامه PES  
Table 1- Description of attributes and their levels in PES program

ویژگی Attributes	توضیح ویژگی Description of attributes	سطوح Levels
نحوه توزیع پرداخت‌ها (Distribution of payments)	مبالغ پرداختی مصرف‌کنندگان به چه صورتی در میان برنج‌کاران توزیع شود How to distribute consumer payments to rice farmers	"پرداخت برابر به تمام برنج‌کاران" "Equal payment to all rice farmers" "پرداخت بیشتر به برنج‌کاران کم‌درآمد" "Pay more to low-income rice farmers"
مدت قرارداد (Duration of the program)	طول مدت برنامه PES Duration of the PES program	کوتاه‌مدت (دوساله) Short-time (two years) بلندمدت (حداقل ۵ ساله) Long-time (At least five years)
سازمان اجرایی (Executive organization)	سازمان اجرایی برنامه PES Executive organization of the PES program	دولتی Governmental خصوصی Private
تعداد دفعات نظارت بر برنامه (Monitoring times)	تعداد دفعاتی که هر سال بر برنامه نظارت می‌شود The number of times the program is monitored each year	۱ بار 1 time ۲ بار 2 times ۳ بار 3 times
امکان انصراف از برنامه (Cancellation of the contract)	هر یک از طرفین برنامه PES می‌توانند از برنامه خارج شوند Both PES parties can exit the program	امکان انصراف وجود دارد It is possible to cancel امکان انصراف وجود ندارد It is not possible to cancel
قیمت پرداختی (ریال) (Price)	مبلغی که مصرف‌کنندگان به برنج‌کاران پرداخت می‌کنند The amount that consumers pay to rice farmers	280000 310000

Source: Research findings

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۲- نتایج مدل لاجیت شرطی  
Table 2- The result of conditional logit model

متغیر Variable	ضرایب (انحراف معیار) Coefficient (Standard error)	آماره Z Z Statistic	تمایل به پرداخت WTP	اثر نهایی (انحراف معیار) Marginal effect (Standard error)
ضریب ثابت (Constant)	1.5009** (0.4549)	3.30	-	-
نحوه توزیع پرداخت‌ها (Distribution of payments)	0.18011** (0.10742)	1.68	1001	0.00202 (0.00173)
مدت قرارداد (Duration of the program)	0.3547** (0.1099)	3.23	1973	0.00283 (0.00236)
سازمان اجرایی (Executive organization)	0.1285 (0.1079)	1.19	-	0.00158 (0.0014)
تعداد دفعات نظارت بر برنامه (Monitoring times)	0.2845*** (0.0722)	3.94	1582	0.0025 (0.002)
امکان انصراف از برنامه (Cancellation of the contract)	-0.0903 (0.1096)	-0.82	-	-0.0004 (0.0009)
قیمت پرداختی (Price)	-0.00017*** (0.000035)	-5.03	-	-0.00000122 (0.0000007)

Log-likelihood full model=-1350.5  
LR Chi<sup>2</sup>(7)=71.642  
Prob>LR=0.000  
McFadden's R<sup>2</sup>=0.027  
Pseudo R<sup>2</sup>=0.027  
AIC=2625.02



Source: Research findings

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۳- نتایج آزمون هاسمن

Table 3- The result of Hausman test

گزینه‌ها Alternative	آماره کای دو X <sup>2</sup> Statistic	سطح معنی‌داری Significance level
گزینه دوم (The second option)	56854.5	فرضیه صفر رد می‌شود (The null hypothesis is rejected)
گزینه سوم (The third option)	35319.6	فرضیه صفر رد می‌شود (The null hypothesis is rejected)

Source: Research findings

مأخذ: یافته‌های پژوهش

جدول ۴- مدل لاجیت پارامتر تصادفی با لحاظ ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی

Table 4- The result of RPL model with socio-economic characteristics

متغیر Variable	ضرایب قطعی (انحراف معیار) Coefficient (Standard error)	آماره Z Z Statistic	ضرایب تصادفی (انحراف معیار) Random Coefficients (Standard error)	آماره Z Z Statistic	تمایل به پرداخت WTP
ضریب ثابت (Constant)	1.1384* (0.5355)	2.13	-	-	-
نحوه توزیع پرداخت‌ها (Distribution of payments)	0.29515* (0.1484)	1.99	0.7323*** (0.2031)	3.61	914
مدت قرارداد (Duration of the program)	0.4280** (0.1465)	2.92	0.0758 (0.3159)	0.24	1326
سازمان اجرایی (Executive organization)	0.1601 (0.1669)	0.96	0.9070*** (0.1975)	4.59	-
تعداد دفعات نظارت بر برنامه (Monitoring times)	0.4346*** (0.0913)	4.76	-0.12006 (0.2170)	-0.55	1347
امکان انصراف از برنامه (Cancellation of the contract)	-0.1829 (0.2099)	-0.87	1.4226*** (0.2399)	5.93	-
قیمت پرداختی (Price)	-0.00032*** (0.00006)	-4.91	-	-	-
سن (Age)	0.0000071* (0.00000103)	1.66	-	-	-
وضعیت تأهل (Marital status)	-0.0000114 (0.0000192)	-0.59	-	-	-
جنسیت (Gender)	-0.0000455* (0.0000229)	-1.99	-	-	-
تعداد اعضای خانوار (Family number)	0.00000544 (0.00000803)	0.68	-	-	-

تعداد نمونه=115

Number of samples=115

تعداد مشاهدات=2415

Number of observations=2415

logLikelihood=-720.085

LR Chi<sup>2</sup>(5)=51.98

AIC= 1450.1

Source: Research findings

مأخذ: یافته‌های پژوهش

گرفته شدند و سایر ویژگی‌ها با فرض توزیع نرمال وارد مدل شدند، را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج جدول ۴، آماره LR برابر با ۵۱/۹۸

جدول ۴ نتایج الگوی لاجیت با پارامترهای تصادفی که در آن جمله ثابت (عرض از مبدأ) و قیمت پرداختی، غیرتصادفی در نظر

کلاس‌های پنهان تعیین گردد. بر اساس کمترین مقدار آماره شوارتز (۱۳۷۱)، تعداد کلاس پنهان ۲ عدد بدست آمد که بر اساس آن ۳۹ درصد کشاورزان به کلاس یک و ۶۱ درصد به کلاس دو تعلق داشتند. بر این اساس، بزرگ‌ترین کلاس مربوط به کلاس ۲ و کوچک‌ترین کلاس مربوط به کلاس یک بود. همین‌طور، تعداد متغیرهایی که معنی‌دار نشدند در کلاس یک بیشتر بوده و بیان‌گر آن بود که مصرف‌کنندگان تمایلی برای تغییر وضعیت کنونی از خود نشان نمی‌دادند (مقاوم به تغییر بودند). بنابراین، کلاس یک به‌عنوان کلاس پایه در نظر گرفته شد. همچنین، با توجه به این‌که بیشترین تعداد متغیرهای معنی‌دار مربوط به کلاس ۲ بود آن کلاس به‌عنوان کلاس حساس در نظر گرفته شد. در جدول ۵ نتایج حاصل از برآورد مدل کلاس پنهان ارائه گردید.

بر اساس نتایج جدول ۵، در کلاس اول به‌جز ویژگی مدت قرارداد، بقیه ویژگی‌ها از نظر آماری معنی‌دار نشدند. این نتیجه حاکی از آن بود که مصرف‌کنندگان نسبت به تغییرات واکنش منفی نشان دادند و با وضعیت موجود راضی بودند. ضریب منفی ویژگی مدت قرارداد بیان‌گر آن بود که در کلاس اول، با کاهش مدت قرارداد، تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان کاهش یافت. در کلاس دوم، ویژگی‌های نحوه توزیع پرداخت‌ها، مدت قرارداد و میزان نظارت بر برنامه با علامت مثبت معنی‌دار شدند. این نتایج نشان داد در صورتی‌که پرداخت‌ها به‌نفع کاران کم‌درآمد باشد، مدت زمان برنامه کاهش و تعداد دفعات نظارت بر برنامه PES افزایش یابد، تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان افزایش می‌یابد. ویژگی سازمان اجرایی نیز با ضریب منفی معنی‌دار شد، به این معنی که در صورتی‌که سازمان اجرایی PES دولتی باشد، تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان کاهش می‌یابد. ضریب عضویت کلاس برای مصرف‌کنندگان برنج ارگانیک نشان داد که احتمال قرارگرفتن در کلاس ۲ به‌طور قابل‌توجهی به سن، جنسیت و میزان تحصیلات پاسخ‌گویان (مصرف‌کنندگان برنج) بستگی دارد. به‌طوری‌که با افزایش سن، زن بودن و افزایش تحصیلات، احتمال تعلق به کلاس ۲ افزایش یافت.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به اهمیت سفیدرود که مهم‌ترین و با ارزش‌ترین منابع تأمین آب کشاورزی و محیط زیست آبیان در استان گیلان محسوب می‌شود و با توجه به این‌که کیفیت آب این رودخانه مهم در وضعیت بد و خیلی بد قرار دارد، در این پژوهش ترجیحات و تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان برنج در استان گیلان جهت پذیرش برنامه PES با استفاده از مدل‌های لاجیت با پارامترهای تصادفی و لاجیت کلاس پنهان بررسی گردید.

به‌دست آمد که نشان داد رگرسیون لاجیت پارامتر تصادفی در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. همچنین، مقدار بالای آماره لگاریتم راستنمایی نشان‌دهنده تصریح درست مدل برآوردشده بود.

ضرایب تصادفی (انحرافات استاندارد) به‌دست‌آمده بیان‌گر وجود ناهمگنی در ترجیحات مصرف‌کنندگان برای ویژگی‌های اصلی برنامه PES می‌باشد. معنی‌داری آماری ضرایب تصادفی محاسبه‌شده می‌تواند دلیلی بر ترجیحات ناهمگن مصرف‌کنندگان باشد. بنابراین، می‌توان گفت مصرف‌کنندگان برای ویژگی‌های مدت قرارداد و تعداد دفعات نظارت بر برنامه رفتار همگنی از خود نشان دادند. در مقابل برای ویژگی‌های نحوه توزیع پرداخت‌ها، سازمان اجرایی و امکان انصراف از برنامه ضرایب انحرافات استاندارد، همگی معنی‌دار بوده که نشان از ناهمگنی موجود در رفتار مصرف‌کنندگان در برنامه PES دارد. با توجه به ضریب مثبت و معنی‌دار متغیر جمله ثابت در جدول ۴، مصرف‌کنندگان برنامه پیشنهادی PES را به وضعیت موجود ترجیح دادند. ضریب مثبت و معنی‌دار متغیرهای نحوه توزیع پرداخت‌ها، مدت قرارداد و تعداد دفعات نظارت بر برنامه نشان داد در صورتی‌که پرداخت‌ها به‌نفع کاران کم‌درآمد باشد، مدت زمان برنامه کاهش و تعداد دفعات نظارت بر برنامه PES افزایش یابد، تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان افزایش می‌یابد. ضریب ویژگی قیمت پرداختی منفی و معنی‌دار شد که بیان‌گر آن بود که با افزایش قیمت پرداختی، تمایل به پرداخت مصرف‌کنندگان برای شرکت در برنامه PES کاهش می‌یابد. مطابق با نتایج جدول ۴، با افزایش سن مصرف‌کنندگان تمایل به پرداخت آنها جهت پذیرش برنامه PES افزایش یافت. همین‌طور، زنان تمایل بیشتری برای شرکت در برنامه PES داشتند.

به‌دلیل عدم امکان تفسیر مستقیم ضرایب در مدل‌های لاجیت، در این نوع مدل‌ها برای تفسیر ضرایب ویژگی‌ها و مقایسه آن‌ها با یکدیگر از قیمت‌های ضمنی یا تمایل به پرداخت ویژگی‌ها استفاده می‌شود. بر اساس نتایج مدل لاجیت با پارامترهای تصادفی (با اثرات متقابل) بیشترین تمایل به پرداخت مربوط به ویژگی تعداد دفعات نظارت بر برنامه به‌دست آمد به‌طوری‌که مصرف‌کنندگان حاضر بودند برای نظارت بیشتر در برنامه PES، ۱۳۴۷ تومان پرداخت نمایند. مقدار تمایل به پرداخت برای ویژگی مدت قرارداد نیز نشان داد مصرف‌کنندگان حاضر بودند برای قراردادهای کوتاه‌مدت، ۱۳۲۶ تومان پرداخت نمایند. همچنین، مقدار تمایل به پرداخت برای ویژگی نحوه توزیع پرداخت‌ها بیان‌گر آن بود در صورتی‌که پرداخت‌های بیشتری به برنج‌کاران کم‌درآمد صورت گیرد، تمایل به پرداخت ۹۱۴ تومان افزایش می‌یابد.

در ادامه جهت بررسی بیشتر ناهمگنی غیرقابل‌مشاهده در رفتار پاسخ‌گویان (مصرف‌کنندگان)، مدل کلاس پنهان برآورد شد. قبل از برآورد مدل، ابتدا می‌بایست با توجه به مقادیر آماره شوارتز، تعداد

جدول ۵- نتایج لاجیت کلاس پنهان  
Table 5- The result of latent class model

ضرایب Coefficient	کلاس ۱ (انحراف معیار) Class 1 (Standard error)	آماره Z (Z statistic)	تمایل به پرداخت WTP (Toman)	کلاس ۲ (انحراف معیار) Class 2 (Standard error)	آماره Z (Z statistic)	تمایل به پرداخت (تومان) WTP (Toman)
نحوه توزیع پرداختها (Distribution of payments)	-5.1852 (6.04)	-0.86	-	0.861** (0.26)	3.30	3535
مدت قرارداد (Duration of the program)	-1.0484* (0.55)	-1.88	-	0.684** (0.325)	2.10	2978
سازمان اجرایی (Executive organization)	7.652 (9.763)	0.78	-	-0.917** (0.372)	-2.46	-3918
تعداد دفعات نظارت بر برنامه (Monitoring times)	-1.337 (2.131)	-0.63	-	0.793*** (0.223)	3.56	3525
امکان انصراف از برنامه Cancellation of the ) (contract)	-2.894 (5.992)	-0.48	-	-0.00085 (0.515)	0.00	-
قیمت پرداختی (Price)	-0.0028 (0.0035)	-0.80	-	-0.00022*** (0.000085)	-2.63	-
ضرایب تابع عضویت کلاس						
Coefficients of class membership function						
ضریب ثابت (Constant)	-109.389 (176.583)			2.583* (1.382)		
سن (Age)	11.594 (17.806)			0.0749*** (0.210)		
جنسیت (Gender)	-29.187 (39.066)			-0.782* (0.4735)		
تحصیلات (Education)	0.056 (0.225)			0.268*** (0.0671)		
احتمال عضویت در هر کلاس						
The probability of class membership						
	0.386			0.613		
تعداد نمونه=115 Number of samples=115 تعداد مشاهدات=2415 Number of observations=2415 logLikelihood= -712.799 LR Chi <sup>2</sup> (Δ)= 343.166 McFadden Pseudo R <sup>2</sup> = 0.194 AIC= 1483.6						

Source: Research findings

مأخذ: یافته‌های پژوهش

با توجه به تأثیر متغیر سن، جنسیت و تحصیلات مصرف‌کنندگان بر پذیرش برنامه PES پیشنهاد می‌شود اجرای برنامه PES با تمرکز بر مصرف‌کنندگان زن و دارای میانگین سنی بالاتر شروع شود و در عین حال به منظور مشارکت مصرف‌کنندگان مرد و با میانگین سنی پایین‌تر، آموزش و فرهنگ‌سازی لازم انجام گیرد. همچنین، با توجه به اینکه زنان خریداران اصلی در اکثر خانوارها هستند، این فرصت

نتایج هر دو مدل، وجود ناهمگنی در ترجیحات مصرف‌کنندگان برنج ارگانیک را تأیید کرد. بنابراین، می‌توان از روش‌های مناسبی برای متمایز ساختن محصولات ارگانیک و در نتیجه بهبود مطلوبیت از مصرف این محصولات، استفاده نمود. نتایج این پژوهش از لحاظ ناهمگنی در ترجیحات مطابق با نتایج مطالعات نوردن (۳۱)، اسلام (۱)، و رلافر (۳۷)، هانسن (۱۸)، کاهایل (۲۲) و فیروززراع (۱۱) بود.

به‌ترتیب ویژگی‌های نحوه توزیع پرداخت‌ها و تعداد دفعات نظارت بر برنامه بالاترین اولویت را از نظر مصرف‌کنندگان در انتخاب برنامه PES داشتند. بنابراین، جهت مشارکت و اطمینان بیشتر مصرف‌کنندگان در چنین برنامه‌هایی توصیه می‌گردد این ویژگی‌ها در برنامه لحاظ گردند. همچنین، اگرچه PES به‌عنوان ابزاری برای کاهش فقر طراحی نشده است اما می‌تواند باعث افزایش درآمد برنج‌کاران کم‌درآمد شود و به امرار معاش کمک نماید. اجرای مؤثر چنین برنامه‌ای و جلوگیری از سوءاستفاده‌های احتمالی در گرو تقویت سازوکارهای قانونی و سازمان اجرایی آن است. با توجه به نتایج این پژوهش، مصرف‌کنندگان برای سازمان اجرایی خصوصی ترجیحات مثبت داشتند، بنابراین پیشنهاد می‌شود فرصت‌های سرمایه‌گذاری در بخش خصوصی صورت گیرد. همچنین، با توجه به این که این چنین برنامه‌هایی در ایران هنوز اجرا نشده است، پیشنهاد می‌شود جهت افزایش مشارکت مصرف‌کنندگان حتی‌الامکان سطوح متنوعی از ویژگی‌ها به پاسخ‌گویان ارائه شود.

مناسبتی در بازاریابی محصولات ارگانیک برای افزایش مصرف این محصولات می‌باشد. نتایج این پژوهش از نظر معنی‌داری متغیرهای اقتصادی-اجتماعی مطابق با نتایج پژوهش گلستانیان و همکاران (۱۳)، بلالی و محمدی (۵)، کلاشمی و همکاران (۲۳)، قربانی و همکاران (۱۳) بود. مطابق با نتایج هر دو مدل (مدل‌های لاجیت با پارامترهای تصادفی و لاجیت کلاس پنهان)، مصرف‌کنندگان برای برنامه کوتاه‌مدتی که نظارت بیشتری داشته باشد تمایل بیشتری داشتند، که این نتیجه با توجه به جدید بودن برنامه و عدم آشنایی با آن، خارج از انتظار نیست. بنابراین، پیشنهاد می‌شود برای شروع از برنامه‌های کوتاه‌مدت با نظارت بالا استفاده شود. با توجه به این که در هر دو مدل (مدل‌های لاجیت با پارامترهای تصادفی و لاجیت کلاس پنهان)، مصرف‌کنندگان تمایل داشتند پرداخت‌های بیشتری به برنج‌کاران کم‌درآمد صورت بگیرد، توصیه می‌شود در پیاده‌سازی برنامه PES، برنج‌کاران با سطوح درآمدی پایین‌تر در اولویت قرار گیرند. نتایج حاصل از مدل کلاس پنهان و لاجیت پارامتر تصادفی نشان داد که

## منابع

1. Aslam U., Termansen M. and Fleskens L. 2017. Investigating farmers' preferences for alternative PES schemes for carbon sequestration in UK agroecosystems. *Ecosystem Services* 27: 103-112.
2. At A. 1997. The basics of price theory. Seyed Ebrahim Beyzaie, Bu Ali Sina University, First Edition, 223P. (In Persian)
3. Ataei S. 2019. Designing a payment for ecosystem services (PES) scheme in the agricultural sector of Qazvin plain. PhD Thesis, Tarbiat Modares University, Faculty of Agriculture. (In Persian with English abstract)
4. Babran S., and Honarbakhsh N. 2008. Critical water condition in Iran and the world. *Scientific Research Journal of Rahbord* 16(48): 193-212. (In Persian)
5. Balali H., and Mohammadi M. 2019. Investigating the economic behavior of wheat farmers in Kermanshah to reduce the negative environmental impacts of chemical fertilizers (Application of contingent valuation method). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research* 50(4): 643-657. (In Persian with English abstract)
6. Boxall P.C., and Adamowicz W.L. 2002. Understanding heterogeneous preferences in random utility models, a latent class approach. *Environmental and Resource Economics* 23: 421-446.
7. Costa M.M. 2011. A participatory framework for conservation payments. *Land Use Policy* 28: 423-433.
8. Department of Environment Islamic Republic of Iran, 2018.
9. Ebadi C. 2000. *Microeconomics*. Tehran, Publication of the Semat, Second Edition.
10. Farley J., and Costanza R. 2010. Payments for ecosystem services: From local to global. *Ecological Economics* 69(11): 2060-2068.
11. Firoozzare A. 2018. Spatial investigation of farmers' collective and individual actions for acceptance of agrienvironmental schemes of water-related ecosystem services improvement. PhD Thesis. Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture. (In Persian with English abstract)
12. Ghorbani M., Nemati A., and Ghorbani R. 2010. Studying the willingness to pay of wheat farmers to control weeds in different growth stages (case study of Khorasan Razavi). *Journal of Agricultural Economic and Development* 25(1): 20-28. (In Persian with English abstract)
13. Golestanian M., Nabieyan S., and Mirzaei khslilabad H. 2019. Factors affecting the selection of agricultural contracts from the viewpoint of farmers in the county of Bardsir: method of mixed logit. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research* 51(2): 263-278. (In Persian with English abstract)
14. Greene W.H. 2003. *Econometric Analysis*. Fifth edition. Macmillan, New York.
15. Greene W.H., and Hensher D.A. 2003. A latent class model for discrete choice analysis: contrasts with mixed logit. *Transportation Research Part B-Methodological* 37(8): 681-698.
16. Hanley N., Wright R.E., and Alvarez-Farizo B. 2007. Estimating the economic value of improvements in river ecology using choice experiments: an application to the water framework directive. In *environmental value transfer: Issues and methods*, (pp. 111-130). Springer, Dordrecht.

17. Hanley N., Wright R.E., and Koop G. 2002. Modelling recreation demand using choice experiments: climbing in Scotland. *Environmental and Resource Economics* 22(3): 449-466.
18. Hansen K., Duke E., Bond C., Purcell M., and Paige G. 2018. Rancher preferences for a payment for ecosystem services program in southwestern Wyoming. *Ecological Economics* 146: 240-249.
19. Hausman J., and McFadden D. 1984. Specification tests for the multinomial logit model. *Econometrica: Journal of the Econometric Society* 1219-1240.
20. Hoyos D. 2010. The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments. *Ecological Economics* 69(8): 595-1603.
21. Johnson R., and Orme B. 2003. Getting the most from CBC. Sequim: Sawtooth Software. Research Paper Series, Sawtooth Software.
22. K. Haile K., Tirivayi N., and Tesfayeb W. 2019. Farmers' willingness to accept payments for ecosystem Services on agricultural land: The case of climate-smart agroforestry in Ethiopia. *Journal of Ecosystem Services* 39: 100964.
23. Kalashami M.K., and Peykani GH. 2014. Economic valuation of sufficient and guaranteed irrigation water supply for paddy farms of Guilan province. *Rural Development Strategies* 1(2): 1-1. (In Persian with English abstract)
24. Kavooosi Kalashemi M., Heidari Shalmani M., and Nazari M.R. 2016. Estimating willingness to pay for organic rice in urban households of Guilan province. *Journal of Environmental Science* 13(1): 113-124. (In Persian with English abstract)
25. Lancaster K.J. 1966. A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy* 74(2): 132-157.
26. Lashnizand M., Parvaneh B., and Bazgir M. 2011. Effects of dehydration and irrigation periods on surface water quality in Kashkan watershed. *Quarterly Journal of Natural Geography* 3(8): 111-125. (In Persian with English abstract)
27. Louviere J., Hensher D.A., and Swait J. 2000. Stated choice methods, Analysis and application. Cambridge University Press, U.K.
28. McFadden D., and Train K. 2000. Mixed MNL models for discrete response. *Journal of Applied Econometrics* 15(5): 447-470.
29. McFadden D. 1974. Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In: Zarembka, P. (Ed.), *Frontiers in Econometrics*, Academic Press, New York, 105-142.
30. Muradian R., Corbera E., Pascual U., Kosoy N., and May P.H. 2010. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. *Ecological Economics* 69: 1202-1208.
31. Nordén A. 2014. Payment types and participation in payment for ecosystem services programs: Stated preferences of landowners.
32. Orme B. 1998. Sample size issues for conjoint analysis studies. Sequim: Sawtooth Software Technical Paper.
33. Pishbahar E., Mahmoodi H., and Hayati B. 2018. Investigating non-attendance of attributes in choice experiment with endogenous attribute non-attendance (Case study: Organic tea consumers in Tehran). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research* 50(3): 437-449. (In Persian with English abstract)
34. Ruto E., and Garrod G. 2009. Investigating farmers' preferences for the design of agri-environment schemes: A choice experiment approach. *Journal of Environmental Planning and Management* 52(5): 631 - 647.
35. Thurstone L.L. 1927. A law of comparative judgment. *Psychological Review* 34(4): 273.
36. Train K.E. 1998. Recreation demand models with taste differences over people. *Land Economics* 74(2): 230-239.
37. Vorlaufer T., Falk T., Dufhues T., and Kirk M. 2017. Payments for ecosystem services and agricultural intensification: evidence from a choice experiment on deforestation in Zambia. *Ecological Economics* 141: 95-105.
38. Wunder S. 2007. The efficiency of payments for environmental services in tropical conservation. *Conservation Biology* 21(1): 48-58.

## Investigating Rice Consumers' Preferences for Payment for Ecosystem Services of Sefidrood River

P. Tonakbar<sup>1</sup>- H. Amirnejad<sup>2\*</sup>- S. Shirzadi Laskookalayeh<sup>3</sup>

Received: 26-11-2020

Accepted: 16-06-2021

**Introduction:** Among the various available tools in the field of natural resources and environmental management, the payment for ecosystem services (PES) is one of the market-based methods that is considered worldwide to protect the environment and ecosystem. PES is an important method for effective management of natural resources and public goods and one of the tools for managing degraded ecosystems and related environmental and economic services. Considering that Sefidrood is considered as the most important and valuable source of agricultural water supply and aquatic environment in Guilan province, and also the water quality of this important river is in a bad and very bad condition, this study was conducted using PES economic tools through payments by rice consumers in Guilan province to rice farmers and thus encouraging them to take environmentally friendly measures (organic agriculture) to reduce pollution of the Sefidrood River.

**Materials and Methods:** This research was conducted using a choice experiment method. In our CE, each PES alternative is described by a set of attributes that include distribution of payments, contract duration, implementing organization, monitoring times, possibility to cancel and payments. First, to investigate the effect of different attributes of PES scheme on rice consumers' willingness to pay and their marginal utility, a conditional logit model was used to compare the results of random parameter logit model and latent class models with a base model. Then, the RPL and LC model was used to further investigate the invisible heterogeneity that exists in the behavior of respondents. The RPL model is an advanced model that allows attributes coefficients to change randomly among respondents. Therefore, instead of estimating a fixed coefficient for each attribute, two coefficients are estimated, which together describe the distribution of heterogeneous preferences of the respondents for this attribute.

**Results and Discussion:** To confirm the CL model, the independence of irrelevant alternatives assumption was performed using the Hausman-McFadden test. Given that the value of chi-square statistics has become large and significant, therefore, the CL model is not suitable for investigating the effect of attributes on consumer's willingness to pay, and more advanced models should be used. For this reason, RPL and LC models are estimated. According to the results of the RPL model, the highest willingness to pay is related to the monitoring times therefor indicating that consumers are willing to pay 1347 Tomans for more monitoring. The amount of willingness to pay for the duration of contract and distribution of payments is equal to 1326 and 914 Tomans, respectively, which indicates if the contracts are short-time and also more payments are made to low-income rice farmers, the willingness to pay will increase to 1326 and 914 Tomans, respectively. Based on the results of the LC model, in the first class, except for the contract duration, all other attributes were not statistically significant. In the second class, the distribution of payments, the contract duration and the monitoring times with a positive sign and the implementing organization with a negative sign are significant. Class membership coefficients for organic rice consumers indicate that the likelihood of being in second class depends significantly on the respondents' age, gender, and level of education.

**Conclusion:** The results of RPL and LC models confirm the existence of heterogeneity in the preferences of organic rice consumers. Therefore, appropriate methods can be used to differentiate organic products and thus improve the utility of consuming these products. Consumers were also more inclined to have a short-time and high monitoring scheme, this result is not unexpected due to the novelty of the scheme. Therefore, it is recommended to start short-time schemes with high monitoring. Consumers also tended to make more payments to low-income rice farmers, so it is recommended that lower-income rice farmers be given priority in implementing the PES scheme. The results of both model showed that the distribution of payments and monitoring times had the highest priority for consumers in choosing the PES scheme, respectively. Therefore, in order to increase the participation of consumers in such schemes, it is recommended to include these attributes in the schemes. Also, although PES

1, 2 and 3- Ph.D. Candidate in Agricultural Economics, Associate Professor and Assistant Professor of Agricultural Economics, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, respectively.

(\*- Corresponding Author Email: h.amirnejad@sanru.ac.ir)

DOI: 10.22067/JEAD.2021.67055.0

is not designed as a tool to reduce poverty, it can increase the incomes of low-income rice farmers and help their livelihoods. Given that such schemes have not yet been implemented in Iran, it is suggested that in order to increase consumer participation, various levels of attributes should be provided to the respondents.

**Keywords:** Choice experiment, Guilan province, Random parameter Logit, River pollution, Willingness to pay

## مقاله پژوهشی

# تحلیل پوششی داده‌ها در شرایط عدم قطعیت برای بهبود انرژی مصرفی باغات کیوی استان مازندران

مهدی صباغی المشیری<sup>۱</sup> - مرتضی تاکی<sup>۲\*</sup> - مصطفی مردانی نجف‌آبادی<sup>۳</sup> - افشین مرزبان<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۰۹

## چکیده

تحلیل انرژی یکی از روش‌های بسیار مفید و موثر به منظور بررسی وضعیت انرژی مصرفی در تولیدات کشاورزی است. در این راستا محققان زیادی در ایران و سایر کشورهای جهان از تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) به منظور بهینه‌سازی جریان انرژی مصرفی در انواع محصولات کشاورزی استفاده کرده‌اند ولی بدلیل عدم قطعیت در داده‌های مورد استفاده در این روش، استفاده از الگوهایی که توانایی کنترل این عدم قطعیت را دارا باشند، ضروری است. در این راستا، به منظور تعیین کارایی باغات کشت کیوی استان مازندران و لحاظ عدم قطعیت داده‌های ورودی، از مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA) و فازی بازه‌ای (FIDEA) استفاده شد. داده‌های مورد نیاز با توزیع و تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری و با استفاده از روش نمونه‌گیری تصادفی در سال ۹۸-۱۳۹۷ جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که میانگین کارایی فنی کل مزارع کیوی در مدل RDEA در سه سطح احتمال انحراف از محدودیت ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب برابر با ۰/۹۳، ۰/۹۶ و ۰/۹۸ درصد است. نتایج مدل FIDEA نشان داد که چنانچه سطح محافظت از مدل در مقابل داده‌های نامطمئن (پارامتر  $\alpha$ ) کاهش یابد، میانگین کارایی مزارع کیوی افزایش می‌یابد. بیش‌ترین میزان صرفه‌جویی انرژی مربوط به نهاده سموم شیمیایی و کم‌ترین میزان صرفه‌جویی مختص نهاده‌های کودهای شیمیایی و الکتریسیته می‌باشد. در این راستا برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه کاربرد درست و بهینه سموم شیمیایی و همچنین افزایش تکنولوژی استفاده از ادوات توزیع سم و کود می‌تواند باعث بهبود کارایی و صرفه‌جویی در میزان مصرف نهاده‌ها و انرژی در تولید این محصول در منطقه مورد مطالعه شود.

**واژه‌های کلیدی:** بهینه‌سازی انرژی، تحلیل پوششی داده‌های استوار، کارایی

## مقدمه

عواملی که باعث ناکارایی می‌شود، پیشنهاد شده است (۲۰). یکی از این روش‌ها، تحلیل پوششی داده‌ها (Data Envelopment Analysis) است. این روش، ابزار کمکی برای تحلیل کارایی واحدهای تصمیم‌گیرنده بوده که به عنوان یک روش غیرپارامتری استفاده می‌شود (۲۷). در روش DEA، هر واحد یا سازمان، تحت بررسی واحد تصمیم‌گیرنده قرار می‌گیرد. در کشاورزی، یک واحد تصمیم‌گیرنده، ممکن است یک کشاورز، گلخانه‌دار، کارخانه تولیدکننده تراکتور و یا کشت و صنعت باشد (۲۳). در روش (DEA) از آمار ناپارامتریک استفاده می‌شود که قابلیت شناسایی خطاهای تصادفی را به طور مناسب ندارد و معمولاً فرضیه‌های مربوط به خطاها

استفاده از انرژی و بکارگیری آن در بخش کشاورزی، اهمیت ویژه‌ای دارد زیرا قیمت تمام شده محصولات کشاورزی رابطه‌ای مستقیمی با نوع، مقدار و قیمت انرژی‌های مصرف شده دارد. بنابراین با کنترل و بهینه‌سازی انرژی صرف شده، می‌توان میزان تولید و قیمت محصول نهایی را مدیریت کرد (۱۶). از طرفی، استفاده مفید از منابع یکی از مهم‌ترین دارایی‌های تولید پاک و پایدار کشاورزی است (۳۴) که به منظور محقق شدن آن، روش‌های نوینی به منظور بررسی کارایی مصرف انرژی مصرفی و به تبع آن تشخیص و اندازه‌گیری

۳- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

DOI: 10.22067/JEAD.2021.68026.1008

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(Email: mtaki@asnrukh.ac.ir

\*)- نویسنده مسئول:



در سال‌های اخیر صورت گرفته است و نتایج آن در مجلات پژوهشی مختلف به چاپ رسیده است (۴-۱). به کمک این روش و نتایج حاصل از آن، کشاورزان می‌توانند با اخذ رویکرهای مدیریتی متفاوت و یا استفاده صحیح از تکنولوژی باعث بالارفتن میزان کارایی انرژی و در نتیجه افزایش فایده اقتصادی شوند (۱).

در این راستا، یکی از محصولاتی که کم‌تر مورد بررسی قرار گرفته است، کیوی است. کیوی یکی از محصولات اصلی شمال کشور ایران است. میزان تولید سالانه کیوی در کل جهان یک میلیون و ۴۰۰ هزار تن و ایران با تولید سالانه، ۲۹۴ هزار تن، رتبه سوم تولید کیوی در جهان را به خود اختصاص داده است (۱). استان مازندران با تولید حدود ۲۰۰ هزار تن، رتبه اول کشور را داراست. با توجه به سطح زیر کشت قابل توجه این محصول در استان مازندران (۶۵۰۰ هکتار)، مصرف انرژی بالا و ارزش اقتصادی برآورد شده معادل ۲۰۰ میلیارد تومان، (۱)، انجام مطالعاتی در خصوص بهینه‌سازی عملیات تولید این محصول از منظر انرژی و افزایش کارایی آن، ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا تحقیقات صورت گرفته بیش‌تر در زمینه مدل‌سازی و بررسی جریان انرژی بودند. در تحقیقی (۲۵) با هدف مدل‌سازی انرژی در باغات کیوی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی<sup>۷</sup> (ANN) و الگوریتم ژنتیک<sup>۸</sup> (GA)، نشان دادند که بیش‌ترین مصرف انرژی مربوط به نهاده‌های الکتریسیته (۴۲ درصد) و کودهای شیمیایی (۲۵ درصد) است. محمدی و همکاران (۱۷)، در تحقیقی به بررسی جریان انرژی و تحلیل اقتصادی میوه کیوی در شمال ایران (آستارا) پرداختند. نتایج نشان داد که کودهای شیمیایی و سوخت دیزل به ترتیب با ۴۷ و ۲۸ درصد، بیش‌ترین سهم از کل انرژی مصرفی این محصول را تشکیل می‌دهند. همچنین سهم انواع انرژی‌های مستقیم بیش‌از دو برابر انواع غیرمستقیم در این محصول گزارش شد. در تحقیق دیگری به مدل‌سازی جریان انرژی و آلاینده‌های زیست محیطی در کشت محصول کیوی در استان مازندران پرداخته شد (۱۸). نتایج این تحقیق نشان داد که مدل شبکه عصبی قادر است میزان انرژی خروجی و آلاینده‌های زیست محیطی محصول کیوی را با دقت بالایی ( $R^2=0.987$  و  $R^2=0.992$ ) پیش‌بینی کند. منابع فوق صرفاً به بررسی و مدل‌سازی جریان انرژی در کشت کیوی پرداخته‌اند و اکثراً برداشت داده‌ها توسط پرسشنامه صورت گرفته است. لذا بر اساس نتیجه‌گیری کلی صورت گرفته یکی از بزرگ‌ترین مشکلات محققان، عدم قطعیت در داده‌های برداشت شده بوده است. این امر به دلیل عدم آگاهی و اطلاع کشاورزان، دانش اندک و یا اشتباهات ناشی از داده‌برداری و

از صحت کافی برخوردار نیستند. بنابراین از روش (RDEA)<sup>۱</sup> در صورت وجود عدم قطعیت در تجزیه و تحلیل داده‌ها، استفاده می‌شود (۱۶). در روش RDEA، پارامترهای نامشخص متغیرهای تصادفی با توزیع‌های شناخته شده، مورد بررسی قرار نمی‌گیرند (۱۲). در مدل کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، این فرض وجود دارد که اطلاعات دقیقی از ورودی‌ها و خروجی‌های واحدها وجود دارد. اما در کاربردهای واقعی، تعیین مقدار دقیق برای برخی ورودی‌ها و یا خروجی‌ها امکان‌پذیر نیست. همین مسئله باعث ترکیب مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها با انواع روش‌های عدم قطعیت شده است.

محققان روش‌های گوناگونی برای غلبه بر مسئله داده‌های نامطمئن در الگوی تحلیل پوششی داده‌ها پیشنهاد داده‌اند (۲، ۵ و ۳۳). از جمله می‌توان به روش تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای (IDEA)<sup>۲</sup> اشاره کرد که در برخی مطالعات نتایج دقیق‌تری نسبت به الگوی متداول DEA ارائه کرده است. علی‌رغم این که در برخی مطالعات، الگوی IDEA نتایج بهتری را نسبت به DEA رقم زده است، یکی از عمده‌ترین معایب استفاده از روش IDEA، دشواری ارزیابی و تفسیر حدود بالا و پایین کارایی است (۸). به‌منظور غلبه بر این مشکل، استفاده از روش‌های دیگری از جمله تحلیل پوششی داده‌های فازی (FDEA)<sup>۳</sup> و تصادفی (SDEA)<sup>۴</sup> نیز مورد توجه محققین قرار گرفت (۳۰). البته استفاده از این دو روش نیز تبعات خاص خود را به همراه دارد. از جمله می‌توان به مشکل اجبار در چشم‌پوشی اثرگذاری قسمتی از اطلاعات روی ضرایب عدم قطعیت در استفاده از روش‌های فازی اشاره نمود. این مشکل نیز با کاربرد روش تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای فازی با برش‌های  $\alpha$  (FIDEA)<sup>۵</sup> مرتفع گردیده است. در استفاده از روش‌های ترکیب شده تحلیل پوششی داده‌ها و برنامه‌ریزی تصادفی نیز مشکلاتی از جمله اجبار به معین بودن توزیع داده‌ها وجود دارد (۲۱). گونه دیگری از روش‌های تحلیل پوششی داده‌ها، روش تحلیل پوششی داده‌های استوار (RDEA)<sup>۶</sup> است. از جمله محاسن این روش، گزارش پاسخ‌های بهینه نقطه‌ای برخلاف بازه‌ای بودن پاسخ‌های بهینه در روش IDEA، عدم التزام به آگاهی از توزیع داده‌ها در روش SDEA و عدم چشم‌پوشی از اثرگذاری اطلاعات روی ضرایب عدم قطعیت (در هنگام ایجاد توابع عضویت فازی) به منظور غلبه بر مشکل موجود در روش FDEA است (۲۱).

در زمینه بهینه‌سازی جریان انرژی در محصولات کشاورزی، مطالعات متنوعی با استفاده از روش کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها

5-  $\alpha$ -Cut Fuzzy Interval Data Envelopment Analysis  
6- Robust Data Envelopment Analysis  
7- Artificial Neural Network  
8- Genetic Algorithm

1- Robust Data Envelopment Analysis  
2- Interval Data Envelopment Analysis  
3- Fuzzy Data Envelopment Analysis  
4- Stochastic Data Envelopment Analysis

در پارامترهای ذکر شده در بالا، به‌خاطر این‌که واریانس صفت مورد مطالعه (کشاورزان تولیدکننده کیوی با درختان میوه بالای ۱۰ سال عمر) در ابتدا مشخص نیست، بایستی از قبل یک بررسی آزمایشی در مقیاس کوچک برای پی بردن به نواقص احتمالی و برآورد تقریبی صفت مورد مطالعه در جامعه‌ای که قصد انتخاب نمونه از آن در پیش است، انجام داد. بدین منظور از بین جمعیت تولیدکنندگان مورد مطالعه، یک نمونه مناسب به‌طور تصادفی انتخاب و پرسش‌نامه‌هایی که از قبل طراحی شده بود، در بین آن‌ها توزیع و تکمیل شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های نمونه‌گیری مقدماتی و به دست آوردن تقریبی آماره‌ها در صفت مورد مطالعه در جامعه مورد نظر، با داشتن مقدار پارامترها و قرار دادن آن‌ها در رابطه ۱، حجم نمونه‌گیری اصلی (۴۰ باغ کیوی) به‌دست آمد. برای نمونه‌گیری از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد، زیرا آسان‌ترین و اصولی‌ترین روش برای نمونه‌گیری بوده و قابل تعمیم به کل جامعه است. دلیل دیگر انتخاب این روش نمونه‌گیری، هماهنگی و تطابق آن با روش اتخاذ شده توسط مرکز آمار ایران و سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی در آمارگیری کشور است. در این روش نمونه‌گیری که بصورت تصادفی بود، احتمال انتخاب در هر مرحله برای کلیه واحدهای جامعه یکسان است (۱۱). شایان ذکر است که ۵ شهرستان انتخاب شده به هیچ عنوان از نظر فنی برای تولید کیوی تفاوتی نداشته و انتخاب این ۵ شهرستان تنها به دلیل فراوانی تعداد باغات موجود در آن بود. بنابراین، هیچ تفکیک نمونه‌گیری برای آن وجود نداشته و عبارت دیگر، از سایر روش‌ها مانند نمونه‌گیری طبقه‌ای استفاده نشده است.

انرژی‌های ورودی در تولید کیوی شامل انرژی مصرفی در عملیات و انرژی مصرف شده در تولید ماشین‌های کشاورزی، کود، سم، درخت، نیروی انسانی، سوخت مصرفی، آبیاری و ادوات کشاورزی می‌باشند. محاسبه انرژی مصرفی با استفاده از معادل انرژی مربوط به هر واحد از نهاده یا ستانده و ضرب آن در مقدار نهاده مصرف شده یا ستانده تولید شده، انجام شد (جدول ۱).

#### مدل تحلیل پوششی داده‌های استوار RDEA

الگوی بازده ثابت نسبت به مقیاس (CRS)<sup>۱</sup>، یک الگوی برنامه‌ریزی خطی است که از آن برای محاسبه کارایی فنی واحدهای تصمیم‌ساز استفاده می‌گردد (۲۸). استفاده از این نوع الگوی تحلیل پوششی داده‌ها، زمانی مناسب است که واحدهای تصمیم‌گیرنده در مقیاس بهینه عمل کنند (۲۴). در صورتی که داده‌ها عدم قطعیت داشته باشند از روش RDEA استفاده می‌شود. فرم کلی مدل RDEA با توجه روش بهینه‌سازی استوار و تحلیل پوششی داده‌های بازه‌ای به

همچنین موارد ذکر شده برای کاهش شدید اعتبار روش‌های معمول DEA غلط است. استفاده از روش RDEA با توجه به محاسن ذکر شده برای آن، مشکلات عمده سایر روش‌ها را قابل حل می‌نماید. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته برای محصول کیوی، روش RDEA و FIDEA به منظور بررسی جریان انرژی و تعیین کارایی آن، تا به حال مورد استفاده قرار نگرفته است. بنابراین، با توجه به اهمیت انرژی و سطح زیر کشت این محصول در شمال کشور، در این تحقیق از سه روش DEA، RDEA و FIDEA به منظور بررسی و ارزیابی عملکرد تولیدکنندگان کیوی استان مازندران در زمینه مصرف انرژی استفاده شد. با استفاده از سه روش فوق، مشکل عدم قطعیت داده‌برداری رفع خواهد شد و نهایتاً نتایج حاصل از آن‌ها به واقعیت‌های اجرایی و کاربردی نزدیک‌تر خواهد شد.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

استان مازندران از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین ۵۰ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه عرض شمالی نسبت به خط استوا در شمال کشور و در سواحل جنوبی دریای خزر قرار گرفته است. این استان به علت وضعیت آب و هوایی مناسب دارای پتانسیل بسیار بالا برای توسعه بخش‌های مختلف باغی و زراعی است. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق از پنج شهرستان استان مازندران که بیش‌ترین میزان باغات کیوی را به خود اختصاص داده‌اند شامل: ساری، قائمشهر، بابل، نور و چالوس، در سال زراعی ۹۷-۹۸ جمع‌آوری شد. اطلاعات مورد نیاز این تحقیق، از باغ‌هایی که درختان آن در اواسط سن تولید اقتصادی محصول هستند (تقریباً ۱۰ ساله)، جمع‌آوری گردید. برای برآورد حجم نمونه از رابطه ۱ (فرمول کوکران) به شرح زیر استفاده شد (۴):

$$n = \frac{N(t.s)^2}{Nd^2 + (t.s)^2} \quad (1)$$

که در آن:

n = حجم نمونه

N = اندازه جامعه آماری

t = ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع

صفت مورد نظر از جدول t استیودنت به دست می‌آید

S<sup>2</sup> = برآورد واریانس صفت مورد مطالعه d = دقت احتمالی

مطلوب

صورت مدل غیر خطی زیر است (۱۴):

$$\begin{aligned} \max \theta_p &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rp}^U - z_p^y \gamma_p^y - \sum_{r=1}^s P_{rp}, \\ \text{s.t. } \sum_{i=1}^m v_i x_{ip}^L + z_p^y \gamma_p^x - \sum_{r=1}^m q_{ip} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^U + z_j \Gamma_j + \sum_{r=1}^s P_{rj} + \sum_{r=1}^m q_{ij} &\leq 0 \quad (2) \\ \forall j \neq p, \quad z_j + p_j^y &\geq u_r (y_{rj}^U - y_{rj}^L), \quad \forall r, j \\ z_j + q_{ij}^y &\geq v_i (x_{rj}^U - x_{rj}^L), \quad \forall i, j \\ \gamma_p^x + \gamma_p^y &= \Gamma, \quad \theta_p \leq 1, \quad v_i, u_r \geq \varepsilon, \\ \forall i, r, \quad z_j, q_{ij}, p_{rj} &\geq 0, \quad \forall i, j, r \end{aligned}$$

که در آن  $z, q$  و  $P$  نشان دهنده متغیرهای اضافی غیرمنفی،  $\varepsilon$  نمایانگر سطح عدم قطعیت معین و  $\Gamma$  پارامتر کنترل کننده میزان

محافظه کاری است. همچنین، از دیگر متغیرهای این الگو  $u \in R^s \times 1$  و  $v \in R^m \times 1$  هستند.  $v_i$  و  $u_r$  به ترتیب مربوط به وزن های ورودی  $i$  و خروجی  $r$  هستند. توجه شود که بالانویس های  $U$  و  $L$  به ترتیب حدود بالا و پایین پارامترها و متغیرها می باشد.  $\theta_p$  کارایی ناشی از برتری ورودی ها و خروجی های واحد تصمیم گیرنده  $p$  با بیشینه سازی تابع هدف در الگوی ۲ و با توجه به متغیرهای وزنی است. لازم به ذکر است که اگر  $J_j^x = 0$  و  $J_j^y = 0$  (متغیرهای کنترل میزان محافظه محافظه کاری به ترتیب مجموعه های مربوط به ارزش نهاده ها و ستاده های مبهم) باشند، متغیر  $z$  خاصیت خود را از دست داده که این امر به معنی یکسان بودن محدودیت های ۱ و ۲ بوده و خوشبینانه ترین حالت که یکسان بودن مدل های RDEA و DEA است، اتفاق می افتد.

جدول ۱- معادل نهاده ها و ستانده های انرژی در تولید محصولات کشاورزی

Table 1- Equivalent of energy inputs and outputs in agricultural productions

الف- نهاده های انرژی Energy inputs	واحد Units	انرژی به ازای هر واحد (MJ) Energy equivalent (MJ)	منبع Reference
۱- نیروی کارگری Human labor	ساعت h	1.96	10
۲- کودهای شیمیایی Chemical fertilizers			
پتاس (K <sub>2</sub> O)	کیلوگرم kg	11.15	26
ازت (N)	کیلوگرم kg	47.1	22
سوپرفسفات تریپل (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	کیلوگرم kg	15.8	7
۳- سموم شیمیایی Poisons			9
حشره کش Insecticide	کیلوگرم kg	101.2	9
علف کش Herbicide	کیلوگرم kg	238	9
۴- ماشین های کشاورزی Machinery	کیلوگرم kg	67.2	10
۵- بذر Seed	کیلوگرم kg	1	10
۶- سوخت دیزل Diesel fuel	لیتر lit	56.31	9
۷- الکتریسیته Electricity	کیلووات ساعت kWh	11.93	9
۸- آب آبیاری Irrigation	مترمکعب m <sup>3</sup>	1.02	10
۹- عملکرد Yield	کیلوگرم kg	0.8	19

افزار MATLAB مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت. رابطه‌ی بین کارایی فنی (ECCR)، کارایی فنی خالص (EBCC) و کارایی مقیاس (ES) به صورت زیر تعریف شده است (۶):

$$E_s = \frac{E_{CCR}}{E_{BCC}} \quad (۶)$$

مقدار کارایی مقیاس بیش از یک نخواهد بود. کارایی مدل CRS کارایی فنی کل نامیده می‌شود، زیرا تحت تاثیر مقیاس و اندازه نیست. از طرف دیگر VRS، کارایی فنی خالص را تحت بازده به مقیاس متغیر نشان می‌دهد. رابطه‌ی بالا، تجزیه کارایی را نشان می‌دهد که این رابطه منابع کارایی را به نمایش می‌گذارد. یعنی مشخص می‌کند که ناکارایی به علت ناکارایی مدیریتی است یا ناشی از شرایطی است که کارایی مقیاس را نشان می‌دهد و یا از هر دو عامل متاثر می‌گردد (۳۲). نتایج نهایی این تحقیق برای کشاورزان قابل استفاده خواهد بود و تمامی نهاده‌های مورد استفاده را از لحاظ مازاد و کمبود انرژی مورد بررسی قرار می‌دهد. از طرفی با استفاده از مدل‌های توضیح داده شده، می‌توان عدم قطعیت داده‌های برداشت شده را جبران و نتایج را به واقعیت نزدیک‌تر نمود و مشکل عمده‌ای که در سایر تحقیقات همیشه دیده می‌شود را برطرف کرد.

## نتایج و بحث

جدول ۲، میانگین و پراکندگی انرژی‌های ورودی و خروجی در کشت محصول کیوی را نشان می‌دهد. متوسط انرژی تولیدی محصول کیوی ۵۹۴۲۳/۸ مگاژول بر هکتار با درصد ضریب تغییرات ۲۰٪ می‌باشد و متوسط انرژی مصرفی مجموع نهاده‌ها ۳۵۰۲۱/۶ مگاژول بر هکتار است. بیش‌ترین سهم انرژی مصرفی به ترتیب متعلق به نهاده ماشین‌ها (۳۰٪/۵)، کودهای شیمیایی (۲۱/۵٪)، سوخت (۱۵/۲٪)، سموم شیمیایی (۱۴/۱٪) و الکتریسیته (۱۲/۸٪) می‌باشد و کم‌ترین انرژی مصرفی مربوط به نهاده‌های درخت (۰/۱٪) و نیروی کار (۵/۸٪) است. با توجه به نتایج آماره ضریب تغییرات، بیش‌ترین میزان پراکندگی در میان انرژی‌های ورودی به ترتیب متعلق به نهاده‌های کودهای شیمیایی، الکتریسیته، سموم شیمیایی و ماشین‌های کشاورزی است. در تحقیقی مشابه، جریان انرژی مصرفی در محصول کیوی مورد بررسی قرار گرفت (۱۸). نتایج نشان داد که میانگین انرژی ورودی و خروجی به ترتیب ۳۷/۳۲ و ۴۳/۴۴ گیگاژول بر هکتار است و نهاده کود شیمیایی بیش‌ترین میزان مصرف را به خود اختصاص داده است. همچنین در تحقیق دیگری، میزان انرژی مصرفی در کشت کیوی (منطقه آستارا) معادل با ۳۰/۲ گیگاژول بر هکتار گزارش شد (۱۷). نتایج این تحقیق نشان داد که بیش از ۲۸٪ از کل انرژی ورودی را نهاده ماشین‌های کشاورزی به خود اختصاص داده است.

در مقابل، اگر  $J_j^x = |J_j^x|$  و  $J_j^y = |J_j^y|$  باشند (برابری مقدار متغیرها با تعداد کل پارامترهای نامطمئن)، آنگاه  $\gamma_j^x$  و  $\gamma_j^y$  بیش‌ترین تأثیر را بر محدودیت‌های خود داشته و در نتیجه بدبینانه‌ترین حالت ممکن برای واحد مورد بررسی اتفاق خواهد افتاد. بنابراین، با تغییر  $\Gamma$  که مجموع دو متغیر  $\gamma_j^x$  و  $\gamma_j^y$  بوده و در نتیجه سطوح مختلف این دو متغیر، می‌توان یک دامنه منعطف از سطوح محافظه‌کاری در مدل RDEA را در مقابل سطوح متفاوت حفاظت از پاسخ‌های بهینه، تجربه نمود (۱۳).

پارامتر  $\Gamma$  می‌تواند مقادیر متفاوتی اختیار نماید که این مقادیر به احتمال انحراف محدودیت  $\hat{I}$  از کران خود ( $P$ ) و همچنین به تعداد پارامترهای نامطمئن ( $n$ ) در محدودیت مورد نظر، بستگی دارد. با جایگذاری جواب بهینه‌ی  $x^*$  در معادله فوق، احتمال انحراف محدودیت  $\hat{I}$  از کران خود، به صورت رابطه‌ی زیر تعریف می‌شود (۱۶):

$$pr\left(\sum_j \tilde{a}_{ij} x_j^* > b_i\right) \leq B(n, \Gamma_i) \quad (۳)$$

برای محاسبه‌ی  $\Gamma$ ، یک سطح مطلوب احتمال انحراف محدودیت  $\hat{I}$  از کران آن محدودیت در نظر گرفته شد و با توجه به تعداد پارامترهای نامطمئن ( $n$ ) در آن محدودیت، مقدار  $\Gamma$  محاسبه گردید.

## مدل FIDEA

برای ارائه مدل FIDEA فرض بر این است که  $\tilde{x}_{ij}$  و  $\tilde{y}_{ij}$  اعداد فازی باشند. با استفاده از مفهوم  $\alpha$  - برش مدل FIDEA به دو مدل برنامه‌ریزی خطی زیر تبدیل می‌گردد (۱۶):

حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری مورد مطالعه برای بالا بردن قابلیت اطمینان و اعتماد به نتایج حاصل از مدل تحلیل پوششی داده‌ها از رابطه‌ی زیر محاسبه شد (۳۲):

$$(I+O) \geq 3 \quad (۴)$$

در رابطه فوق،  $I$  تعداد نهاده‌ها و  $O$  تعداد ستانده‌هاست. در تحقیق حاضر شش نهاده‌ی تولید یعنی انرژی مربوط به ماشین‌های کشاورزی، انرژی سوخت مصرفی، انرژی درخت، کود و سموم شیمیایی، انرژی کارگری، انرژی آب مصرفی و انرژی ادوات کشاورزی به عنوان نهاده و انرژی محصول (عملکرد) به عنوان ستانده در نظر گرفته شد. بنابراین حداقل تعداد واحدهای تصمیم‌گیری برای تجزیه و تحلیل برابر است با:

$$(۵) \quad 24 = 3(7+1) = \text{تعداد واحدهای تصمیم‌گیری}$$

در این پژوهش، داده‌ها پس از تبدیل به صورت انرژی، توسط نرم

محصول کیوی در استان مازندران است. شکاف میان کمترین و بیشترین کارایی فنی و فنی خالص در سطح احتمال ۱۰٪ بیان می‌سازد که پتانسیل بالایی جهت بهبود کارایی و رسیدن به مرز کارا، بدون تغییر در تولید، میان بهره‌برداران وجود دارد؛ به طوری که می‌توان با صرفه‌جویی در مصرف نهاده‌ها، کارایی فنی را به میزان ۶۱٪ و با افزایش دانش فنی تولیدکنندگان و مدیریت در استفاده از نهاده‌ها، کارایی فنی خالص را به میزان ۴۰٪ افزایش داد. در تحقیقی مشابه، میزان کارایی انرژی در کشت گندم شهرستان نیشابور توسط مدل DEA و RDEA مورد بررسی قرار گرفت (۱۵). نتایج نشان داد که میانگین کارایی فنی خالص در تمام سطوح انحراف هر محدودیت از کران خود بالاتر از میانگین کارایی فنی بوده که نشان دهنده قابلیت مهارت زیاد کشاورزان مزارع نمونه شهرستان نیشابور در تولید گندم است. در تحقیق دیگری از مدل RDEA به منظور بررسی کارایی انرژی واحدهای مرغداری گوشتی استان خوزستان استفاده شد (۱۹). نتایج نشان داد که میانگین کارایی فنی کل مرغداری‌ها در مدل RDEA در سه سطح احتمال ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ درصد به ترتیب ۸۸٪، ۹۱٪ و ۹۳٪ است.

جدول ۴ نتایج کارایی فنی در سطح احتمال ۵/۰ و سطوح عدم اطمینان ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ را نشان می‌دهد.

جدول ۳، نتایج کارایی فنی و فنی خالص در سطح عدم اطمینان نسبت به داده‌های قطعی ۳۰٪ و سطوح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود به میزان ۱۰٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ را در مدل RDEA نشان می‌دهد. در جدول مذکور در سطح احتمال ۱۰۰٪، نتایج کارایی‌های الگوی RDEA با الگوی DEA برابر است. دلیل این امر صفر بودن مقادیر پارامتر کنترل‌کننده میزان محافظه‌کاری در سطح احتمال ۱۰۰٪ می‌باشد. بیشترین سطح محافظه‌کاری در مقابل داده‌های نامطمئن در سطح  $p=10\%$  و کمترین آن در سطح  $p=100\%$  است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که با افزایش سطح احتمال انحراف هر محدودیت از کران خود از ۱۰٪ به ۱۰۰٪ (کاهش عدم قطعیت) به ازای سطح ثابت عدم اطمینان معین، میانگین و حداقل مقادیر محاسبه شده کارایی افزایش و پراکندگی نتایج کاهش می‌یابد. حداکثر مقادیر کارایی فنی و فنی خالص در تمام سطوح احتمال ۱۰۰٪ می‌باشد و بیان‌گر این است که برخی از واحدهای زراعی به صورت کاملاً کارا عمل نموده‌اند. در سطح احتمال ۵۰٪، میانگین کارایی فنی و کارایی فنی خالص به ترتیب ۹۶٪ و ۹۸٪ است و می‌توان به ترتیب با کاهش ۴ و ۲ درصد مصرف نهاده‌ها، بدون کاهش تولید، به کارایی کامل دست یافت. مقادیر بالای کارایی فنی و فنی خالص نشان‌دهنده توانایی و مهارت بالای کشاورزان در تولید

جدول ۲- توصیف آماری انرژی‌های ورودی و خروجی (مگاژول بر هکتار)

Table 2- Statistical description of input and output energies (MJha<sup>-1</sup>)

پارامترها Parameters	میانگین Average	ضریب تغییرات Coefficient of variation	انحراف معیار Standard deviation
عملکرد کل Total yield	59423.8	0.2	11354.4
انرژی خروجی کل Total output energy	59423.8	-	-
ماشین‌های کشاورزی Machinery	10678.6	1	11059.8
نیروی کارگری Human labor	2033.7	0.7	1435.4
سموم شیمیایی Poisons	4934.8	1	4877.9
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers	7530.5	1.5	11610.9
درخت Tree	21.5	0.8	17.3
الکتریسیته Electricity	4499.4	1.3	5820.8
سوخت Diesel fuel	5323.1	0.6	3196.4
انرژی ورودی کل Total input energy	35021.6	-	-

جدول ۳- کارایی فنی و فنی خالص مدل RDEA در سطح عدم اطمینان ۳۰٪ و سطوح احتمال ۱۰٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪

Table 3- The results of constant and variable return to scale efficiency in RDEA model at 30% uncertainty level and 10%, 50% and 100% probability levels

انواع کارایی Types of efficiency	انحراف معیار Standard deviation	حداکثر Maximum	حداقل Minimum	میانگین Average
p=100% (DEA)				
کارایی فنی CRS	0.07	1	0.64	0.98
کارایی فنی خالص VRS	0.04	1	0.81	0.99
p=50% (RDEA)				
کارایی فنی CRS	0.12	1	0.52	0.96
کارایی فنی خالص VRS	0.07	1	0.7	0.98
p=10% (RDEA)				
کارایی فنی CRS	0.17	1	0.39	0.93
کارایی فنی خالص VRS	0.11	1	0.6	0.95

جدول ۴- نتایج کارایی فنی مدل RDEA در سطح احتمال ۰/۵ و سطوح عدم اطمینان ۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳

Table 4- The results of CRS efficiency of RDEA model at probability level of 0.5 and uncertainty levels of 0.1, 0.2 and 0.3

طبقه کارایی Efficiency level	کل Total	۱ 1	۰/۹-۱ 0.9-1	۰/۸-۰/۹ 0.8-0.9	۰/۷-۰/۸ 0.7-0.8	۰/۶-۰/۷ 0.6-0.7	<۰/۶ <0.6
e=0.3							
میانگین Average	0.95	1	0.93	0.82	-	0.65	0.49
تعداد مشاهدات Number of observations	40	33	2	1	-	2	2
انحراف معیار Standard deviation	0.14	-	0.4	-	-	0.07	0.01
e=0.2							
میانگین Average	0.95	1	0.93	0.82	-	0.65	0.49
تعداد مشاهدات Number of observations	40	33	2	1	-	2	2
انحراف معیار Standard deviation	0.14	-	0.04	-	-	0.07	0.01
e=0.1							
میانگین Average	0.94	1	-	0.84	0.71	0.63	0.48
تعداد مشاهدات Number of observations	40	33	-	2	1	1	3
انحراف معیار Standard deviation	0.15	-	-	0.002	-	-	0.05

فعلی، می‌توانند باعث افزایش کارایی شوند. میانگین کارایی فنی، تقریباً در تمامی سطوح عدم اطمینان ۰/۹۵ می‌باشد؛ در این صورت بهره‌برداران می‌توانند با استفاده از ۹۵ درصد نهاده‌ها، بدون کاهش در تولید، به مرز کارایی تولید دست یابند و با افزایش کارایی، ۵٪ مصرف

نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که درصد فراوانی واحدهای کارا در تمام سطوح عدم اطمینان ۸۲/۵٪ است و ۱۷/۵٪ باقیمانده واحدهای ناکارا می‌باشند. در این راستا واحدهای ناکارا با الگو قراردادن واحدهای کارا و بهره‌گیری از تجربیات آن‌ها و استفاده‌ی مطلوب‌تر از تکنولوژی

منبع تولید می‌توان بین ۲۰/۶ تا ۳۵ درصد (بسته به میزان محافظت سیستم در مقابل عدم حتمیت در سطوح مختلف احتمال انحراف از محدودیت) در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد.

نتایج شکل ۱ نشان می‌دهد که با افزایش عدم حتمیت و حفاظت الگو در برابر داده‌های غیردقیق (کاهش سطح احتمال)، میزان انرژی قابل صرفه‌جویی توسط بهره‌برداران افزایش می‌یابد. به عنوان نمونه و با توجه به شکل ۱، در  $p=100\%$  می‌توان با ۵٪ صرفه‌جویی در انرژی مصرفی نهاده ماشین‌های کشاورزی، به سطح کارا دست یافت در حالی که در  $p=10\%$  می‌توان با ۱۹٪ صرفه‌جویی در انرژی مصرفی به سطح کارای مصرف انرژی این نهاده رسید و علاوه بر ذخیره انرژی، هزینه‌های تولید را کاهش داد. این مهم را می‌توان اینگونه تفسیر کرد که اگر تصمیم‌گیرندگان حوزه انرژی به این نتیجه برسند که ممکن است داده‌های ورودی و خروجی در این مطالعه از نوسان زیادی برخوردار باشد، برای ایجاد حاشیه اطمینان در استفاده از نتایج می‌بایست از سطوح محافظه‌کاری بالاتر استفاده کنند. کم‌ترین میزان صرفه‌جویی انرژی مختص نهاده‌های کودهای شیمیایی و الکتریسیته می‌باشد؛ به طوری که در سطح احتمال ۵۰٪ به ترتیب با کاهش ۳/۶ و ۳/۹ درصد مصرف انرژی می‌توان به سطح بهینه مصرف این نهاده‌ها دست یافت.

بنائیان و همکاران (۳) از روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در کشت محصول گردو استفاده کردند. در این تحقیق نهاده‌های سموم و کود شیمیایی مستعد بیش‌ترین مقدار صرفه‌جویی بودند. همچنین در تحقیق مردانی و ضیایی (۱۵)، نهاده‌های آفت‌کش و سطح زیر کشت در مدل RDEA بیش‌ترین میزان قابلیت بهبود را از خود نشان دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که الگوی RDEA یک الگوی منعطف و قدرتمند در تحلیل پوششی داده‌های غیردقیق است. البته نقطه ضعفی که در این مدل نمایان است، پیچیدگی محاسباتی و افزایش تعداد محدودیت‌های مدل RDEA نسبت به مدل DEA متداول است. البته این ضعف با وجود یارانه‌های قدرتمند کنونی و همچنین وجود الگوریتم‌های متعدد و کاربردی محل مسائل بهینه‌سازی غیرخطی در نرم‌افزارهایی نظیر GAMS قابل اغماض بوده و از لحاظ تکنیکی مشکل قابل ملاحظه‌ای به شمار نمی‌آید.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مطالعه با استفاده از سه روش DEA، RDEA و FIDEA به بررسی ارزیابی عملکرد کیوی کاران استان مازندران در زمینه مصرف انرژی پرداخته شد. با توجه به نتایج، متوسط انرژی تولیدی محصول کیوی ۵۹۴۲۳/۸ مگاژول بر هکتار و متوسط انرژی مصرفی مجموع نهاده‌ها ۳۵۰۲۱/۶ مگاژول بر هکتار محاسبه شد. در سطح احتمال ۵۰٪ و سطح عدم اطمینان ۳۰٪، میانگین کارایی فنی و کارایی

نهاده‌ها را ذخیره نمایند. واحدی (۳۱) از روش تحلیل پوششی داده‌ها به منظور مطالعه کارایی انرژی مصرفی واحدهای مرغ گوشتی استان البرز استفاده نمود. در این تحقیق در مدل بازگشت به مقیاس ثابت، از ۳۶ واحد مرغ‌داری مورد بررسی، ۸ مرغ‌داری (۲۲/۲۲٪) دارای امتیاز کارا و ۲۸ مرغ‌داری (۷۷/۷۸٪) دارای امتیاز ناکارا بوده‌اند. همچنین در مدل بازگشت به مقیاس متغیر، ۲۰ واحد (۵۵/۵۶٪) کارا و ۱۶ واحد (۴۴/۴۴٪) ناکارا بوده‌اند. میانگین کارایی فنی و فنی خالص به ترتیب ۰/۹۵۲ و ۰/۹۸۷ به دست آمد.

جدول ۵ نتایج کارایی فنی کشاورزان مورد مطالعه را در مدل FIDEA در سطوح مختلف  $\alpha$  (برش‌های ۰، ۰/۴، ۰/۸ و ۱) نشان می‌دهد. رویکرد  $\alpha$ ، کارایی را در دو حد پایین و بالا محاسبه می‌کند که نشان می‌دهد چنانچه واحدهای تحت بررسی، از نهاده‌های مصرفی به صورت بهینه و غیربهینه استفاده کنند، کارایی آن‌ها به ترتیب برابر با حد بالا و پایین کارایی خواهد بود. به عبارت دیگر، حد پایین و بالا به ترتیب کارایی بالفعل و بالقوه را نشان می‌دهند (۲۹). در سطح  $\alpha=0$  میانگین کارایی فنی در بازه (۰/۷، ۰/۹) قرار دارد و به این معنی است در صورتی که در بدبینانه‌ترین حالت، میانگین کارایی برابر با ۷۰٪ و در خوشبینانه‌ترین حالت میانگین کارایی ۹۰٪ را دارند. باید توجه کرد که این اعداد بیانگر توانمندی و دانش فنی مناسب کشاورزان مورد مطالعه در تولید محصول کیوی است. در مقدار  $\alpha=0.4$  میانگین کارایی حد پایین و بالا به ترتیب برابر ۰/۸ و ۰/۹ است و بیان می‌کند چنانچه اطمینان از صحت داده‌های مورد مطالعه ۴۰ درصد باشد، میانگین کارایی آن‌ها بین ۰/۸ و ۰/۹ در نوسان است. مطابق نتایج مشاهده می‌گردد که با تخصیص بهینه‌تر منابع که همراه با افزایش سطح  $\alpha$  می‌باشد، کارایی نیز افزایش می‌یابد؛ به طوری که در سطح  $\alpha=1$  میانگین کارایی حد پایین و بالا می‌تولند تا ۹۲٪ افزایش یابد. به علاوه در این سطح از برش  $\alpha$ ، ۷۵٪ کشاورزان کاملاً کارا عمل نموده‌اند (کارایی حد بالا و پایین آن‌ها برابر یک است).

نتایج حاصل از جدول ۵ نشان می‌دهد که ۱۲/۵٪ کشاورزان در سطح  $\alpha=0$ ، ۳۷/۵٪ در سطح  $\alpha=0.4$  و ۷۲/۵٪ در سطح  $\alpha=0.8$ ، دارای کارایی حد پایین بیش از ۰/۹ و کارایی حد بالا ۱ می‌باشند. در تحقیقی مشابه، مردانی و همکاران (۱۹) با استفاده از تحلیل پوششی داده‌های فازی بازه‌ای و استوار، کارایی واحدهای پرورش مرغ گوشتی استان خوزستان را تعیین نمودند. نتایج نشان داد که چنانچه سطح پارامتر  $\alpha$  افزایش یابد، میانگین کارایی انرژی تولید کنندگان افزایش می‌یابد.

شکل ۱ درصد کاهش مقادیر واقعی مصرف انرژی نسبت به مقادیر بهینه در سطح عدم اطمینان ۲۰٪ و سطوح احتمال ۱۰٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪ را بیان می‌نماید. این شکل نشان می‌دهد که ناکارترین نهاده از نظر مصرف انرژی توسط تولید کنندگان کیوی، سموم شیمیایی است؛ به طوری که با رعایت اصول مدیریتی در استفاده بهینه از این

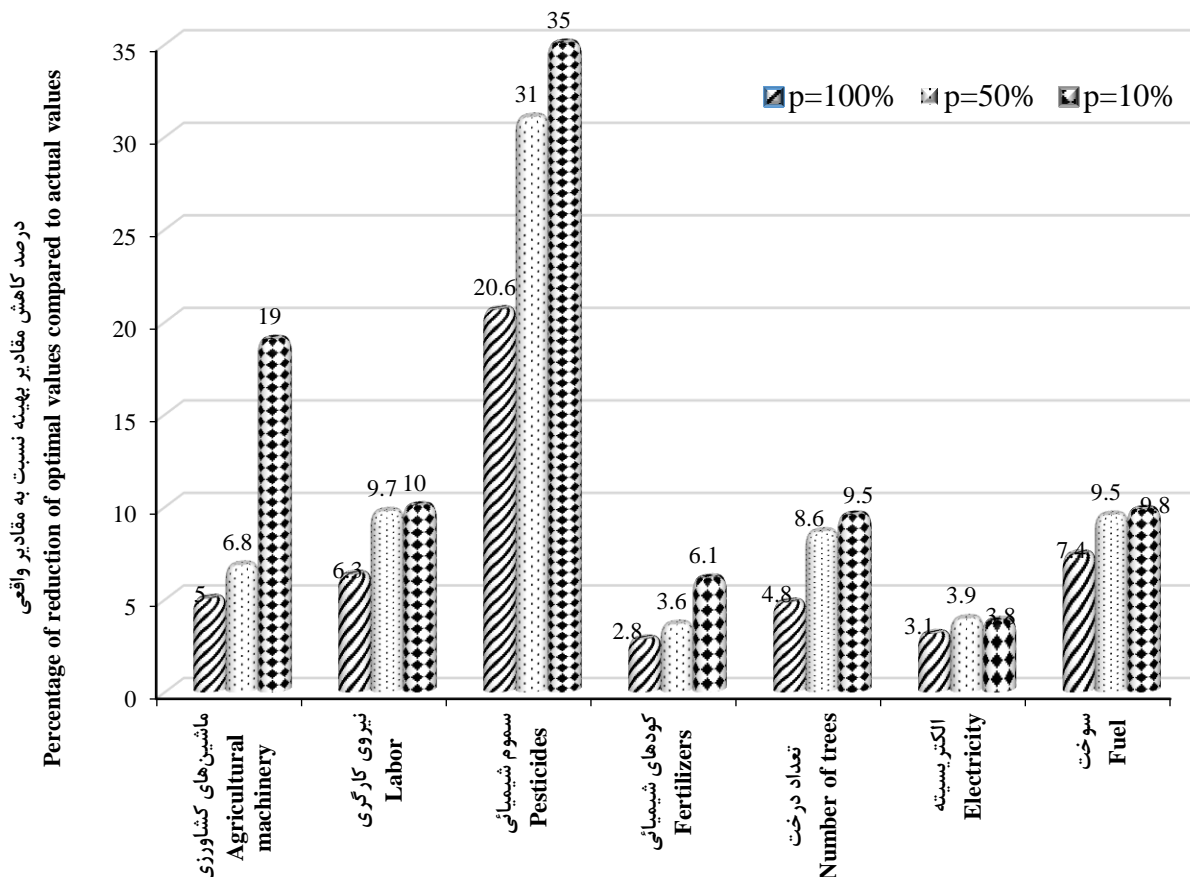
این راستا پیشنهاد می‌گردد میزان استفاده از هر نهاد برای واحدهای ناکارا به صورت برنامه‌های منظم سالیانه در اختیار آن‌ها قرار گیرد تا علاوه بر رسیدن به مرز کارایی مصرف انرژی، از هزینه‌های آن‌ها نیز کاسته شود.

فنی خالص به ترتیب ۹۶٪ و ۹۸٪ است. یعنی اگر تولیدکنندگان کیوی در استان مازندران بدون تغییر در مقدار تولید، به طور میانگین استفاده از نهاده‌های خود را ۴٪ کاهش دهند، به مرز کارایی تولید می‌رسند و اگر ۲٪ مصرف نهاده‌هایشان را صرفه‌جویی کنند، افزون بر قرار گرفتن روی مرز کارایی، به تولید در مقیاس بهینه نیز دست خواهند یافت. در

جدول ۵- نتایج کارایی در مدل FIDEA در سطوح مختلف  $\alpha$  (برش‌های ۰، ۰/۴، ۰/۸ و ۱)  
Table 5- The results of FIDEA model at different levels of  $\alpha$  (0, 0.4, 0.8 and 1)

شماره کشاورز Farmer number	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا	حد پایین	حد بالا
	Low level	Upper level	Low level	Upper level	Low level	Upper level	Low level	Upper level
	$\alpha=1$		$\alpha=0.8$		$\alpha=0.4$		$\alpha=0$	
1	1	1	0.961	1	0.887	1	0.821	1
2	1	1	0.963	1	0.894	1	0.83	1
3	1	1	0.954	1	0.868	1	0.791	1
4	1	1	0.964	1	0.897	1	0.834	1
5	1	1	0.955	1	0.87	1	0.79	1
6	1	1	0.967	1	0.906	1	0.849	1
7	1	1	0.955	1	0.871	1	0.793	1
8	1	1	0.967	1	0.904	1	0.846	1
9	1	1	0.968	1	.908	1	0.851	1
10	1	1	0.974	1	0.923	1	0.876	1
11	1	1	0.977	1	0.934	1	0.893	1
12	0.944	0.944	0.908	0.943	0.842	0.942	0.781	0.94
13	1	1	0.971	1	0.916	1	0.864	1
14	1	1	0.951	1	0.862	1	0.782	1
15	1	1	0.96	1	0.883	1	0.812	1
16	1	1	0.957	1	0.876	1	0.801	1
17	1	1	0.98	1	0.941	1	0.902	1
18	1	1	0.958	1	0.877	1	0.801	1
19	1	1	0.96	1	0.885	1	0.814	1
20	1	1	0.985	1	0.952	1	0.915	1
21	1	1	0.969	0.997	0.894	0.975	0.825	0.954
22	0.997	0.997	0.948	0.993	0.856	0.985	0.773	0.986
23	1	1	0.967	1	0.904	1	0.845	1
24	0.471	0.471	0.457	0.472	0.43	0.475	0.404	0.478
25	0.573	0.573	0.546	0.578	0.494	0.583	0.446	0.589
26	0.738	0.738	0.719	0.734	0.681	0.727	0.645	0.719
27	1	1	0.969	1	0.91	1	0.853	1
28	0.784	0.784	0.754	0.771	0.698	0.746	0.647	0.722
29	1	1	0.951	1	0.866	1	0.794	1
30	1	1	0.966	1	0.901	1	0.841	1
31	1	1	0.955	1	0.873	1	0.798	1
32	1	1	.98	1	0.94	1	0.9	1
33	1	1	0.957	1	0.877	1	0.804	1
34	0.394	0.394	0.375	0.397	0.339	0.404	0.306	0.41
35	1	1	0.988	1	0.963	1	0.938	1
36	0.468	0.468	0.45	0.47	0.416	0.476	0.386	0.482
37	1	1	0.975	1	0.926	1	0.879	1
38	0.608	0.608	0.585	0.601	0.543	0.587	0.504	0.575
39	0.927	0.927	0.902	0.928	0.852	0.928	0.804	0.926
40	1	1	0.984	1	0.952	1	0.92	1
Average	0.923	0.923	0.891	0.922	0.83	0.921	0.774	0.92
Standard deviation	0.172	0.172	0.167	0.172	0.159	0.171	0.153	0.172





شکل ۱- درصد کاهش مقادیر واقعی نسبت به مقادیر بهینه مصرف انرژی نهاده‌ها در سطح عدم اطمینان ۲۰٪ و سطوح احتمال ۱۰٪، ۵۰٪ و ۱۰۰٪

Figure 1- Percentage reduction of real values vs optimal values of input energies at uncertainty level of 20% and probability levels of 10%, 50% and 100%

پاشش و نوع سم، می‌تواند سبب بهبود عملیات سم‌پاشی و افزایش کارایی واحدهای تولید کننده کیوی در این منطقه شود.

### سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل مساعدت‌های مالی در اجرای این تحقیق که بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی-گرایش انرژی است، کمال تشکر و قدردانی می‌شود.

مطابق نتایج کارایی فنی در مدل FIDEA مشاهده می‌گردد که با تخصیص بهینه‌تر منابع که همراه با افزایش سطح  $\alpha$  از ۰ به ۰/۴ تا ۰/۸ و ۱ می‌باشد، کارایی انرژی نیز افزایش می‌یابد؛ به طوری که در سطح  $\alpha=1$  میانگین کارایی حد پایین و بالا می‌تولند تا ۹۲٪ افزایش یابد. به علاوه در این سطح از برش  $\alpha$ ، ۷۵٪ کشاورزان کاملاً کارا عمل نموده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که با بهبود مدیریت و کاربرد بهینه‌تر نهاده‌ها و برنامه‌ریزی مناسب‌تر توسط این واحدها، امکان افزایش بازدهی تولید و کارایی با یک میزان مصرف انرژی وجود دارد. بنابراین برگزاری دوره‌های آموزشی در زمینه کاربرد درست و بهینه‌ی سموم شیمیایی از جمله زمان و روش پاشش، ادوات مورد استفاده، دقت

### منابع

- 1- Anonymous, Agricultural Jihad Organization, Deputy for Horticultural Affairs, 2000. Available at <http://horticulture.maj.ir>.
- 2- Babaei M., Paknezhad H., Mardani M., and Salarpour M. 2013. Investigating the efficiency of Jahrom district crops using interval data envelopment analysis, Journal of Operational Research and Its Applications (Journal of Applied

- Mathematics) 9(4): 43-53.
- 3- Banaeian N., Zangeneh M., and Omid M. 2010. Energy use efficiency for walnut producers using Data Envelopment Analysis (DEA), *Australian Journal of Crop Science* 4(5): 359-362.
  - 4- Bolandnazar E., Rohani A., and Taki M. 2020. Energy consumption forecasting in agriculture by artificial intelligence and mathematical models, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 42(13): 1618-1632.
  - 5- Despotis D.K., Maragos E.K., and Smirlis Y.G. 2006. Data envelopment analysis with missing values: An interval DEA approach, *European Journal of Operational Research* 140: 24-36.
  - 6- Emami Meybodi A. 2000. Principles of measuring efficiency and productivity Publications of the Institute of Business Studies and Research. (In Persian)
  - 7- Ghasemi Vernamkhasti M., Hashemi A., and Hashemi M. 2014. Investigation of energy indicators and optimization of its consumption in peach production Case study: Saman city in Chaharmahal and Bakhtiari province, *Agricultural Machinery* 5(1): 206-216. (In Persian)
  - 8- Guo P., and Tanaka H. 2001. Fuzzy DEA: A perceptual evaluation method, *Fuzzy Sets and Systems* 119: 149-160.
  - 9- Kitani O. 1999. Energy and Biomass Engineering. In "CIGR Handbook of Agricultural Engineering 5: 330. St. Joseph, MI: ASAE.
  - 10- Mandal K.G., Saha K.P., Gosh P.L., Hati K.M., and Bandyopadhyay K.K. 2002. Bioenergy and economic analysis of soybean-based crop production systems in central India, *Biomass Bioenergy* 23: 337-345.
  - 11- Mansoorian N. 2005. Study of energy efficiency in agriculture of Iran (Case study of Khorasan province). P. 1-11. Proceedings of the 5th Biennial Conference on Agricultural Economics of Iran, 7-9 Sep. 2005. Sistan and Baluchestan- Zahedan University, Iran.
  - 12- Mardani A., Zavadskas E.K., Streimikiene D., Jusoh A., and Khoshnoudi M. 2017. A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) approach in energy efficiency, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 70: 1298-1322.
  - 13- Mardani M., Abdeshahi A., Ghorbani M.R., and Zabari Y. 2019. Evaluation of the ability of analysis models of interval fuzzy data and stable in determining the efficiency of broiler breeding units in Khuzestan province, *Journal of Agricultural Economics* 13(3): 56-29. (In Persian with English abstract)
  - 14- Mardani M., and Salarpour M. 2015. Measuring technical efficiency of potato production in Iran using robust data envelopment analysis, *Information Processing in Agriculture* 2(1): 6-14.
  - 15- Mardani M., and Ziaee S. 2016. Determining the efficiency of irrigated wheat fields in Neishabour city under uncertainty, *Journal of Agricultural Economics and Development* 3(2): 147-136. (In Persian)
  - 16- Mardani Najafabadi M., and Taki M. 2020. Robust data envelopment analysis with Monte Carlo simulation model for optimization the energy consumption in agriculture. *Energy Sources Part A; Recovery, Utilization and Environmental Effects*. <https://doi.org/10.1080/15567036.2020.1777221>.
  - 17- Mohammadi A., Rafiee S., Mohtasebi S., and Rafiee H. 2010. Energy inputs–yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran, *Renewable Energy* 35(5): 1071-1075.
  - 18- Nabavi-Plesaraei A., Rafiee S., Hosseinzadeh-Bandbafha H., and Shamshirband S. 2016. Modeling energy consumption and greenhouse gas emissions for kiwifruit production using artificial neural networks, *Journal of Cleaner Production* 133: 924-931.
  - 19- Ozkan B., Akcaoz H., and Fert C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture, *Renewable Energy* 29: 39-51.
  - 20- Ozkan B., Akcaoz H., and Karadeniz F. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey, *Energy Conversion and Management* 45(11-12): 1821-1830.
  - 21- Pergola M., D'Amico M., Celano G., Palese A., Scuderi A., Vita G., and Inglese P. 2013. Sustainability evaluation of Sicily's lemon and orange production: an energy, economic and environmental analysis, *Journal of Environmental Management* 128: 674-682.
  - 22- Raei Jadidi M., Homayounifar M., Saboohi Sabouni M., and Kheradmand V. 2010. Investigation of energy efficiency and productivity in tomato production (Case study: Marand city), *Journal of Agricultural Economics and Development (Agricultural Sciences and Industries)* 24(3): 363-370. (In Persian)
  - 23- Sajjadifar H., Asali M., and Fathi B. 2015. Measuring energy efficiency using coating analysis method with undesirable outputs, *Journal of Planning and Budgeting* 20(4): 55-70. (In Persian)
  - 24- Soheilifard F., Taki M., and Van Zelm R. 2020. Impact of energy flow optimization on the mitigation of environmental consequences and costs in greenhouse cucumber production, *Environmental science and pollution research*: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11219-8>.
  - 25- Taki M., Ajabshirchi Y., Abdi R., and Akbarpour M. 2012. Energy efficiency analysis of greenhouse cucumber crop by data envelopment analysis method, case study (Shahreza city - Isfahan province), *Journal of Agricultural Machinery* 2(1): 28-37. (In Persian)
  - 26- Taki M., Ajabshirchi Y., and Gho badifar A. 2016. Using non-parametric mathematical model to optimize energy

- consumption and greenhouse gas emissions in irrigated wheat cultivation, *Journal of Environmental Science and Technology* 18: 77-89. (In Persian with English abstract)
- 27- Taki M., Rohani A., Soheili-Fard F., and Abdeshahi A. 2018. Assessment of energy Consumption and modeling of output energy for wheat production by neural network (MLP and RBF) and Gaussian process regression (GPR) models, *Journal of Cleaner Production* 172: 3028–3041.
- 28- Torabi S., and Ghorbani M. 2015. Efficiency of traditional dairy farms: implication and strategist for their promotion in Mazandaran province (application of Fuzzy Data Envelopment analysis), *Iranian Animal Science*. 46(4): 445-456. (In Persian with English abstract)
- 29- Tsionas E.G. 2003. Combining DEA and stochastic frontier models: An empirical Bayes approach, *European Journal of Operational Research* 147: 499-510.
- 30- Vahedi A. 2019. Study of efficiency and optimization of energy consumption of broiler units in Alborz province with data envelopment analysis approach, *Iranian Biosystem Engineering* 50(2): 475-488. (In Persian with English abstract)
- 31- Yong T., and Chunweki K. 2003. A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem, *European Journal of Operational Research* 147(2): 128-136.
- 32- Yu J.R., Tzeng Y.C., Tzeng G.H., Yu T.Y., and Sheu H.J. 2004. A fuzzy multiple objective programming to DEA with imprecise data, *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems* 12: 591-600.
- 33- Zarini R.L., Yaghoubi H., and Akram A. 2013. Energy use in citrus production of Mazandaran province in Iran, *African Crop Science Journal* 21(1): 61-65.

## Data Envelopment Analysis in Uncertainty Conditions to Improve the Energy Consumption in Mazandaran Kiwi Orchards

M. Sabaghi Alamshiri<sup>1</sup>- M. Taki<sup>2\*</sup>- M. Mardani Najafabadi<sup>3</sup>- A. Marzban<sup>4</sup>

Received: 07-01-2021

Accepted: 29-04-2021

**Introduction:** One of the principal requirements for sustainable agriculture is efficient energy use. Energy use in agriculture has been increasing in response to the growing global population, limited arable land and desire for higher living standards. It should be noted that agriculture contributes significantly to atmospheric GHG emissions, with 10-12% of the net global CO<sub>2</sub> (carbon dioxide) emissions. The scientific community believes global warming will pose one of the major environmental challenges in the future, with the bulk of GHG originating from fossil fuel consumption. Kiwifruit is an economically important fruit crop in northern Iran, because the northern region of Iran is a suitable, natural habitat for kiwifruit cultivation. The high kiwifruit production in Iran has reached a point that Iran is now well-known on global markets and in recent years this fruit has contributed a large share to agricultural exports. More recently, Mazandaran horticulturists have been encouraged to produce more kiwifruit. Increased production leads to greater energy consumption by Iranian kiwifruit orchards due to the added application of inputs, such as fertilizers and fuel. Besides, where there is no clear energy consumption pattern in agricultural production, especially fruit orchards, a lot of energy dissipates in the fruit production cycle. Therefore, it seems necessary to provide a model for the energy consumption of kiwifruit orchards in Mazandaran Province to prevent excessive energy utilization. Energy analysis is one of the methods has been used to evaluate the status of agricultural production. In this regard, many researchers have used Data Envelopment Analysis (DEA) for optimization the energy consumption in agricultural productions. DEA is recognized as a methodology widely used to evaluate the relative efficiency of a set of decision-making units (DMUs) involved in a production process. Although DEA is a powerful tool to measure efficiency but the uncertainty in the applied data in this model is inevitable and there is need to use different models that be able to control this uncertainty.

**Materials and Methods:** In this study, in order to determine the efficiency of kiwifruit orchards in Mazandaran province and in terms of uncertainty of input data, the Robust Data Envelopment Analysis model (RDEA) and Fuzzy Interval Data Envelopment Analysis model (FIDEA) were used. The method incorporates the degree of conservatism in the maximum probability bound for constraint violation. The required data were collected by distributing and completing a questionnaire and face-to-face interview using random sampling method in 1397-98.

**Results and Discussion:** The results showed that the average technical efficiency of all kiwi fields in RDEA model at three levels of probability include: 10, 50 and 100% is equal to 0.93, 0.96 and 0.98%, respectively. The results of FIDEA model showed that if the level of parameter  $\alpha$  (optimal use of production factors) increases, the average efficiency of kiwi fields will increase. The highest energy savings are related to chemical pesticides and the lowest amount of savings is related to the chemical fertilizers and electricity inputs, respectively. So, holding the training courses on the correct and optimal use of production inputs from an economic and managerial point of view and improving the level of knowledge of farmers and factors involved in kiwi production in Mazandaran province can improve the efficiency and save energy consumptions.

**Conclusion:** Evaluating the performance of many activities by a traditional DEA approach requires precise input and output data. However, input and output data in real-world problems are often imprecise or vague. To deal with imprecise data, this study uses RDEA and FIDEA approaches as a way to quantify vague data in DEA models. It is shown that the approaches can be a useful tool in DEA models without introducing additional complexity into the problem. A case study of kiwifruit orchard units is presented to illustrate the reliability and flexibility of the models. As a result, efficiency decreases as the constraint violation probability increased. Additionally, the RDEA approach provides both a deterministic guarantee about the efficiency level of the model,

1, 2 and 4-M.Sc., Assistant and Associate Professor, Department of Agricultural Machinery and Mechanization, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, respectively.

3- Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

(\*- Corresponding Author Email: mtaki@asnrkh.ac.ir)

DOI: 10.22067/JEAD.2021.68026.1008

as well as a probabilistic guarantee that is valid for all symmetric distributions.

**Keywords:** Robust data envelopment, Energy optimization, Efficiency

## مقاله پژوهشی

# مصرف مواد مغذی، تنوع و امنیت غذایی در دهک‌های درآمدی استان تهران

محسن رفعتی<sup>۱\*</sup> - مهدی شعبانزاده خوشرودی<sup>۲</sup> - ابراهیم جاودان<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

## چکیده

شتاب بالای تورم در یک دهه گذشته، هزینه‌ی زندگی را در کلان‌شهر تهران با افزایش مواجه ساخته است. گزارش برنامه جهانی غذا (WFP) نشان می‌دهد استان تهران در مقایسه با سایر استان‌های ایران بالاترین میزان نابرابری رفاه را دارد و بخش قابل توجهی از جمعیت استان تنها سیری شکمی دارند. این مسئله سبب شده تا ابتلا به کوتاهی قد، بیماری‌های قلبی عروقی، سرطان‌ها، چاقی، دیابت، پوسیدگی دندان و بیماری‌های گوارشی در میان خانوارهای تهرانی افزایش یابد. در این راستا اگر چه با تصمیم کارگروه سلامت و امنیت غذایی و مشارکت دستگاه‌های مختلف برنامه‌هایی به منظور ارتقاء سطح سلامت و تغذیه ساکنان استان انجام گرفته است، اما شیوع نارسایی‌ها و بیماری‌های مختلف ممکن است در نتیجه کمبود مواد مغذی در سبد غذایی و در نتیجه ناامنی غذایی باشد. از آن جا که تأمین سلامت و امنیت غذایی از اهداف راهبردی سند چشم‌انداز بیست ساله کشور است، در این مطالعه ابتدا بر اساس طبقه‌بندی گروه کالایی مرکز آمار ایران و با استفاده از ماتریس عملکرد تغذیه‌ای، سطح دریافت مواد مغذی در دهک‌های مختلف درآمدی استان تهران در سال ۱۳۹۷ بررسی شده است. سپس با استفاده از روش جورسازی مصرف مواد مغذی، تنوع و امنیت غذایی دهک‌های درآمدی استان تحلیل شده است. نتایج نشان داد که وضعیت دریافت کلسیم، آهن و ویتامین C در میان خانوارهای دهک پائین درآمدی استان تهران بسیار ناگوار است و یک فرد بالغ در سه دهک پائین درآمدی روزانه تنها حدود ۱۴، ۴۸۷ و ۷۵ میلی‌گرم از این سه ماده مغذی را دریافت نموده است. در مورد سایر مواد مغذی نیز یک فرد بالغ در سه دهک پائین درآمدی پروتئین و ویتامین A را به ترتیب معادل ۷۲ میلی‌گرم و ۵۵۱ میکروگرم دریافت نموده که در سطح حداقل مورد نیاز روزانه است و تنها کربوهیدرات و ویتامین B1 به ترتیب به میزان ۳۳۹ گرم و ۱/۵ میلی‌گرم دریافت شده که بالاتر از حداقل نیاز روزانه می‌باشد. شایان ذکر است که در همه دهک‌های درآمدی سطح دریافت کربوهیدرات بیش از سه برابر آستانه مورد نیاز روزانه فرد بالغ است (۱۳۰ گرم). نهایت آن که بر اساس نتایج خانوارها در سه دهک پائین درآمدی نسبت به سایر دهک‌ها تنوع و امنیت غذایی پایین‌تری دارند.

**واژه‌های کلیدی:** امنیت غذایی، تنوع غذایی، دهک‌های درآمدی، روش جورسازی، مصرف مواد مغذی

## مقدمه

توانمندی کشورها کاسته و استفاده بهینه از منابع کمیاب و کاربردهای این منابع را دشوار می‌کند؛ این امر در نهایت سبب فقیرتر شدن جوامع می‌گردد (۷). بر این اساس در کشورهای جهان، ایجاد، حفظ و پایداری امنیت غذایی، اهمیت ویژه‌ای دارد و عدم وجود امنیت غذایی تهدیدی جدی علیه توسعه اقتصادی، اجتماعی و سیاسی به شمار می‌آید (۸). وضعیت امنیت غذایی تا حد زیادی به قیمت مواد غذایی و سطح درآمد خانوار وابسته است. چنان چه سطح قیمت کم نوسان و پایدار باشد، افزایش درآمد سبب می‌شود تا مصرف‌کنندگان سبد غذایی خود را متنوع کنند و از مصرف غلات و محصولات ریشه‌ای و غده‌ای که ارزش غذایی پائینی دارند به سمت مصرف مواد غذایی با ارزش غذایی

نخستین اصل برای حفظ سلامت افراد جامعه، امنیت غذایی است. امنیت غذایی و تغذیه، از یک سو بر سلامت عمومی جامعه و از سوی دیگر، بر بهره‌وری نیروی کار و کارایی کل اقتصاد اثر می‌گذارد. امروزه، علی‌رغم همه تلاش‌های مشترک جهانی برای مبارزه و ریشه‌کنی فقر و گرسنگی، تعداد افراد مبتلا به گرسنگی در جهان افزایش یافته است. هنگامی که برای پایان گرسنگی و اطمینان از دسترسی به مواد غذایی کافی، به ویژه برای جمعیت‌های آسیب‌پذیر، اهداف توسعه پایدار ۴ (SDG 2) تا سال ۲۰۳۰ تعیین شدند، ناامنی غذایی به عنوان یک اولویت جهانی ظاهر شد (۳۵). ناامنی غذایی، از

DOI: 10.22067/JEAD.2021.69156.1019

4- Sustainable Development Goal 2

۱، ۲ و ۳- استادیاران اقتصاد کشاورزی، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستایی، تهران، ایران  
(Email: mrafaati@gmail.com) \* - نویسنده مسئول:

گزارش‌ها در زنان باردار کمبود روی، کم‌خونی، کمبود ویتامین A، کمبود ویتامین D و در کودکان ۱۵ تا ۲۳ ماهه کمبود شدید ویتامین A و کمبود شدید ویتامین D مشاهده می‌شود. در ایران شیر و لبنیات، تخم‌مرغ و سبزی و میوه به ترتیب ۲۵، ۲۰ و ۲۵ درصد کمتر از مقادیر توصیه شده در سبد غذایی خانوار جای دارند و به‌طور کلی افراد جامعه ۲۰ درصد آهن مورد نیاز و ۳۵ درصد از کلسیم مورد نیاز خود را از رژیم غذایی دریافت نمی‌کنند. همچنین مصرف قند و شکر که صرفاً موادی انرژی‌زا هستند بالا است. مصرف شیر و فرآورده‌های آن بسیار کمتر از مقادیر متعارف توصیه شده برای گروه‌های سنی مختلف است و سهم انواع گوشت از کل انرژی به رغم افزایش مصرف سرانه از متوسط جهان و حتی کشورهای در حال توسعه کمتر است (۱). بر اساس گزارش برنامه جهانی غذا<sup>۳</sup> (WFP) (۳۶) کمبود مواد مغذی در رژیم غذایی خانوارهای ایرانی و به خصوص برای زنان باردار و کودکان قابل توجه است.

تاکنون مطالعات متعددی در مورد مصرف مواد مغذی، تنوع و امنیت غذایی در میان دهک‌های درآمدی در داخل و خارج از کشور انجام شده است؛ از میان مطالعات داخلی بنداریان‌زاده و همکاران (۴) متوسط انرژی، پروتئین، کلسیم و آهن دریافتی دهک‌های پائین، میانی و بالای درآمدی استان تهران را بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که دهک‌های بالای درآمدی در استان تهران، حداقل انرژی و پروتئین مورد نیاز روزانه خود را دریافت می‌کنند، اما سه دهک پائین درآمدی در وضعیت بحرانی و زیر خط فقر قرار دارند. ضمن آن که همه دهک‌های درآمدی کلسیم و آهن را کمتر از حداقل نیاز روزانه دریافت می‌کنند. تنهایی و همکاران (۳۴) متوسط پروتئین و کربوهیدرات دریافتی در دهک‌های مختلف درآمدی استان فارس را بررسی نمودند. در این مطالعه متوسط پروتئین دریافتی روزانه یک فرد بالغ در دهک اول و دوم درآمدی پایین‌تر از حداقل آستانه اما در سایر دهک‌ها بالاتر از حداقل سطح آستانه محاسبه شده است. ضمن آن که همه دهک‌های درآمدی کربوهیدرات را بالاتر از حداقل نیاز روزانه دریافت می‌کنند. موسوی‌نسب و رحمانی (۲۶)، وضعیت امنیت غذایی را در گروه‌های مختلف درآمدی شهرستان بویراحمد بررسی نمودند. نتایج مطالعه نشان داد که تنوع و امنیت غذایی در شهرستان بویراحمد در سطح متوسط است. ضمن آن که بر اساس نتایج به موازات افزایش سطح درآمد، فراوانی خانوارهای دارای تنوع و امنیت غذایی و نیز مقدار درشت مغذی‌های دریافتی به طور صعودی افزایش می‌یابد. اصلان‌نصب (۳)، به تحلیل و بررسی تأثیر نابرابری توزیع درآمد بر امنیت غذایی در کشور پرداخت. نتایج نشان داد که دهک‌های پائین درآمدی امنیت غذایی پایین‌تری دارند ضمن آن که متغیرهای تورم و توزیع

بالا مانند گوشت، لبنیات و میوه‌ها و سبزی‌ها برآورد. گزارش منتشر شده توسط سازمان خدمات تحقیقات اقتصادی<sup>۱</sup> (ERS) وزارت کشاورزی آمریکا (۲۴) با تأیید این موضوع نشان می‌دهد خانوارهای ساکن در کشورهای واقع در آمریکای لاتین و حوزه کارائیب<sup>۲</sup> (LAC) که جزو کشورهای با درآمد متوسط و بالا به شمار می‌آیند، از تنوع غذایی بیشتری برخوردار هستند و سهم گوشت، لبنیات و میوه‌ها و سبزی‌ها در سبد غذایی آن‌ها بیشتر است. نتایج بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که مصرف مواد غذایی با ارزش غذایی پائین در میان خانواده‌های کم درآمد در حال افزایش است (۱۷). این مسئله به خصوص در کشورهای در حال توسعه که تأثیرپذیری درآمد خانوارها از شوک‌ها و بی‌ثباتی‌های اقتصاد کلان بالا است، بیشتر به چشم می‌آید (۲۲). امنیت غذایی نه تنها به سطح درآمد خانوارها بستگی دارد، بلکه نحوه توزیع درآمد در کشورها نیز مهم است. نگاه دقیق به مصرف پروتئین و میوه‌ها و سبزی‌ها در مناطق مختلف جهان نشان می‌دهد گروه‌های کم‌درآمد در کلیه نقاط جهان دسترسی به حد آستانه مصرف ندارند. گزارش منتشر شده از سوی سازمان خدمات تحقیقات اقتصادی وزارت کشاورزی آمریکا (۲۴) نشان می‌دهد که اختلاف سطح مصرف پروتئین و میوه و سبزی‌ها بین گروه‌های کم‌درآمد و پردرآمد در مناطق مختلف جهان قابل توجه است. بر اساس این گزارش، میزان مصرف پروتئین در گروه‌های پائین درآمدی کشورهای واقع در آمریکای لاتین و حوزه کارائیب، آسیا و آفریقا ۲۰ تا ۳۰ درصد پایین‌تر از حد آستانه‌ای است که توسط سازمان جهانی بهداشت<sup>۳</sup> (WHO) توصیه شده است؛ این در حالی است که گروه‌های بالای درآمدی در این مناطق، ۲۰ درصد بالاتر از سطح آستانه پروتئین مصرف می‌کنند.

بر اساس گزارش فائو (۱۵)، تعداد افراد مبتلا به سوء‌تغذیه در ایران طی سال‌های ۲۰۱۶-۲۰۱۴ بالغ بر ۵/۳ میلیون نفر برآورد شده است که این تعداد حدود ۶ درصد جمعیت کشور را تشکیل می‌دهد. در این گزارش تعداد کودکان زیر ۵ سال که طی سال ۲۰۱۶ مبتلا به کوتاه‌قدی بودند ۰/۴ میلیون نفر تخمین زده شده است. این گزارش می‌افزاید تعداد افراد بزرگ‌سال مبتلا به چاقی از ۷/۵ میلیون نفر در سال ۲۰۰۵ به ۱۲/۶ میلیون نفر در سال ۲۰۱۴ افزایش یافته است. ضمن آن که تعداد زنان در سن باروری که مبتلا به آنمی هستند نیز از ۶ میلیون نفر در سال ۲۰۰۵ به ۷/۲ میلیون نفر در سال ۲۰۱۶ رسیده است. بر اساس سند ملی تغذیه و امنیت غذایی کشور (۲۲) ناترازی دریافت کالری در میان خانوارهای کشور چشمگیر است. افزایش هزینه‌ها در دهه‌های اخیر، کاهش دریافت کالری در دهک‌های پایین درآمدی و افزایش شدید دریافت کالری را در دهک‌های بالای درآمدی به دنبال داشته است. بر اساس بسیاری از

3- World Health Organization

4- World Food Programme

1- Economic Research Service

2- Latin America and the Caribbean

افزایش قابل توجهی مواجه ساخته است. در کنار افزایش قابل توجه تورم و رشد قیمت‌ها طی دو سال اخیر که وضعیت ناامنی غذایی را به خصوص در مناطق شهری پیچیده‌تر نموده است، گزارش برنامه جهانی غذا در مورد وضعیت امنیت غذایی و تغذیه در ایران (۳۶) نیز نشان می‌دهد که اگر چه استان تهران در مقایسه با سایر استان‌ها از لحاظ شاخص‌های رفاهی وضعیت مطلوبی دارد، اما این استان بالاترین میزان نابرابری رفاه را نیز دارد. بر اساس گزارش وزارت بهداشت (۲۲) در مورد وضعیت امنیت غذایی در استان‌های ایران، تعداد کودکان زیر ۵ سال در تهران که مبتلا به اضافه وزن و کوتاه‌قدی هستند به ترتیب ۵/۷۴ و ۲/۷۳ درصد تخمین زده شده است. نتایج حاصل از مطالعات رضازاده و همکاران (۳۰)، اسفرجانی و همکاران (۱۴)، هژبرکیانی و واردی (۱۶)، لاهوتی و همکاران (۲۱) و نارمکی و همکاران (۲۷) که در مورد امنیت غذایی استان تهران انجام شده‌اند، نشان می‌دهند که وضعیت ناامنی غذایی در استان تهران جدی است و بخش قابل توجهی از جمعیت استان با کمبود مواد مغذی شامل انرژی، پروتئین، ویتامین‌ها و مواد معدنی در سبید غذایی مواجه‌اند؛ این مسئله سبب شده تا ابتلا به کوتاهی قد، بیماری‌های قلبی عروقی، سرطان‌ها، چاقی، دیابت، سنگ‌های صفراوی، پوسیدگی دندان و بعضی بیماری‌های گوارشی در میان خانوارهای تهرانی افزایش یابد. در این راستا اگر چه با تصمیم کارگروه سلامت و امنیت غذایی و مشارکت دستگاه‌های مختلف برنامه‌هایی به منظور ارتقاء سطح سلامت و تغذیه ساکنان استان انجام گرفته است، اما شیوع نارسایی‌ها و بیماری‌های مختلف ممکن است در نتیجه کمبود مواد مغذی در سبید غذایی و در نتیجه ناامنی غذایی باشد.

لازم به ذکر است که تعداد مطالعات پیشین داخلی که وضعیت مصرف مواد مغذی را در دهک‌های درآمدی استان‌های کشور بررسی نموده باشند، محدود است و همین مطالعات محدود نیز تنها وضعیت مصرف تعدادی از مواد مغذی را بررسی و بیشتر بر شناسایی میزان ناامنی غذایی و عوامل مؤثر بر آن متمرکز بوده‌اند؛ لذا تاکنون مطالعه‌ای جامع که به بررسی مصرف همه ریزمغذی‌ها و درشت مغذی‌های مهم و نیز تنوع و امنیت غذایی در دهک‌های درآمدی به خصوص در استان تهران پرداخته باشد، انجام نشده است. با این رویکرد از آن جا که تأمین سلامت از اهداف راهبردی سند چشم‌انداز بیست ساله کشور است، مطالعه حاضر در صدد است تا با بهره‌گیری از یک متدولوژی متفاوت، وضعیت مصرف مواد مغذی، تنوع و امنیت غذایی را در دهک‌های درآمدی استان تهران بررسی نماید. در مطالعه حاضر جهت دستیابی به این هدف با استفاده از اطلاعات هزینه-درآمد خانوارهای استان تهران، خانوارها به سه دهک پائین، میانی و بالای درآمدی تقسیم و سپس با استفاده از روش جورسازی<sup>۱</sup> مصرف مواد

درآمد بر شاخص امنیت غذایی خانوارهای شهری تأثیر منفی داشته است. وایت و همکاران (۳۷) ارتباط میان سطح درآمد خانوارها و ناامنی غذایی را در کشور آمریکا بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که خانوارهای فقیر و کم درآمد نسبت به سایر گروه‌های درآمدی از تنوع و امنیت غذایی پائین تری برخوردار هستند. لیم و همکاران (۲۳) وضعیت دریافت کلسیم را در مناطق مختلف کشور کره بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد مناطقی که به لحاظ اقتصادی ضعیف‌تر هستند و سطح درآمد کمتری دارند، از امنیت غذایی پایین تری برخوردار هستند. جووانوویچ (۱۹)، به بررسی ارتباط میان الگوی مصرف مواد غذایی و سطح درآمد خانوار در کشور مونتنگرو پرداخت. نتایج نشان داد که با افزایش سطح درآمد خانوار، مصرف مواد غذایی سرشار از کلسیم از جمله سبزیجات، شیر، پنیر و تخم‌مرغ افزایش یافته است. کولن و همکاران (۹) کشتش درآمدی غذا، کالری و مواد مغذی را در ۴۸ کشور قاره آفریقا بررسی نمودند. نتایج نشان داد که اگرچه افزایش سطح درآمد خانوار در قاره آفریقا باعث افزایش مصرف مواد غذایی و ایجاد رژیم‌های غذایی متنوع‌تر می‌شود، اما مصرف چربی و کربوهیدرات را نیز در میان خانوارها افزایش می‌دهد. رن و همکاران (۲۹) ارتباط میان سلامت تغذیه خانوار و سطح درآمد را در کشور چین بررسی نمودند. نتایج نشان داد دهک‌های بالای درآمدی اگر چه تنوع و امنیت غذایی بالاتری دارند اما مصرف کربوهیدرات و لذا شیوع اضافه وزن در این طبقه نیز شدیدتر است. آرندت و همکاران (۲) وضعیت امنیت غذایی خانوارها را در آفریقای جنوبی بررسی نمودند. نتایج نشان داد که خانواده‌های فقیر و کم درآمد از امنیت غذایی پائین تری برخوردار هستند؛ ضمن آن که بر پایه نتایج با شیوع کرونا و کاهش سطح درآمد خانوارها، میزان ناامنی غذایی در میان خانوارهای واقع در دهک‌های پائین درآمدی تشدید شده است.

استان تهران با تراکم جمعیت ۹۶۹ نفر در کیلومتر مربع پرجمعیت‌ترین استان کشور است و از نظر مساحت شهرنشینی نه تنها در ایران بلکه در دنیا جزو بزرگ‌ترین شهرها به شمار می‌آید. بر اساس اطلاعات سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ این استان با جمعیتی بالغ بر ۱۳/۳ میلیون نفر حدود ۱۷ درصد از جمعیت کل کشور را در خود جای داده است. بر اساس آمارها درصد قابل توجهی از جمعیت استان تهران جوان هستند؛ رشد سالانه جمعیت در استان ۱/۷۲ درصد است اما بر اساس آمار مرکز آمار ایران طی سال‌های ۱۳۹۰-۹۵ حدود ۵۰۰ هزار نفر نیز از سایر استان‌های کشور به تهران مهاجرت نموده‌اند که دلیل اصلی آن تجمع ثروت و فرصت‌های شغلی و نیز گستردگی امکانات و خدمات است؛ امروزه زندگی در شهرهای بزرگ با مشکلات فراوانی همراه است. شتاب بالای نرخ تورم در یک دهه گذشته، هزینه‌های زندگی را در مناطق شهری از جمله تهران با



مغذی، تنوع و امنیت غذایی در دهک‌های درآمدی مقایسه شده است.

## مواد و روش‌ها

در مطالعه حاضر خانوارهای ساکن استان تهران ابتدا با توجه به اطلاعات خام هزینه درآمد مرکز آمار ایران، به سه دهک پائین درآمدی، چهار دهک میانی و سه دهک بالای درآمدی تقسیم شده‌اند. سپس مصرف مواد مغذی، تنوع و امنیت غذایی در این دهک‌های درآمدی مقایسه شده است. در ادامه به نحوه این بررسی اشاره شده است.

### مصرف مواد مغذی

در محاسبات مربوط به مصرف مواد مغذی ابتدا باید بخش‌های غیرخوراکی اقلام غذایی را از بخش‌های خوراکی آن جدا و سپس مواد مغذی برای بخش‌های خوراکی محاسبه شود. این جداسازی از آن جا اهمیت دارد که برخی از مواد غذایی مانند برنج، شیر یا شکر ۱۰۰ درصد خوراکی هستند، اما برخی از اقلام غذایی مانند گوشت دارای استخوان و میوه‌هایی چون موز، هلو و گردو دارای پوست هستند. برای این جداسازی معمولاً از ضریب تعدیل<sup>۱</sup> استفاده می‌شود. ضریب تعدیل با توجه به نوع ماده غذایی بین ۰ تا ۱۰۰ درصد متغیر است. چنان چه کل ماده غذایی خوراکی باشد این ضریب ۱۰۰ است؛ هر چه از درصد خوراکی بودن محصول کاسته شود این ضریب کاهش می‌یابد؛ به‌عنوان مثال برای گردوی دارای پوسته، این ضریب ۷۶ درصد است. با توجه به توضیحات ارائه‌شده می‌توان با استفاده از رابطه (۱) مواد غذایی را خالص‌سازی و قسمت‌های غیرخوراکی را از قسمت‌های خوراکی آن جدا نمود:

$$EFQ_{jh} = FQ_{jh} \times \left(1 - \frac{REF_j}{100}\right) \quad (1)$$

$$EFQ_{jh} = FQ_{jh} \times \text{یا } (ECOEF_j)$$

در رابطه (۱)،  $FQ_{jh}$  کیلوگرم از ماده غذایی زام مصرفی توسط خانوار  $h$  است و  $EFQ_{jh}$  بیان‌گر کیلوگرم از قسمت خوراکی ماده غذایی زام مصرفی توسط خانوار  $h$  است. ضمن آن که  $REF_j$  و  $ECOEF_j$  به ترتیب درصد غیرخوراکی و خوراکی ماده غذایی زام را نشان می‌دهند (۲۵).

در ادامه برای استخراج محتوای ریزمغذی‌ها و درشت مغذی‌ها لازم است ماتریس عملکرد تغذیه‌ای محاسبه شود. ماتریس عملکرد تغذیه‌ای از حاصل ضرب دو ماتریس به دست می‌آید. ماتریس اول شامل مقادیر مصرف اقلام خوراکی مختلف و ماتریس دوم شامل میزان ماده مغذی دریافتی از هر یک کیلوگرم ماده خوراکی است.

سطرهای ماتریس اول را اقلام غذایی تشکیل داده و ستون‌های این ماتریس از مقادیر مصرف اقلام مختلف غذایی توسط خانوارها تشکیل شده است. همچنین سطر ماتریس دوم از ارزش‌های غذایی (انرژی، آهن، کلسیم و ...) تشکیل شده و ستون‌های آن نیز میزان ماده دریافتی از اقلام خوراکی در هر گرم را نشان می‌دهند. از ضرب دو ماتریس فوق، ماتریس عملکرد تغذیه‌ای خانوارها محاسبه می‌گردد. با فرض یک تابع خطی، معادله محتوای غذایی را می‌توان به صورت رابطه (۲) ارائه کرد:

$$y_h^* = \sum_{j=1}^{n=k} \beta_j X_{hj} + \varepsilon_h \quad (2)$$

در رابطه (۲)،  $y_h^*$  سطح ماده مغذی (انرژی، آهن، کلسیم و ...) جذب شده توسط اعضای خانوار  $h$  است و  $X_{hj}$  مقدار کالای خوراکی زام مصرف شده توسط خانوار  $h$  و  $\beta_j$  محتوای غذایی کالای خوراکی زام است. با تقسیم این ماتریس بر تعداد اعضای خانوار، ماتریس نفر در سال محاسبه می‌شود. ضمن آن که با تقسیم هر کدام از درایه‌های این ماتریس بر ۳۶۵، سرانه محتوای غذایی دریافتی از مواد مختلف خوراکی در طول روز به دست می‌آید (۱۸). نکته‌ی مهمی که در برآورد ماتریس عملکرد تغذیه‌ای باید به آن توجه نمود سن اعضای خانوار است. سن اعضا مختلف متفاوت است و این امر باعث می‌شود که مقدار مصرف هر فرد با توجه به سن او متفاوت باشد. برای غلبه بر این مسئله می‌توان از روش پیشنهادی درکون و کریشن (۱۲) استفاده نمود. بدین ترتیب که از معیار معادل فرد بالغ برای هر خانوار به صورتی که در جدول ۱ ارائه شده است به عنوان بعد خانوار استفاده کرد. همان‌طور که اطلاعات جدول نشان می‌دهد به‌طور مثال افرادی که در گروه ۱۲-۱۰ سال قرار دارند، در صورتی که مرد باشند به اندازه ۰/۸۸ یک فرد بالغ و در صورتی که زن باشند به اندازه ۰/۷۸ یک فرد بالغ در نظر گرفته می‌شوند. بدین ترتیب افراد خانوار بر اساس گروه سنی، گروه‌بندی و اندازه دقیق بعد خانوار بر اساس یک فرد بالغ به‌منظور دریافت محتوای غذایی محاسبه می‌شود.

### امنیت غذایی

برای آن که بتوان خانوارهایی که دارای امنیت غذایی هستند را از آن‌هایی که دچار ناامنی غذایی هستند جدا نمود، باید کالری مصرفی فعلی خانوار محاسبه و تفاوت آن با مقدار کالری لازم برای خانوار به‌منظور برقراری امنیت غذایی محاسبه شود. برای این منظور از نتایج رابطه (۲) به صورت رابطه (۳) استفاده می‌شود:

$$\theta_h = y_h^* - \gamma_h \quad (3)$$

در رابطه (۳)،  $y_h^*$  میزان کالری در دسترس خانوار  $h$  و  $\gamma_h$  میزان کالری مورد نیاز برای تأمین امنیت غذایی است. چنان چه  $\theta_h > 0$

محدوده ۰ تا ۱۱ می‌باشد؛ عدد ۰ بدین معنی است که خانوار از هیچ گروه کالایی در رژیم غذایی خود استفاده نکرده و عدد ۱۱ نیز بدین معنی است که خانوار از هر ۱۱ گروه کالایی در رژیم غذایی خود استفاده نموده است.

### روش جورسازی

امروزه استفاده از روش جورسازی در کارهای تجربی از آن جا که این روش استفاده جالبی از استنباط علی را ارائه می‌دهد، بسیار متداول شده است. همچنین به خاطر آن که انجام روش جورسازی آسان و نتایج آن نیز به آسانی قابل تفسیر می‌باشد این روش مورد استقبال فراوان قرار گرفته است (۵). بر این اساس در مطالعه حاضر برای آن که بتوان وضعیت دریافت مواد مغذی، تنوع غذایی و امنیت غذایی سه دهک پائین درآمدی را با سایر دهک‌ها مقایسه نمود از روش جورسازی استفاده شده است. روش جورسازی فرض می‌کند که متغیرهای غیرقابل مشاهده اثری بر نتایج ندارند. به عبارت دیگر بین متغیرهای غیرقابل مشاهده و نتایج همبستگی وجود ندارد؛ بنابراین این مدل‌ها بر روی اطلاعات متغیرهای قابل مشاهده بنا شده‌اند (۲۰). جورسازی دارای انواع مختلفی می‌باشد که از آن جمله می‌توان به جورسازی بر اساس نمره تمایل<sup>۳</sup> (PS)، جورسازی بر اساس فاصله ماهالانوبیس<sup>۴</sup> (MDM)، جورسازی کامل<sup>۵</sup> (EM)، جورسازی زیر طبقه‌بندی<sup>۶</sup> (SCM)، جورسازی بر اساس نزدیکترین همسایه<sup>۷</sup> (NM)، جورسازی بهینه<sup>۸</sup> (OM) و جورسازی ژنتیکی<sup>۹</sup> (GM) اشاره نمود (۱۱). متغیرهای قابل مشاهده در روش جورسازی از طریق متغیرهای کمکی تعریف می‌گردد؛ به عبارت دیگر در شرایطی که تفاوت‌های دو گروه را بتوان با کمک متغیرهای کمکی حذف نمود و به دو گروه همگن دست یافت از روش جورسازی استفاده می‌شود. در واقع جورسازی در پی جفت کردن و مقایسه واحدهای گروه تیمار (سه دهک پائین درآمدی) با واحد های گروه شاهد (سایر دهک‌ها) بر حسب ویژگی‌های قابل مشاهده (متغیرهای کمکی) است. برای آن که نتایج حاصل از جورسازی از اعتبار لازم برخوردار باشند لازم است توازن متغیرهای کمکی قبل و بعد از جورسازی مورد بررسی قرار گیرد.

مصرف افراد بر اساس هدف مصرف (COICOP) است، به ۱۱ گروه تقسیم شده‌اند.

- 3- Propensity Score
- 4- Mahalanobis Distance Matching
- 5- Exact Matching
- 6- Sub classification Matching
- 7- Nearest Neighbor Matching
- 8- Optimal Matching
- 9- Genetic Matching

باشد خانوار موردنظر دارای امنیت غذایی می‌باشد اما اگر  $\theta_h \leq 0$  باشد خانوار دچار ناامنی غذایی است<sup>۱</sup> (۱۸).

### جدول ۱- معادل‌سازی اعضای خانواده با سن‌های مختلف به عنوان سهمی از فرد بالغ به منظور جذب محتوای غذایی

Table 1- Equating family members with different ages as a share of an adult in order to food content absorb

گروه سنی Age group	مرد Man	زن Woman
0-1	0.33	0.33
1-2	0.46	0.46
2-3	0.54	0.54
3-5	0.62	0.62
5-7	0.74	0.70
7-10	0.84	0.82
10-13	0.88	0.78
13-14	0.96	0.84
14-16	1.06	0.86
16-18	1.14	0.86
18-30	1.04	0.80
30-60	1	0.82
+60	0.84	0.74

مأخذ: درکون و کریشنان (۱۰)

مأخذ: Dercon & Krishnan (10)

### تنوع غذایی

در مطالعه حاضر برای کمی‌سازی متغیر تنوع غذایی، از روش طبقه‌بندی مواد غذایی مصرفی استفاده شده است. بدین منظور ابتدا بر اساس طبقه‌بندی مرکز آمار ایران، اقلام مصرفی موجود در هزینه‌های خوراکی خانوارها به یازده گروه شامل (۱) نان، غلات و فرآورده‌های آن، (۲) حبوبات، (۳) قند، شکر و شیرینی‌ها، (۴) چربی‌ها (گیاهی و حیوانی)، (۵) گوشت (شامل قرمز، سفید، ماهی و میگو)، (۶) شیر، لبنیات و تخم‌مرغ، (۷) سبزی‌ها، (۸) میوه‌ها، (۹) خشکبار، (۱۰) ادویه، چاشنی و سایر ترکیب‌های خوراکی و (۱۱) چای، قهوه و سایر نوشیدنی‌ها گروه‌بندی شده است؛ در ادامه بر اساس آن که خانوار از چه تعداد از گروه‌های کالایی استفاده کرده است، شاخص تنوع غذایی استخراج شده است (۳۴). بدین ترتیب عدد شاخص تنوع غذایی بین

۱- براساس مطالعات انستیتو تغذیه ایران، فائو و سازمان جهانی بهداشت، مقدار آستانه کالری روزانه مورد نیاز هر فرد بالغ در ایران برای برقراری امنیت غذایی حدود ۲۴۰۰ کالری محاسبه شده است.

۲- در گزارش‌های مختلف جهانی گروه‌بندی کالاها متفاوت و بعضاً بین ۷ تا ۱۴ گروه متغیر است؛ به عنوان مثال خدمات تحقیقات اقتصادی (ERS) وزارت کشاورزی آمریکا در گزارش‌های خود تنها از ۷ گروه کالایی استفاده می‌کند. با این حال بررسی ادبیات موضوع نشان می‌دهد که هر چه بتوان تعداد گروه‌های کالایی را افزایش داد، می‌توان اطلاعات بیشتر و دقیق‌تری ارائه داد. بر این اساس در مطالعه حاضر کالاها بر اساس تقسیم‌بندی ارائه شده توسط مرکز آمار ایران که مبنای آن

از واحدهای شاهد که برای جورسازی واحد تیمار  $i$  از آن‌ها استفاده می‌شود، تعریف می‌گردند. بنابراین هدف از این فاصله متریک را می‌توان به صورت زیر تعریف نمود:

$$\min D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d(i, m(i)) \quad (۵)$$

در معادله فوق،  $m(i)$  مجموعه‌ای از واحدهای شاهد که با واحد تیمار  $i$  جور شده‌اند را نشان می‌دهد. از آن جا که در این معادله وضعیت دریافت مواد مغذی، تنوع غذایی و امنیت غذایی برای کل واحدهای گروه تیمار محاسبه می‌شود لازم است روی  $n$  واحد تیمار این جمع انجام شود. اگر واحدهای تیمار به طور کامل با واحدهای شاهد جور شوند در این صورت  $D$  صفر خواهد بود. اما اگر جورهای کامل در دسترس نباشند موضوع مقداری پیچیده خواهد شد (۳۳).

### جمع‌آوری اطلاعات

در مطالعات امنیت غذایی، الگوی مصرف خانوارها برای تعداد قابل توجهی از کالاها بررسی و محتوای دریافت ریزمغذی و درشت مغذی‌ها استخراج می‌گردد. در چنین شرایطی باید اطلاعات مربوط به مصرف تعداد زیادی از کالاها جمع‌آوری گردد؛ در عمل جمع‌آوری چنین اطلاعاتی از طریق طراحی پرسشنامه امکان‌پذیر نیست؛ چرا که مصرف‌کنندگان تعداد اقلام زیادی را مصرف می‌کنند و حافظه تاریخی آن‌ها در رابطه با جزئیات مصرف کالاها پائین است؛ لذا احتمال اشتباه و خطا بسیار زیاد است؛ در ادبیات و مطالعات امنیت غذایی برای غلبه بر این مشکل از اطلاعاتی که منابع رسمی آماری کشورها تحت عنوان هزینه-درآمد جمع‌آوری و منتشر می‌کنند، استفاده می‌شود؛ این اطلاعات بسیار جامع هستند و کلیه اقلام مصرفی را در بر می‌گیرند. بر این اساس در این مطالعه نیز پرسشنامه‌ای طراحی نشده و از روش نمونه‌گیری استفاده نشده بلکه از اطلاعات خام هزینه-درآمد خانوارهای مرکز آمار ایران استفاده شده است. لازم به ذکر است که در طرح هزینه درآمد خانوارهای استان تهران در سال ۱۳۹۷، اطلاعات در رابطه با خصوصیات اقتصادی - اجتماعی و هزینه‌های خوراکی برای بیش از ۲۰۰ قلم کالای مصرفی از ۲۰۲۰ خانوار شهری و روستایی توسط مرکز آمار ایران جمع‌آوری شده است. شایان ذکر است که از این تعداد نمونه ۷۰۰ نمونه در سه دهک پائین درآمدی، ۸۰۰ نمونه در چهار دهک میانی و ۵۲۰ نمونه در سه دهک بالای درآمدی قرار گرفته‌اند. سایر اطلاعات مورد نیاز در مطالعه شامل محتوای انرژی مواد غذایی مصرفی خانوارها از طریق پیمایش اسنادی از انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی ایران و سازمان بهداشت جهانی جمع‌آوری گردید. جدول ۲ خلاصه اطلاعات مربوط به متغیرهای مطالعه حاضر را نشان می‌دهد. در نهایت نیز باید اذعان نمود که کلیه برآوردهای مطالعه حاضر با استفاده از نرم‌افزار  $R 4.0.2$  و بسته Matching این نرم‌افزار انجام شده است.

در حقیقت انجام عمل جورسازی به کمک متغیرهای کمی دو گروه تیمار و شاهد همگن ایجاد می‌کند که میزان همگنی آن مرتبط با توازن متغیرهای کمی می‌باشد. در واقع هدف از بررسی توازن متغیرهای کمی دستیابی به دو گروه است که تا حد امکان مشابه و یا به عبارتی دو گروه با متغیرهای کمی کاملاً یکسان باشند. در صورتی که توازن متغیرهای کمی از اعتبار لازم برخوردار نباشد نتایج حاصل از برآورد قابل اطمینان و قابل استنباط نخواهند بود. بنابراین نتایج حاصل از توازن متغیرهای کمی باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد. شایان ذکر است که با حذف تفاوت‌های دو گروه با کمک متغیرهای کمی، اگر چه ناهمگنی بالقوه در نمونه حذف نمی‌شود اما تا حد امکان کاهش خواهد یافت (۵). نکته مهمی که در رابطه با روش جورسازی وجود دارد آن است که استفاده از این روش در مقایسه با سایر روش‌های اقتصادسنجی هم در نمونه‌های بزرگ و هم در نمونه‌های کوچک نتایج مناسب‌تر و دقیق‌تری را به دنبال داشته است (۸). متغیرهای کمی در مطالعه حاضر شامل جنسیت، سواد سرپرست و بعد خانوار می‌باشند. در این مطالعه با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد الگوریتم ژنتیک از این روش جهت پیدا نمودن توازن بهینه متغیرهای کمی و مقایسه وضعیت دریافت مواد مغذی، تنوع غذایی و امنیت غذایی دهک‌های پائین درآمدی با سایر دهک‌ها استفاده شده است. اگر چه در همه روش‌های جورسازی مشکل کاهش تعداد نمونه وجود دارد، اما سکون و گریو (۳۲)، دونزه و همکاران (۱۳) و اوینوبی و ویتنبرگ (۲۸) در مطالعات خود نشان دادند که روش جورسازی بر مبنای الگوریتم ژنتیک نسبت به سایر روش‌ها از جمله روش نمره تمایل برتری دارد و با ایجاد توازن مناسب‌تر متغیرهای کمی سبب ایجاد نتایج دقیق‌تر می‌گردد. در الگوریتم ژنتیک بر خلاف نمره تمایل نیاز نیست که توزیع متغیرهای کمی بیضوی باشد. ضمن آن که روش الگوریتم ژنتیک به مشخصات مدل حساس نیست و در صورت عدم برقراری توازن کامل متغیرهای کمی، اریب و تورش‌های موجود را کاهش می‌دهد. جورسازی ژنتیکی توازن بهینه را با استفاده از جورسازی چند متغیره تعیین و به طور خودکار مجموعه‌ای از جورها با حداقل اختلاف بین توزیع بالقوه عوامل اختلاط کننده (برهم زننده توازن) در گروه تیمار و شاهد را جستجو می‌کند. در نتیجه در طول این فرآیند توازن متغیرهای کمی حداکثر خواهد شد (۳۱). برای محقق شدن این هدف می‌توان یک فاصله متریک تعریف نمود. این فاصله متریک اجازه خواهد داد تا نزدیک‌ترین واحدهای شاهد برای جورشدن با واحد تیمار انتخاب شوند. برای جورسازی بر اساس الگوریتم ژنتیک می‌توان از فاصله متریک ساده زیر استفاده نمود:

$$d(i, j) = \left| P(X_i) - \frac{1}{|I|} \sum_{j \in I} P(X_j) \right| \quad (۴)$$

در معادله بالا،  $i$  به عنوان یک واحد تیمار و  $j$  به عنوان مجموعه‌ای

جدول ۲- خلاصه اطلاعات مربوط به متغیرهای مطالعه

Table 2- Summary of information related to the study variables

متغیرها Variables	توضیحات Description
آهن (میلی‌گرم) Iron (mg)	
کلسیم (میلی‌گرم) Calcium (mg)	
پروتئین (گرم) Protein (g)	
ویتامین A (میکروگرم) Vitamin A (mcg)	استفاده از اطلاعات ۲۰۰ قلم کالای مصرفی از ۲۰۲۰ خانوار شهری و روستایی، تشکیل ماتریس عملکرد تغذیه‌ای خانوارها، محاسبه معادله محتوای غذایی از طریق رابطه (۲) و برآورد سطح ماده مغذی
ویتامین C (میلی‌گرم) Vitamin C (mg)	Using the information of 200 items of consumer goods from 2020 urban and rural households, forming the nutritional performance matrix of households, calculating the equation of food content through equation (2) and estimating the level of nutrient
ویتامین B1 (میلی‌گرم) Vitamin B1 (mg)	
کربوهیدرات (گرم) Carbohydrates (g)	
چربی (گرم) Fat (g)	
جنسیت Gender	سرپرست خانوار مرد=۱ و سرپرست خانوار زن=۰ Male head of household = 1 and female head of household = 0
سواد Literacy	سرپرست خانوار باسواد=۱ و سرپرست خانوار بی‌سواد=۰ Head of literate household = 1 and head of illiterate household = 0
بعد خانوار Family size	تعداد اعضای خانوار Number of household members
تنوع غذایی Dietary diversity	تنوع غذایی عددی بین محدوده ۰ تا ۱۱ دارد؛ عدد ۰ بدین معنی است که خانوار از هیچ گروه کالایی در رژیم غذایی خود استفاده نکرده و عدد ۱۱ نیز بدین معنی است که خانوار از هر ۱۱ گروه کالایی در رژیم غذایی خود استفاده نموده است. Dietary diversity has ranges from 0 to 11; The number 0 means that the household has not used any product group in its diet and the number 11 means that the household has used all 11 product groups in its diet.
امنیت غذایی Food security	بعد از تشکیل ماتریس عملکرد تغذیه‌ای خانوارها، محاسبه معادله محتوای غذایی از طریق رابطه (۲) و برآورد سطح کالری، بر اساس رابطه (۳)، چنان چه میزان کالری در دسترس خانوار $h$ ( $y_h^*$ ) از میزان کالری مورد نیاز برای تأمین امنیت غذایی ( $\gamma_h$ ) بالاتر باشد و یا به عبارت دیگر چنان چه $\theta_h > 0$ باشد خانوار مورد نظر دارای امنیت غذایی می‌باشد اما اگر $\theta_h \leq 0$ باشد خانوار دچار ناامنی غذایی است. After forming the nutritional performance matrix of the households, calculating the equation of food content through Equation (2) and estimating the calorie level, based on Equation (3), if the amount of calories available to the household ( $y_h^*$ ) of the amount of calories needed to provide security Food ( $\gamma_h$ ) is higher, or in other words, if $\theta_h > 0$ , the household in question has food security, but if $\theta_h \leq 0$ , the household is food insecure.

## نتایج و بحث

توسط یک فرد بالغ را در استان تهران نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات ارائه شده در این جدول، سطح دریافت همه مواد مغذی طی سال‌های ۹۷-۱۳۹۵ تقریباً یکنواخت بوده و نوسان قابل توجهی

جدول ۳ حداقل مورد نیاز و متوسط ماده مغذی دریافت شده

و پایین جامعه شده است. اطلاعات مرکز آمار ایران نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر شاخص قیمت لبنیات، سبزی‌ها و حبوبات و میوه و خشکبار که سرشار از کلسیم هستند به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است. این مسئله باعث شده است تا خانوارها ضمن کاهش مصرف منابع ارزشمند غذایی سرشار از کلسیم، مجبور به صرف سهم بیشتری از درآمد خود برای این کالاها نیز شوند. در رابطه با سطح دریافت کربوهیدرات که نزدیک به سه برابر سطح آستانه‌ای مورد نیاز بدن است نیز باید عنوان نمود که کربوهیدرات‌هایی که وارد بدن می‌شوند با سرعت بالا شکسته و به انرژی تبدیل می‌گردند؛ چنانچه بدن به انرژی نیاز نداشته باشد، این کالری در کبد آزاد و به چربی و در نتیجه چاقی منجر می‌شود. سطح بالای دریافت کربوهیدرات در استان تهران می‌تواند از یکسو از سواد تغذیه‌ای پائین خانوارها و تمایل به مصرف غذاهای آماده نشات گرفته باشد و از سوی دیگر از افزایش هزینه‌های زندگی در سال‌های اخیر و به تبع آن گرایش خانوارها به جایگزینی منابع به نسبت ارزان‌تر تأمین انرژی به جای منابع با ارزش که کربوهیدرات بالایی دارند از جمله قند، شکر و شیرینی‌ها و غلات ناشی شده باشد.

نداشته است. متوسط آهن و کلسیم دریافتی در استان تهران از حداقل مورد نیاز روزانه یک فرد بالغ کمتر است. ضمن آن که خانوارها پروتئین، کربوهیدرات و انواع ویتامین‌ها شامل A، C و B1 را بیش از حداقل مورد نیاز روزانه دریافت می‌نمایند. آن چه که در جدول ۳ قلیل توجه است سطح بسیار پائین دریافت کلسیم و میزان بالای دریافت کربوهیدرات در میان خانوارهای تهرانی می‌باشد. در این رابطه باید اذعان نمود که کلسیم عنصری است که در تنظیم فشارخون، تنظیم اسیدیته معده، انقباض‌های عضلانی، سوزاندن چربی‌های دور کمر و شکم موثر است و از برخی عوارض شامل نرمی استخوان، پوکی استخوان، خرابی و فساد دندان‌ها، گرفتگی عضلات، افزایش فشار خون، خستگی، کم‌اشتهایی، ناراحتی‌های پوستی، تولد نوزاد کم‌وزن، اختلالات عصبی، کاهش مقاومت بدن در مقابل بیماری‌های عفونی و ... جلوگیری می‌کند. شتاب بالای تورم در سال‌های اخیر هزینه‌های زندگی را در کل کشور و به خصوص کلان‌شهرها با افزایش قابل توجهی مواجه ساخته است؛ در کنار این افزایش، میزان دستمزدها و درآمدها با نسبت بسیار کمتری رشد کرده و شکاف عمیق میان درآمد و هزینه موجب کاهش قدرت خرید به خصوص در طبقه متوسط

جدول ۳- حداقل مورد نیاز و متوسط دریافت مواد مغذی برای یک فرد بالغ در استان تهران (نفر/روز).

Table 3- Minimum required and average nutrient intake for an adult in Tehran province (person/day)

ماده مغذی Nutrient	حداقل مورد نیاز Minimum requirements	متوسط دریافت در استان The average received in province		
		2016	2017	2018
آهن (میلی‌گرم) Iron (mg)	16	15.7	15.9	15.8
کلسیم (میلی‌گرم) Calcium (mg)	1000	598	599	591.6
پروتئین (گرم) Protein (g)	70	82	83	81.9
ویتامین A (میکروگرم) Vitamin A (mcg)	550	626	615	603.8
ویتامین C (میلی‌گرم) Vitamin C (mg)	80	97	99	98.5
ویتامین B1 (میلی‌گرم) Vitamin B1 (mg)	1.2	1.6	1.6	1.6
کربوهیدرات (گرم) Carbohydrates (g)	130	354	374	368.4
چربی (گرم) Fat (g)	70	71	74	71

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

گیرد. جداول ۴ و ۵ به ترتیب نتایج حاصل از بررسی توازن متغیرهای کمکی، برای مقایسه وضعیت دریافت مواد مغذی در سه دهک پائین درآمدی را با دهک‌های میانی و بالای درآمدی نشان می‌دهند. در این جداول برای هر متغیر دو ستون وجود دارد. ستون اول وضعیت

در ادامه با استفاده از روش جورسازی وضعیت دریافت مواد مغذی سه دهک پائین درآمدی با سایر دهک‌ها مقایسه می‌گردد. در روش جورسازی قبل از برآورد مدل نهایی برای آن که نتایج از اعتبار لازم برخوردار باشند، لازم است توازن متغیرهای کمکی مورد بررسی قرار

دو متغیر سواد و جنسیت نیز صادق است. بر این اساس با توجه به نتایج ارائه شده در جداول ۴ و ۵ مشخص است که با انجام عمل جورسازی تفاوت‌های بین گروه‌ها کاهش یافته و یا به عبارت دیگر گروه‌ها بر اساس سه مؤلفه جنسیت، سواد و بعد خانوار همگن شده‌اند. این امر بدین معنی است که در ادامه مقایسه وضعیت دریافت مواد مغذی در دهک‌های پائین با افرادی از دهک‌های میانی و بالای درآمدی انجام می‌شود که جنسیت، سواد و بعد خانوار یکسان دارند.

متغیرهای کمکی را قبل از عمل جورسازی و ستون دوم شرایط این متغیرها را بعد از عمل جورسازی نشان می‌دهد. به عنوان مثال همان گونه که از نتایج جداول ۴ و ۵ مشخص است قبل از عمل جورسازی اختلاف متغیر میانگین بعد خانوار سه دهک پائین درآمدی با چهار دهک میانی و سه بالای درآمدی به ترتیب معادل ۰/۶۷ و ۰/۵۱ است. اما با عمل جورسازی این اختلاف به ۰/۰۱ کاهش یافته است. این کاهش توسط اختلاف انحراف از میانگین این متغیر تأیید شده و برای

جدول ۴- بررسی توازن متغیرهای کمکی جهت مقایسه وضعیت دریافت مواد مغذی دهک‌های پائین و میانی درآمدی

Table 4- Assessing the balance of covariates to compare the nutrient intake status of the lower and middle income deciles

متغیرها Variables	قبل از جورسازی Before Matching			بعد از جورسازی After Matching		
	سه دهک پائین Three lower deciles	چهار دهک میانی Four middle deciles	اختلاف انحراف از میانگین std mean diff	سه دهک پائین Three lower deciles	چهار دهک میانی Four middle deciles	اختلاف انحراف از میانگین std mean diff
جنسیت Gender	1.19	1.08	30.65	1.19	1.18	0.73
سواد Literacy	1.23	1.08	36.51	1.23	1.23	0
بعد خانوار Family size	2.97	3.48	-37.39	2.97	2.96	0.84

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

جدول ۵- بررسی توازن متغیرهای کمکی جهت مقایسه وضعیت دریافت مواد مغذی دهک‌های پائین و بالای درآمدی

Table 5- Assessing the balance of covariates to compare the nutrient intake status of lower and upper income deciles

متغیرها Variables	قبل از جورسازی Before Matching			بعد از جورسازی After Matching		
	سه دهک پائین Three lower deciles	سه دهک بالا High three deciles	اختلاف انحراف از میانگین std mean diff	سه دهک پائین Three lower deciles	سه دهک بالا High three deciles	اختلاف انحراف از میانگین std mean diff
جنسیت Gender	1.19	1.08	26.27	1.19	1.20	-4.03
سواد Literacy	1.23	1.08	37.26	1.23	1.24	-0.33
بعد خانوار Family size	2.97	3.48	-48.84	2.97	2.98	-0.10

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

دهک میانی روزانه ۱/۷۵ میلی‌گرم و نسبت به سه دهک بالای درآمدی روزانه ۴ میلی‌گرم آهن کمتری دریافت می‌نماید. در این رابطه باید عنوان نمود با افزایش هزینه‌های زندگی مصرف گوشت قرمز، غذاهای دریایی و انواع آجیل که منبعی غنی از آهن هستند، در سطح استان تهران کاهش یافته که نتیجه آن کاهش سطح دریافت این ماده مغذی به خصوص در میان دهک‌های پائین درآمدی استان می‌باشد. ضرایب سایر مواد مغذی نیز به همین شکل قابل تفسیر است. آن چه که از مقایسه نتایج جدول ۶ با نتایج به دست آمده از جدول ۳ قابل

در جدول ۶ وضعیت دریافت مواد مغذی سه دهک پائین درآمدی با سایر دهک‌ها مقایسه شده است. همان گونه که از اطلاعات این جدول مشخص است در رابطه با همه مواد مغذی، سه دهک پائین درآمدی نسبت به سایر دهک‌ها سطح دریافت پایین‌تری دارد و این کاهش سطح دریافت از لحاظ آماری معنی‌دار است. به عنوان مثال ضریب متغیر آهن برای سه دهک پائین نسبت به سایر دهک‌ها به ترتیب ۱/۷۵- و ۴- به دست آمده است. این ضریب گویای این مطلب است که یک فرد بالغ در سه دهک پائین درآمدی نسبت به چهار

مطالعات بنداریان زاده و همکاران (۴)، تنهایی و همکاران (۳۴)، لیم و همکاران (۲۳)، جووانوویچ (۱۹) و کولن و همکاران (۹) مشابهت فراوانی دارد. با توجه به این نتایج باید اذعان نمود به نظر می‌رسد با توجه به غذاهای تأمین کننده مواد مغذی، دهک‌های میانی و بالایی نسبت به دهک‌های پائین جامعه سبب غذایی ارزشمندتری دارند؛ به طوری که مصرف غلات در میان آن‌ها پایین‌تر است و در مقابل حبوبات، گوشت، میوه، شیر، لبنیات و تخم‌مرغ و خشکبار بیشتری مصرف می‌کنند. در مقابل دهک‌های پائین درآمدی مجبور به مصرف غلات و غذاهای سرشار از کربوهیدرات هستند که تنها سیری شکمی را برای آن‌ها به دنبال دارد و سیری سلولی آن‌ها تأمین نمی‌شود.

استنتاج است آن است که وضعیت دریافت کلسیم، آهن و ویتامین C در میان خانوارهای سه دهک پائین درآمدی استان تهران بسیار ناگوار می‌باشد. چرا که حداقل مورد نیاز روزانه یک فرد بالغ به این سه ماده مغذی به ترتیب ۱۶، ۱۰۰۰ و ۸۰ میلی‌گرم و متوسط دریافت روزانه در استان تهران ۱۵/۸، ۵۹۱/۶ و ۹۸/۵ میلی‌گرم است؛ حال آن که با مینا قرار دادن چهار دهک میانی، یک فرد بالغ در سه دهک پائین درآمدی روزانه تنها حدود ۱۴، ۴۸۷ و ۷۵ میلی‌گرم از این سه ماده مغذی را دریافت می‌نماید. در مورد سایر مواد مغذی نیز باید اذعان نمود که یک فرد بالغ در سه دهک پائین درآمدی پروتئین و ویتامین A را در سطح تأمین حداقل مورد نیاز روزانه و تنها کربوهیدرات و ویتامین B1 را در سطح بالاتر از حداقل نیاز روزانه دریافت کرده است. این نتایج با نتایج

جدول ۶- وضعیت دریافت مواد مغذی سه دهک پائین درآمدی نسبت به سایر دهک‌ها

Table 6- The status of nutrient received in the three lower income decile compared to other deciles

ماده مغذی Nutrient	نسبت به چهار دهک میانی Compared to the four middle deciles			نسبت به سه دهک بالا Compared to the High three deciles		
	ضرایب Coefficients	آماره t t-test	سطح معنی‌داری sig	ضرایب Coefficients	آماره t t-test	سطح معنی‌داری sig
آهن (میلی‌گرم) Iron (mg)	-1.75	-3.81	0.00	-4	-9.11	0.00
کلسیم (میلی‌گرم) Calcium (mg)	-104.67	-6.27	0.00	-199.23	-12.56	0.00
پروتئین (گرم) Protein (g)	-10.02	-4.70	0.00	-25	-11.11	0.00
ویتامین A (میکروگرم) Vitamin A (mcg)	-52.69	-2.20	0.02	-100.14	-9.37	0.00
ویتامین C (میلی‌گرم) Vitamin C (mg)	-23.54	-3.22	0.00	-52.03	-14.14	0.00
ویتامین B1 (میلی‌گرم) Vitamin B1 (mg)	-0.10	-2.48	0.01	-0.34	-7.48	0.00
کربوهیدرات (گرم) Carbohydrates (g)	-29.9	-3.37	0.00	-70.32	-6.91	0.00
چربی (گرم) Fat (g)	-6.74	-3.21	0.00	-23.34	-11.59	0.00

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

که با تنوع دادن به مواد غذایی مصرفی می‌توان این نیازها را برطرف کرد. یک رژیم غذایی متنوع ضمن تأمین انرژی مورد نیاز بدن، کیفیت غذایی را افزایش داده و دریافت تمام ریزمغذی‌ها و درشت‌مغذی‌ها را برای بدن به همراه دارد. در این رابطه با توجه به آن که دهک‌های پائین درآمدی نسبت به سایر دهک‌های جامعه سطح درآمد و تمکن مالی پایین‌تری دارند، لذا این افراد قدرت خرید پائینی دارند و تولدایی خریدهای متنوع برای تأمین نیازهای روزانه خود را ندارند. این مساله سبب می‌شود تا از توانایی آن‌ها در تأمین نیازهای روزمره کاسته شود و احتمال وقوع ناامنی غذایی در میان خانوارهای این دهک افزایش یابد.

در جدول ۷ تنوع و امنیت غذایی سه دهک پائین درآمدی با سایر دهک‌ها مقایسه شده است. همان‌گونه که از اطلاعات جدول مشخص است ضریب متغیر تنوع و امنیت غذایی سه دهک پائین درآمدی نسبت به دهک میانی به ترتیب  $0/2$  و  $0/09$  و نسبت به دهک بالای درآمدی  $0/55$  و  $0/21$  به دست آمده است. از آن جا که این ضرایب از لحاظ آماری معنی‌دار هستند لذا می‌توان گفت که سه دهک پائین درآمدی نسبت به سایر دهک‌ها تنوع و امنیت غذایی پایین‌تری دارد. این نتایج با نتایج مطالعات موسوی‌نسب و رحمانی (۲۶)، اصلان نصب (۳)، وایت و همکاران (۳۷)، لیم و همکاران (۲۳)، کولن و همکاران (۹) و رن و همکاران (۲۹) مشابهت فراوانی دارد. در این رابطه باید اذعان نمود که سلول‌های بدن انسان نیازهای متفاوتی دارند

جدول ۷- تنوع و امنیت غذایی سه دهک پائین درآمدی نسبت به سایر دهک‌ها

Table 7- Diversity and food security of the three lower income deciles compared to other deciles

ماده مغذی Nutrient	نسبت به چهار دهک میانی			نسبت به سه دهک بالا		
	Compared to the four middle deciles			Compared to the High three deciles		
	ضرایب Coefficients	آماره t t-test	سطح معنی- داری sig	ضرایب Coefficients	آماره t t-test	سطح معنی‌داری sig
تنوع غذایی Dietary diversity	-0.2	-2.84	0.00	-0.55	-6.92	0.00
امنیت غذایی Food security	-0.09	-3.91	0.00	-0.21	-9.67	0.00

مأخذ: یافته‌های تحقیق

Source: Research findings

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

شیوع نارسایی‌ها و بیماری‌های مختلف ممکن است در نتیجه کمبود مواد مغذی در سبب غذایی و ناامنی غذایی باشد. از آنجا که تأمین سلامت و امنیت غذایی از اهداف راهبردی سند چشم‌انداز بیست ساله کشور است، در این مطالعه ابتدا بر اساس طبقه‌بندی گروه کالایی مرکز آمار ایران و با استفاده از ماتریس عملکرد تغذیه‌ای، سطح دریافت مواد مغذی در دهک‌های مختلف درآمدی استان تهران شناسایی شده است؛ سپس با استفاده از روش جورسازی مصرف مواد مغذی، تنوع و امنیت غذایی در دهک‌های درآمدی استان تحلیل شده است.

بر پایه یافته‌های مطالعه هر سه دهک پائینی، میانی و بالای درآمدی استان تهران نزدیک به سه برابر حداقل مورد نیاز روزانه خود کربوهیدرات دریافت می‌نمایند؛ و یا در مورد کلسیم هر سه دهک پائینی، میانی و بالای درآمدی استان بسیار کمتر از حداقل مورد نیاز روزانه خود کلسیم دریافت می‌کنند. لذا در همه دهک‌ها همزمان هم مشکل سوءتغذیه و هم مشکل پرخوری وجود دارد. این شواهد گویای این حقیقت است که صرفاً تفاوت در سطح درآمد خانوارها سیری سلولی خانوارها را تضمین نمی‌کند و باعث نمی‌شود که آن‌ها با انتخاب سبب غذایی مطلوب‌تر درشت مغذی‌ها و ریزمغذی‌های مورد نیاز خود را به اندازه کافی دریافت کنند و متغیرهای دیگری از جمله فرهنگ و سواد تغذیه‌ای خانوارها از اهمیت و نقش بسزایی برخوردار است. در این رابطه پیشنهاد می‌شود سازمان‌های متولی با فرهنگ‌سازی و آموزش تخصصی و عمومی سواد غذا و تغذیه نقش مهمی در کسب، پردازش و درک اطلاعات تغذیه، نحوه دسترسی به منابع اطلاعات تغذیه‌ای معتبر و قابل اعتماد، محاسبه و اندازه‌گیری واحدهای غذایی، درک و ارزیابی محتوای برچسب‌های غذایی و آشنایی با اطلاعات پایه‌ای تغذیه ایفا نمایند. همچنین اصلاح و

بازنگری سیاست‌های جاری در امر تبلیغات غذا و تغذیه و نظارت بر هر نوع تبلیغ کالاهای خوراکی از تمامی رسانه‌های موجود، به کارگیری کارشناس تغذیه در نظام ارائه خدمات بهداشتی درمانی متناسب با سطح‌بندی آن، تدوین و ارسال مطالب آموزشی غذا و تغذیه (پمفلت، پوستر و ...) و ارسال آن به خانوارها، تدوین و به کارگیری برنامه تغذیه رایگان مدارس از نظر نوع و مقدار بر اساس آخرین یافته‌های علمی و پژوهش‌های کاربردی ملی و منطقه‌ای، همکاری در اجرای الگوی استانی برای جیره میان وعده غذایی دانش‌آموزان با توجه به نیازهای تغذیه آنان، تقویت درس بهداشت و لحاظ نمودن بحث غذا و تغذیه در آن و در نهایت به کارگیری کارشناس تغذیه در کلیه واحدها و مراکزی که خدمات غذایی همگانی دارند از جمله دانشگاه‌ها، مهدکودک‌ها، کارخانه‌ها، بیمارستان‌ها، مراکز نگهداری سالمندان از دیگر پیشنهادهایی است که برای ارتقای فرهنگ و سواد تغذیه‌ای باید بر آن‌ها تأکید نمود.

بر اساس نتایج سه دهک پایین درآمدی نسبت به سایر دهک‌ها تنوع و امنیت غذایی پائین‌تری دارند. در این رابطه و در سطح کلان بررسی تجربه بسیاری از کشورهای اروپایی، آمریکای لاتین و آسیایی نشان می‌دهد ثبات در قیمت مواد غذایی در کنار اعطای کمک‌های نقدی و بسته‌های غذایی هدفمند می‌تواند سبب افزایش مصرف و تنوع غذایی خانوارها شده و امنیت غذایی را در خانوارهای فقیر و به خصوص زنان و کودکان به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. لذا کنترل تورم و به دنبال آن افزایش درآمد واقعی و قدرت خرید مصرف‌کنندگان به خصوص دهک‌های پائین درآمدی باعث می‌شود تا با افزایش تنوع غذایی وضعیت معیشتی و امنیت غذایی خانوارها بهبود یابد. در این راستا با توجه به آن که بخش قابل توجهی از منابع کشور سالانه به صورت یارانه پنهان و غیرهدفمند هدر می‌رود و از این منظر ایران در رتبه نخست پرداخت یارانه‌های غیر هدفمند غذا و سوخت جهان قرار گرفته است، لذا هدفمندسازی یارانه‌ها و پرداخت یارانه نقدی



میادین تأثیر زیادی بر ساختار اقتصادی شهر و سهولت دسترسی ارزان قیمت شهروندان به محصولات و همچنین بازاریابی و بازاریابی بسیاری از محصولات اساسی شهروندان می‌شود؛ این امر به توجه به محدود بودن بودجه خانوارها به بزرگ‌تر شدن و متنوع‌تر شدن سبد آن‌ها و نهایتاً بهبود امنیت غذایی خانوارها کمک قابل توجهی می‌نماید.

و غیرنقدی با شناسایی مناسب جامعه هدف، متناسب با شرایط کشور مسئله مهمی است که باید مدنظر سیاست‌گذاران قرار گیرد. ضمن آن که با توجه به آن که میادین مرکزی و یا میادین محلی و منطقه‌ای نقش مهمی در کنترل قیمت بازار میوه و تره‌بار و محصولات لبنی و پروتئینی و همچنین توزیع و پخش این محصولات در سطح شهر و مناطق مختلف و حذف حداقل چند مرحله واسطه‌گری از تولیدکننده تا مصرف‌کننده دارند، کنترل و نظارت، تقویت و افزایش راندمان این

## منابع

- 1- Abdi F., Atardi Kashani Z., Mirmiran P., and Estaki T. 2016. Examining and comparison of food consumption pattern in Iran and the world: a review article. *Journal of Fasa University of Medical Sciences* 5(2): 159-167. (In Persian)
- 2- Arndt C., Davies R., Gabriel S., Harris L., Makrelov K., Robinson S., and Anderson L. 2020. Covid-19 lockdowns, income distribution, and food security: An analysis for South Africa. *Global Food Security* 26: 100410.
- 3- Aslan Nasab A. 2021. Analyzing the effect of income distribution inequality on food security in Iran. 3<sup>th</sup> International Conference on Interdisciplinary Studies in Iranian Food Industry and Nutrition Sciences, Tehran. (In Persian)
- 4- Bandarianzadeh D., Faridshaygan N., and Hoshyarrad A. 2013. Evaluation of nutritional adequacy based on food cost index in households living in Tehran. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industry* 7(5): 243-252. (In Persian)
- 5- Callus N. 2020. Generalized optimal matching methods for causal inference. *Journal of Machine Learning Research* 21(62): 1-54.
- 6- Candel J.J. 2018. Diagnosing integrated food security strategies, *NJAS. Wageningen Journal of Life Sciences* 84: 103-113.
- 7- Carletto C., Zezza A., and Banerjee R. 2013. Towards better measurement of household food security: Harmonizing indicators and the role of household surveys. *Global Food Security* 2(1): 30-40.
- 8- Cenzer I., Boscardin W.J., and Berger K. 2020. Performance of matching methods in studies of rare diseases: a simulation study. *Intractable & Rare Diseases Research*.
- 9- Colen L., Melo P.C., Abdul-Salam Y., Roberts D., Mary S., and Paloma S.G.Y. 2018. Income elasticities for food, calories and nutrients across Africa: A meta-analysis. *Food Policy* 77: 116-132.
- 10- Coleman-Jensen A., Rabbitt M.P., Gregory C.A., and Singh A. 2018. Household Food Security in the United States in 2017. *USDA-ERS Economic Research Report*.
- 11- Dehejia R.H., and Wahba S. 1998. Matching Methods for Estimating Causal Effects in Non-experimental Studies.
- 12- Dercon S., and Krishnan P. 1998. Changes in poverty in rural Ethiopia 1989-1995: Measurement, robustness tests and decomposition. Centre for the Study of African Economies, Institute of Economics and Statistics, University of Oxford.
- 13- Donzé L., De Pérolles B., and Lai P. 2011. Propensity Score Matching and Genetic Matching: Monte Carlo Results.
- 14- Esfarjani F., Rustaei R., Mohammadi Nasrabadi F., Abdollahi M., Hoshyar Rad A., and Esmailzadeh A. 2011. Investigating the relationship between dominant dietary patterns and short stature in Tehranian children: a case-control study. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Industry* 6(4): 92-83. (In Persian)
- 15- FAO. 2017. How close are we to zero hunger?, the state of food security and nutrition in the world.
- 16- Hojabr Kiani K., and Wardi S.S. 2013. Determining the optimal food basket of different urban and rural deciles in Iran. *Applied Economics* 4(12): 46-37. (In Persian)
- 17- Hooper L., Telke S., Larson N., Mason S.M., and Neumark-Sztainer D. 2020. Household food insecurity: associations with disordered eating behaviours and overweight in a population-based sample of adolescents. *Public Health Nutrition* 23(17): 3126-3135.
- 18- Hosseini S.S., Pakravan Charodeh M.R., and Salami H. 2016. The impact of subsidy targeting policy on food security in Iran. *Iranian Journal of Economic Research* 21(67): 53-82. (In Persian)
- 19- Jovanovic M. 2016. Empirical analysis of income changes impact on food consumption expenditure. *Poljoprivreda i Sumarstvo* 62(3): 49.
- 20- Kai L., and Prabhala N.R. 2007. Self-selection models in corporate finance. *Handbook of empirical corporate finance* 37-86.
- 21- Lahouti M., Zavoshi R., Nowruzi M., Rashidkhani B., and Rostami, R. 2015. Relationship between dominant dietary patterns and depressive symptoms in adult women living in Tehran in 2013. *Scientific Journal of Qazvin University of Medical Sciences* 19(4): 41-32. (In Persian)
- 22- Lee C.Y., Zhao X., Reesor-Oyer L., Cepni A.B., and Hernandez D.C. 2021. Bidirectional relationship between food

- insecurity and housing instability. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 121(1): 84-91.
- 23- Lim H.S., Park Y.H., Lee H.H., Kim T.H., and Kim S.K. 2015. Comparison of calcium intake status by region and socioeconomic status in Korea: The 2011-2013 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Journal of Bone Metabolism* 22(3): 119.
- 24- Meade B., and Thome K. 2017. International Food Security Assessment, 2017-2027, Amber Waves, 1-14.
- 25- Moltedo A., Troubat N., Lokshin M., and Sajaia Z. 2014. Analyzing food security using household survey data: streamlined analysis with ADePT software. The World Bank.
- 26- Mousavi Nasab E., and Rahmani R. 2016. Food security status in different income groups (Case study: Boyerahmad city). *Journal of Agricultural Economics and Development* 23(92): 217-245. (In Persian)
- 27- Narmaki A., Shirasb F., Ghorbani M., and Sotoudeh G. 2016. Investigating the relationship between food safety and anthropometric measures, body composition and blood pressure in women referring to sports clubs in West Tehran Municipality. *Iranian Journal of Diabetes and Metabolism (Iranian Journal of Diabetes and Lipids)* 6(2): 110-103. (In Persian)
- 28- Oyenubi A., and Wittenberg M. 2020. Does the choice of balance-measure matter under genetic matching?. *Empirical Economics* 1-14.
- 29- Ren Y., Li H., and Wang X. 2019. Family income and nutrition-related health: Evidence from food consumption in China. *Social Science & Medicine* 232: 58-76.
- 30- Rezazadeh A., Rashidkhani B., and Omidvar N. 2009. Examining the dominant dietary patterns and general obesity and abdominal obesity in adult women in the north of Tehran in 2007. *Research in Medicine (Medical Journal Research Journal)* 33(4): 257-246. (In Persian)
- 31- Sekhon J.S. 2011. Multivariate and propensity score matching software with automated balance optimization: the matching package for R. *Journal of Statistical Software*, Forthcoming.
- 32- Sekhon J.S., and Grieve R. 2008. A new non-parametric matching method for bias adjustment with applications to economic evaluations. In *iHEA 2007 6th World Congress: Explorations in Health Economics Paper*.
- 33- Shabanzadeh-Khoshrody M., Azadi H., Khajooeipour A., and Nabavi-Pelesaraei A. 2016. Analytical investigation of the effects of dam construction on the productivity and efficiency of farmers. *Journal of Cleaner Production* 135: 549-557.
- 34- Tanhaei M., Zare E., Shirani Bidabadi F., and Julaei R. 2016. Examining the status of food security using food diversity index case study: the rural areas of Marvdasht city, Fars province. *Village and Development* 18(4): 17-35. (In Persian)
- 35- Trudell J.P., Burnet M.L., Ziegler B.R., and Luginaah I. 2021. The Impact of Food Insecurity on Mental Health in Africa: A Systematic Review. *Social Science & Medicine*, 113953.
- 36- WFP. 2016. Food and Nutrition Security in Iran, A Summary report WFP Iran country office.
- 37- Wight V., Kaushal N., Waldfogel J., and Garfinkel I. 2014. Understanding the link between poverty and food insecurity among children: Does the definition of poverty matter?. *Journal of Children and Poverty* 20(1): 1-20.



## Nutrient Consumption, Diversity and Food Security of the Income deciles of Tehran Province

M. Razaati<sup>1\*</sup> - M. Shabanzadeh-Khoshrody<sup>2</sup> - E. Javdan<sup>3</sup>

Received: 06-03-2021

Accepted: 15-05-2021

**Introduction:** The rapid acceleration of inflation over the past decade has increased the cost of living in the metropolitan area of Tehran. The World Food Program (WFP) report shows that Tehran province has the highest rate of welfare inequality compared to other provinces in Iran, and a significant portion of the province's population has only abdominal satiety. This has led to an increase in short stature, cardiovascular disease, cancer, obesity, diabetes, tooth decay and gastrointestinal diseases among Tehran families. In this regard, although with the decision of the Working Group on Health and Food Security and the participation of various agencies, programs have been carried out to improve the level of health and nutrition of the residents of the province, but the prevalence of various deficiencies and diseases may be due to lack of nutrients in the food basket and as a result of food insecurity.

**Materials and Methods:** Since ensuring health and food security is one of the strategic goals of the 20-year vision document of the country, in the present study, households living in Tehran province were first divided into three lower income deciles, four middle deciles and three upper income deciles according to the raw data of the income expenditure of the Statistics Center of Iran. Then based on the classification of the commodity group of the Statistics Center of Iran and using the nutritional performance matrix, the level of nutrient intake in different income deciles of Tehran province in 2018 has been investigated. Then, using the Matching method, nutrient consumption, the diversity and food security of the province's income deciles have been analyzed.

**Results and Discussion:** The results showed that the level of calcium, iron and vitamin C intake among households in the lower three deciles of Tehran province is very low and an adult received only about 14, 487 and 75 mg of these three nutrients per day. As for other nutrients, an adult in the lower three deciles of income received protein and vitamin A 72 mg and 551 micrograms, respectively which is at the minimum daily requirement and only carbohydrates and vitamin B1 has been received 339 g and 1.5 mg, respectively which is above the minimum daily requirement. It should be noted that in all income deciles, the level of carbohydrate intake is more than triple the daily threshold required by an adult (130 g). Finally, according to the results, the lower three deciles of income have lower diversity and food security than the other deciles.

**Conclusion:** Considering the current situation of receiving micronutrients in Tehran province, the culture and nutritional literacy of households has a great importance and role that responsible organizations can play an important role in promoting it through culture as well as specialized and general education. At the same time, the stability of food prices along with the provision of cash grants and targeted food packages can increase the consumption and food diversity of households and significantly increase food security in poor households, especially women and children. In this regard, considering that a significant part of the country's resources is wasted annually in the form of hidden and non-targeted subsidies, Iran ranks first in the world in the payment of non-targeted food and fuel subsidies, therefore, targeting subsidies and paying cash and non-cash subsidies with proper identification of the target community, in accordance with the conditions of the country is an important issue that should be considered by policy makers.

**Keywords:** Income deciles, Nutrient intake, Food diversity, Food security, Matching methods

1, 2 and 3- Assistant Professors of Agricultural Economics, Institute of Planning Research, Agricultural Economics and Rural Development, Tehran, Iran

(\*- Corresponding Author Email: mrafaati@gmail.com)

DOI: 10.22067/JEAD.2021.69156.1019

مقاله پژوهشی

## ارزیابی ریسک کمبود آب با استفاده از مدل برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای تعاملی (مطالعه موردی: محدوده مطالعاتی مرند)

جواد حسین زاد<sup>۱\*</sup> - مهری راعی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۸

### چکیده

همگام با افزایش جمعیت کره زمین و توسعه اقتصادی، مسئله آب و مشکل کم‌آبی در سال‌های اخیر یکی از چالشی‌ترین موضوعاتی است که به جهت درجه اهمیت و جایگاه اقتصادی آن بخش‌های متعددی را درگیر خود کرده‌است و بیش از پیش مورد توجه دولت‌ها و سازمان‌های تحقیقاتی بین‌المللی قرار گرفته‌است. این امر بر لزوم تخصیص بهینه این منابع برای ایجاد تعادل در توسعه اقتصادی-اجتماعی و صرفه‌جویی در مصرف آب تأکید می‌کند. بنابراین در این مطالعه ابتدا یک مدل برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای تعاملی برای تخصیص منابع آب کشاورزی توسعه داده شده و سپس با استفاده از نتایج این مدل به ارزیابی ریسک کمبود آب تحت شرایط عدم قطعیت پرداخته شد. چارچوب توسعه یافته می‌تواند انواع گزینه‌های تصمیم‌گیری را برای تجزیه و تحلیل مصالحه بین منافع سیستم و ریسک‌های مربوطه فراهم کند. علاوه بر این، ارزیابی ریسک کمبود آب به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کند تا شرایط ریسک کمبود آب در حالت‌های مختلف را در نظر بگیرند و بر اساس آن اقدامات مناسب در مدیریت مصرف و عرضه آب صورت پذیرد. این چارچوب برای بهینه‌سازی منابع آب کشاورزی محدوده مطالعاتی مرند واقع در حوزه آبریز رودخانه ارس که کل سطح شهرستان مرند (واقع در استان آذربایجان شرقی) را در بر می‌گیرد، برای افق زمانی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ اعمال شده‌است. مقایسه نتایج بهینه تخصیص و شرایط واقعی (موجود) مصرف آب کشاورزی، نشان می‌دهد تخصیص منابع آب با استفاده از مدل توسعه داده شده، موجب کاهش کمبود آب و تخصیص بیشتر و در عین حال کارآتر منابع آب در محدوده مطالعاتی شده و سود خالص سیستم را نیز افزایش می‌دهد. نتایج حاصل از ارزیابی ریسک کمبود آب در محدوده مطالعاتی مرند نشان می‌دهد که مطابق با طبقه‌بندی ریسک در این مطالعه، ریسک کمبود آب در این محدوده مطالعاتی در سطح بالا قرار دارد که بیانگر سطح ریسک جدی و بحرانی است. لذا در صورت ادامه روند فعلی تخصیص و بهره‌برداری منابع آب، با توجه به تغییرات اقلیمی، افزایش جمعیت و تغییر میزان احتمال آب در دسترس در سال‌های آینده، این سطوح ممکن است تغییر وضعیت داده و به سطح ریسک خیلی بالا (غیرقابل تحمل) نیز برسد که ادامه این روند کلیه سرمایه‌گذاری‌ها و مبانی اقتصادی این محدوده مطالعاتی را تهدید می‌کند. در مجموع نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که وضع موجود بهره‌برداری در این محدوده در شرایط نامناسبی قرار دارد و در صورت ادامه روش‌های مدیریتی فعلی، منجر به افزایش بیش از حد بهره‌برداری از منابع آب به خصوص آب زیرزمینی خواهد شد که این امر افزایش بیابان منفی آبخوان را به دنبال خواهد داشت. بنابراین پیشنهاد می‌شود در سیاست‌گذاری‌ها و مدیریت منابع آب، روش‌های علمی جدید جایگزین روش‌های مدیریتی ناکارآمد و کم‌بازده شوند. استفاده از تکنولوژی‌های صرفه‌جویانه در مصرف آب و همچنین تغییر الگوی کشت به سمت کاشت گیاهان مقاوم به کم‌آبی در برخی مناطق، از دیگر اقدامات موثر در مدیریت ریسک منابع آب در محدوده مطالعاتی به شمار می‌روند.

**واژه‌های کلیدی:** ارزیابی ریسک، ارزیابی جامع فازی، برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای تعاملی، عدم حتمیت، مدیریت منابع آب

### مقدمه

آن، که با توسعه اقتصادی اجتماعی و امنیت غذایی مردم تداخل دارد، مورد نگرانی بسیاری از کشورها قرار گرفته است. با توجه به میزان منابع آب و سرانه مصرف، ایران از جمله کشورهایی است که در سال ۲۰۲۵ در گروه کشورهای مواجه با کمبود فیزیکی آب قرار خواهد

در دهه‌های اخیر مسائل مربوط به مناقشات تخصیص آب در بین کاربران رقیب به دلیل کاهش دسترسی به آب و پایین آمدن کیفیت

(\*) - نویسنده مسئول: (Email: J.hosseinzad@tabrizu.ac.ir)

DOI: 10.22067/JEAD.2021.69061.1017

۱ و ۲ - به ترتیب دانشیار و دانشجوی دکتری گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

گرفت (۱۴). به عبارت دیگر در صورت ادامه روند فعلی مصرف آب، حتی با بالاترین راندمان و بهره‌وری ممکن در مصرف آب، برای تأمین نیازهای بخش‌های مختلف مخصوصاً بخش کشاورزی، آب کافی در اختیار نخواهد داشت. بنابراین مدیریت منابع آب و تخصیص بهینه منابع آب آبیاری کشاورزی موجود برای توسعه کشاورزی باید در سطح ملی و منطقه‌ای مورد توجه قرار گیرد. به هر حال انواع عدم‌حتمیت در اجزاء سیستم منابع آب (WRS)<sup>۱</sup> وجود دارد که با یکدیگر ارتباط دارند که منجر می‌شوند تخصیص بهینه منابع آب آبیاری کشاورزی در شرایط واقعی چالش برانگیزتر شود. بنابراین لحاظ عدم‌حتمیت در روش‌های سنتی بهینه‌سازی یک روش موثر برای انعکاس پیچیدگی و واقعی کردن سیستم تخصیص منابع آب کشاورزی است (۱۹ و ۳۲).

در سال‌های اخیر تعدادی از مطالعات به تخصیص منابع آب کشاورزی با لحاظ عدم‌حتمیت پرداخته‌اند (۲۷، ۵، ۱۶، ۱۷، ۳۶، ۳۰، ۱۱ و ۲۵). از بین این مدل‌ها، رهیافت برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای غیردقیق (ITSP)<sup>۲</sup> در مسائل مدیریتی منابع آب، به عنوان یک تکنیک موثر در رابطه با عدم‌حتمیت شناخته شده است (۲۱، ۲۲ و ۷). در مدل ITSP پارامترهای تصادفی (مانند رواناب و بارندگی) با اعداد بازه‌ای بیان می‌شوند، در حالی که در مسائل واقعی حد پایین و بالای بازه را نمی‌توان به صورت مقادیر قطعی به دست آورد، بلکه ممکن است به صورت متغیرهای تصادفی با توزیع احتمال مشخص فرض شوند. علاوه بر این ITSP بر این فرض استوار است که تصمیم‌گیرنده ریسک خنثی است و بنابراین به سختی می‌تواند قابلیت اطمینان رضایت سیستم یا ریسک نقض محدودیت‌های سیستم را در شرایط عدم قطعیت نشان دهد. در نتیجه وقتی تصمیم‌گیرنده ریسک‌پذیر باشد، ITSP ممکن است غیرقابل اجرا شود (۳). تکنیک برنامه‌ریزی محدودیت شانس (CCP)<sup>۳</sup>، که مستلزم آن است که محدودیت‌ها تحت سطوح احتمال مشخصی برآورده شوند، قادر به رفع مشکلات فوق است (۱۰). از طرف دیگر ITSP در منعکس کردن ریسک‌های بالقوه‌ای که مرتبط با تابع هدف تصادفی می‌باشد نیز ناکارآمد است (۳۴). در چنین مواردی، برای لحاظ ضرایب تصادفی که در تابع هدف وجود دارد می‌توان از معیار کاتاوکا<sup>۴</sup> برای تبدیل هدف تصادفی به یک تابع معادل قطعی استفاده کرد (۱۵). بنابراین یک رویکرد بالقوه در رابطه با این مسائل، ادغام ITSP با CCP و معیار کاتاوکا در یک چارچوب جامع تخصیص منابع آب کشاورزی با در نظر گرفتن کامل پارامترهای تصادفی و ریسک تخطی آب در دسترس در سیستم‌های کشاورزی است.

تجربه نشان داده است که مشکل کمبود آب پس از تخصیص بهینه منابع آب می‌تواند تا حدودی مرتفع گردد، اما هیچگاه به طور

کامل حل نمی‌شود. کمبود آب کشاورزی در مقیاس کوچک، موجب از دست دادن منافع سیستم می‌شود، اما اگر کمپایی شدت پیدا کند، اثرات زیانبار آن از کاهش منافع سیستم به اختلال در سیستم منجر می‌شود (۱۸). به عبارت دیگر، کمبود آب در دسترس منجر به ریسک اقتصادی در فعالیت‌های مختلف تولیدی خواهد شد. بنابراین، ارزیابی کمی ریسک کمبود آب کشاورزی که ناشی از محدود بودن آب در دسترس می‌باشد، برای منعکس کردن شدت اختلال در سیستم کشاورزی، ارائه مبنایی برای تخصیص مناسب و استفاده موثر از منابع آب و همچنین برای جلوگیری از آسیب‌های جدی که در نتیجه کمبود آب برای منطقه به وجود می‌آید، بسیار بااهمیت است. با این وجود مطالعات محدودی در خصوص ارزیابی ریسک کمبود آب کشاورزی بر اساس مدل‌های بهینه‌سازی تحت شرایط عدم قطعیت گزارش شده است. به عنوان مثال گو و همکاران (۶) به ارزیابی ریسک کمبود آب ناشی از انحراف و انتقال آب از مخزن دانجیانگکو<sup>۵</sup>، که بخشی از پروژه انتقال آب از جنوب به شمال در چین می‌باشد، پرداختند. شاخص‌های ارزیابی ریسک مانند درجه ریسک، قابلیت اطمینان، برگشت‌پذیری، آسیب‌پذیری و سازگاری برای دو افق برنامه‌ریزی (۲۰۱۵ و ۲۰۳۰) محاسبه شد. نتایج نشان داد که در صورت اتمام پروژه انتقال آب از جنوب به شمال، بعد از سال ۲۰۳۰، ریسک کمبود آب در سطح ریسک قابل قبول خواهد شد. صفوی و گل محمدی (۳۱) با استفاده از معیارهای اطمینان‌پذیری، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری فازی به ارزیابی عملکرد سیستم برنامه‌ریزی حوضه آبریز زاینده‌رود تحت سناریوهای مختلف پرداخته و شاخص پایداری حاصل از معیارهای فازی را با شاخص پایداری حاصل از معیارهای کلاسیک مقایسه کردند. نتایج مطالعه از عملکرد مطمئن‌تر، محسوس‌تر و حقیقی‌تر روابط توسعه داده شده فازی به واقعیت موجود حکایت دارند. مرور ادبیات حاکی از آن است که در اغلب مطالعات به تخصیص منابع آب با استفاده از روش‌های مختلف پرداخته شده ولی به ارزیابی ریسک کمبود آب توجه نشده است. بنابراین هدف از این مطالعه توسعه چارچوبی مبتنی بر عدم‌حتمیت برای تخصیص منابع آب کشاورزی و محاسبه مقادیر کمبود آب پس از تخصیص و همچنین ارزیابی ریسک کمبود آب کشاورزی است. چارچوب توسعه یافته در یک مطالعه موردی (محدوده مطالعاتی مرند) اجرا می‌شود. این محدوده مطالعاتی در حوزه آبریز رودخانه ارس واقع شده که کل سطح شهرستان مرند واقع در استان آذربایجان شرقی را در بر می‌گیرد (۳۳). با توجه به کمبود بارش سالانه و رواناب سطحی در منطقه، بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی در این محدوده بسیار متداول بوده و همین مساله باعث افت سطح آب زیرزمینی در این منطقه شده است.

4- Kataoka's criterion

5- Danjiangkou reservoir

1- Water resources system

2- Inexact two-stage stochastic programming

3- Chance constrained programming

برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای تعاملی بر پایه عدم حتمیت (UITSP) نام‌گذاری شده است. در مرحله بعد، بر اساس نتایج مدل UITSP و با بکارگیری شاخص‌های متعدد ارزیابی ریسک و همچنین با استفاده از روش ارزیابی جامع فازی، به ارزیابی ریسک کمبود آب پرداخته می‌شود. جزئیات چارچوب مفهومی مدل توسعه‌یافته در این مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

### مدل برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای تعاملی بر پایه عدم حتمیت (UITSP)

هنگامی که عدم قطعیت به شکل توزیع احتمال و بازه‌ای بیان می‌شوند درحالی که تصمیمات باید به‌طور دوره‌ای با گذشت زمان اتخاذ شوند، مسأله مطالعه می‌تواند به شکل یک ITSP فرموله شود که منعکس‌کننده یک معامله بین استراتژی‌های از پیش تعریف‌شده و تعدیلات انطباقی مرتبط با این استراتژی‌ها می‌باشد (۱۹). با در نظر گرفتن ریسک تخطی از محدودیت و عدم حتمیت تصادفی آب در دسترس کشاورزی در سمت راست محدودیت‌ها و عدم حتمیت داده‌های اقتصادی (مانند سود حاصل از مصرف آب و زیان ناشی از کمبود آن) در تابع هدف که به‌صورت توزیع احتمال بیان می‌شوند، روش CCP و معیار کاتاوکا در مدل ITSP ادغام می‌شود که در آن سطح ریسک بالای آب در دسترس به معنای احتمال نقض بیشتر روش CCP است. بر اساس مدل اصلی ITSP (۲۱)، روش CCP (۱)، معیار کاتاوکا (۱۵) و روش تخصیص منابع آب آبیاری کشاورزی، مدل برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای تعاملی بر پایه عدم حتمیت (UITSP) برای تخصیص منابع آب آبیاری کشاورزی را می‌توان به صورت مدل (۱) تبیین کرد.

$$\begin{aligned} \text{Max } f^\pm &= \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T NB_i^{(\pm)}(\omega) W_{imt}^\pm \end{aligned} \quad (1a)$$

$$- \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T \sum_{h=1}^H \rho_{hm} C_i^{(\pm)}(\omega) S_{imth}^\pm$$

Subject to:

$$\text{Pr} \left\{ \sum_{i=1}^I (W_{imt}^\pm - S_{imth}^\pm) / \eta_i^\pm \right. \\ \left. \begin{aligned} &\leq q_{mth}^\pm + \varepsilon_{m(t-1)h}^\pm + Q_{mt} \\ &\geq 1 - \alpha, \quad \forall m, t, h \end{aligned} \right\} \quad (1b)$$

این امر منجر به عدم تعادل بین تغذیه و تخلیه آبخوان شده و آثار زیست‌محیطی متعددی مانند پیشروی آبهای شور، فرونشست زمین، کاهش آب‌دهی چاه‌ها، خشک‌شدن قنات و چشمه‌ها را به همراه داشته‌است. ادامه این روند موجب تخریب سیستم منابع آبی شده و به پایداری زیست‌محیطی و اکولوژیکی آسیب جدی وارد خواهد شد. لذا برای کاهش بحران‌های زیست‌محیطی و زیان‌های اقتصادی ناشی از کمبود آب، مدیریت منابع آب و ارزیابی ریسک کمبود آن در این محدوده باید مورد توجه قرار گیرد. آگاهی از میزان و شدت ریسک وارده بر سامانه می‌تواند راهنمای بسیار مناسبی در تخصیص بهینه منابع و کاهش خسارات وارده در این شرایط باشد.

### مواد و روش‌ها

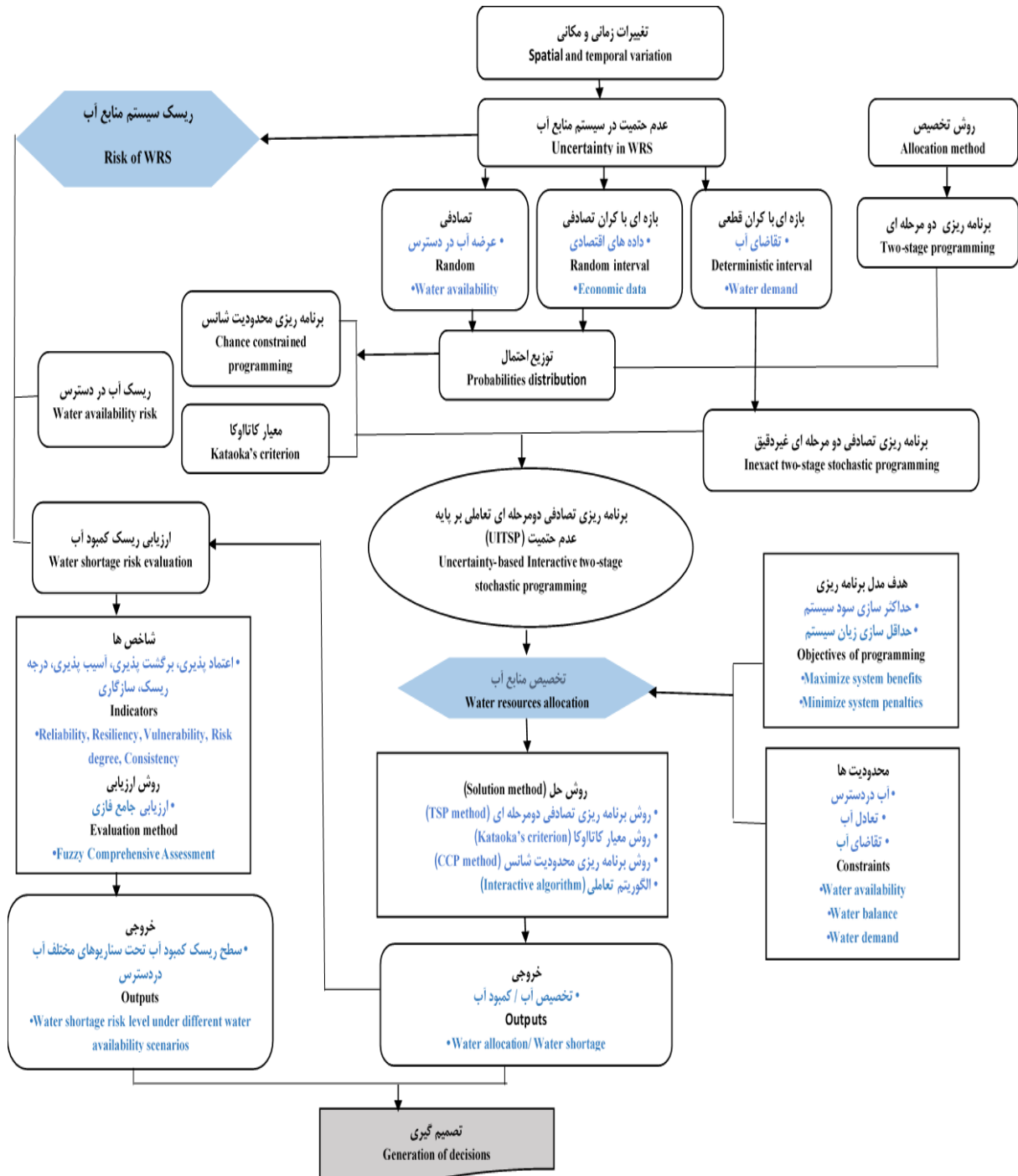
تخصیص بهینه منابع آبی به دلیل عدم حتمیت‌های مختلفی که در سیستم منابع آب (WRS) وجود دارد، بسیار چالش برانگیز است. به عنوان مثال می‌توان به تغییرات زمانی و مکانی آب در دسترس و تقاضای آب به دلیل پارامترهای مختلف تصادفی مانند بارندگی، تبخیر و تعرق و سایر شرایط آب و هوایی اشاره کرد.

در مسائل واقعی و در سیستم منابع آب، عدم حتمیت‌ها می‌توانند به صورت بازه‌ای و تصادفی بیان شوند. به عنوان مثال، شدت جریان آب (عرضه آب) ممکن است به صورت یک متغیر تصادفی در هر دوره برنامه‌ریزی در نظر گرفته شود که این عدم حتمیت را می‌توان با مدل برنامه‌ریزی محدودیت شانس تبیین کرد. همچنین درآمد حاصل از تحویل آب و زیان ناشی از کمبود آب نیز به صورت متغیرهای تصادفی از طریق معیار فرکتایل می‌توانند بیان شوند. علاوه بر این، تقاضای آب به دلیل وجود عدم حتمیت در عرضه آب نیز یک متغیر تصادفی می‌باشد، همچنین مقدار آب هدف تخصیصی وعده داده شده به صورت قطعی و معین، زمانی که جریان آب در دسترس دارای عدم حتمیت می‌باشد، نیز بسیار مشکل می‌باشد. علاوه بر این، کیفیت اطلاعات ممکن است به گونه‌ای باشد که برای بیان توزیع احتمال به اندازه کافی مناسب نباشد و یا حتی در صورت در دسترس بودن توزیع آنها، منعکس کردن آن در مدل‌های بهینه‌سازی در مقیاس بزرگ می‌تواند بسیار چالش برانگیز باشد (۱۳). بنابراین چنین عدم حتمیت‌هایی، موجود در تابع هدف و محدودیت‌ها، می‌توانند توسط مدل برنامه‌ریزی بازه‌ای بیان شوند (۳۷). بنابراین برای بیان عدم حتمیت‌هایی که ممکن است هم در تابع هدف و هم در محدودیت‌ها وجود داشته باشد، بهتر است روش بهینه‌سازی معیار کاتاوکا و مدل برنامه‌ریزی بازه‌ای و برنامه‌ریزی محدودیت شانس را در چهارچوب مدل برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای ادغام کرد. مدل حاصله، مدل

$$0 \leq (W_{imt}^{\pm} - S_{imth}^{\pm})/\eta_i^{\pm} \leq W_{imt,max}$$

$$\forall i, m, t, h \quad (1d)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{m(t-1)h}^{\pm} &= \varepsilon_{m(t-2)h}^{\pm} + (q_{m(t-1)h}^{(\alpha)})^{\pm} \\ &- \sum_{i=1}^I (W_{im(t-1)}^{\pm}) \\ &- S_{im(t-1)h}^{\pm} / \eta_i^{\pm}, \forall m, t, h \end{aligned} \quad (1c)$$



شکل ۱- چارچوب مفهومی تخصیص منابع آب کشاورزی و ارزیابی ریسک تحت شرایط عدم حتمیت

Figure 1- Conceptual Framework of agricultural water resources allocation and risk evaluation under uncertainty

مدل UITSP شامل سود و میزان کمبود آب به صورت  $f^\pm = [f_{opt}^-, f_{opt}^+]$ ،  $S_{imth,opt}^\pm = [S_{imth,opt}^-, S_{imth,opt}^+]$  و برنامه تخصیص بهینه آب برای افق برنامه‌ریزی به صورت  $A_{imth,opt}^\pm = W_{imt,opt}^\pm - S_{imth,opt}^\pm$  حاصل می‌شود.

### ارزیابی ریسک کمبود آب کشاورزی

برای ارزیابی ریسک کمبود آب کشاورزی با استفاده از نتایج مدل UITSP، می‌توان از شاخص‌های ارزیابی متعددی بهره جست. از جمله شاخص‌هایی که اغلب در توصیف رفتار سیستم‌های منابع آب استفاده می‌شوند، می‌توان به شاخص‌هایی مانند اعتمادپذیری<sup>۱</sup>، برگشت‌پذیری<sup>۲</sup>، آسیب‌پذیری<sup>۳</sup>، درجه ریسک<sup>۴</sup> و سازگاری<sup>۵</sup> اشاره کرد که در ادامه به تبیین آن‌ها پرداخته شده‌است (۹ و ۲۸).

برای یک سیستم منابع آب، اعتمادپذیری (قابلیت اطمینان) کمبود آب، به عنوان احتمال موفقیت سیستم در یک نقطه از تقاضای مفروض تعریف می‌شود که به صورت رابطه (۲) تبیین شده است (۲۸ و ۶).

$$\alpha = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (1 - z_t) \quad (2)$$

از آنجا که ریسک برعکس قابلیت اطمینان در نظر گرفته می‌شود، بنابراین، ریسک مربوطه می‌تواند به صورت  $\beta = 1 - \alpha$  بیان شود. در روابط فوق،  $T$  افق برنامه‌ریزی،  $\alpha$  بیانگر قابلیت اطمینان سیستم منابع آب و  $\beta$  بیانگر ریسک می‌باشد.  $z_t$  یک متغیر موهومی با ارزش‌های صفر و یک می‌باشد. چنانچه تقاضای آب در زمان  $t$  تامین نشود، مقدار آن برابر ۱ و در غیر این صورت، صفر در نظر گرفته می‌شود.

برگشت‌پذیری که بیان‌کننده سرعت برگشت سیستم منابع آب از حالت شکست به حالت مطلوب است به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود (۹ و ۶).

$$\delta = \frac{\sum_{t=1}^T w_t}{\sum_{t=1}^T z_t} \quad (3)$$

در رابطه فوق،  $\delta$  بیانگر برگشت‌پذیری سیستم منابع آب،  $w_t$  متغیر موهومی با ارزش‌های صفر و یک می‌باشد. در صورتی که تقاضای آب کشاورزی در زمان  $t$  تامین نشود، اما در یک دوره بعد ( $t+1$ ) تامین شود، مقدار ۱ و در غیر این صورت مقدار صفر به خود

در روابط فوق،  $m$  بیانگر نوع منابع آبی ( $m = 1$  آب سطحی و  $m = 2$  آب زیرزمینی)،  $i$  بیانگر منطقه کشاورزی،  $h$  بیانگر شدت جریان آب ( $h = 1$  زیاد،  $h = 2$  متوسط و  $h = 3$  کم)،  $t$  بیانگر دوره زمانی برنامه‌ریزی،  $\pm$  بیانگر کران بالا و پایین پارامترهای بازه‌ای،  $f$  بیانگر سود خالص سیستم (ریال)،  $NB_i^\pm(\omega)$  سود منطقه  $i$ ام به ازاء هر مترمکعب آب تخصیصی (پارامتر بازه‌ای با کران تصادفی)،  $W_{imt}$  (متغیر تصمیم مرحله اول) مقدار آب هدف تخصیصی (نوع  $m$ ) به فعالیت  $i$ ام در زمان  $t$ ،  $C_i^\pm(\omega)$  زیان منطقه  $i$ ام به ازاء هر متر مکعب آب تخصیص داده نشده (پارامتر بازه‌ای با کران تصادفی)،  $S_{imth}$  (متغیر تصمیم مرحله دوم) مقدار کمبود آب (نوع  $m$ ) منطقه  $i$ ام در زمان  $t$  در وضعیت  $h$  (به بیان دیگر مقداری از  $W_{imt}$  که در هنگام عرضه  $q_{mth}$  تامین نمی‌شود)،  $Pr\{.\}$  بیانگر احتمال وقوع حادثه تصادفی  $\{.\}$ ،  $q_{mth}$  مقدار آب در دسترس (نوع  $m$ ) در یک سطح ریسک مجاز ( $\alpha$ ) در شدت جریان  $h$  در زمان  $t$ ،  $\rho_{hm}$  احتمال وقوع سناریوی  $h$  برای منبع آب نوع  $m$ ،  $\varepsilon_{mth}$  بیانگر مقدار آب مازاد (نوع  $m$ ) پس از آنکه آب در زمان  $t$  در وضعیت  $h$  تخصیص داده شود،  $Q_{mt}$  مقدار آب در دسترس (نوع  $m$ ) در شروع دوره  $t$ ،  $\eta_i$  ضریب مصرف آب کشاورزی (راندان آب‌باری) در منطقه  $i$ ام،  $W_{imt,max}$  حداکثر مقدار تخصیص آب مجاز (نوع  $m$ ) به منطقه  $i$ ام در زمان  $t$  می‌باشد.

رابطه (۱a)، بیانگر تابع هدف مدل، که کسب حداکثر سود سیستم و حداقل زیان ناشی از کمبود آب با تخصیص بهینه منابع آب محدود به مناطق مختلف، می‌باشد. رابطه (۱b) محدودیت آب در دسترس را نشان می‌دهد که آب تخصیص داده شده (نوع  $m$ ) به مناطق مختلف، نباید از کل آب در دسترس در هر زمان و در هر سطح جریان، بیشتر باشد. این رابطه محدودیت شانس نام دارد که  $0 \leq 1 - \alpha_i \leq 1$  احتمال‌های داده‌شده برای گستره‌ای است که در آن نقض محدودیت‌ها پذیرفته می‌شود. به این معنا که محدودیت ممکن است نقض شود، اما این نقض محدودیت حداکثر ( $\alpha_i$ ) خواهد بود. به  $(1 - \alpha_i)$  سطح احتمال رضایت‌بخش نیز گفته می‌شود. رابطه (۱c) بیانگر محدودیت تعادل آب است، به این صورت که برای یک سطح معین آب در دسترس، آب مازاد (نوع  $m$ ) در یک زمان معین، برابر با مجموع آب مازاد دوره قبل و مقدار متغیر آب زمان حال می‌باشد. رابطه (۱d) نیز محدودیت تقاضای آب را بیان می‌کند که مقدار آب هدف تخصیصی (نوع  $m$ ) به مناطق، نباید از حداکثر مقدار تخصیص آب مجاز (نوع  $m$ ) بیشتر باشد.

بر اساس روش حل الگوریتم تعاملی (۱۲ و ۲۱) جواب‌های بهینه



$u_i$  ها مقدار هر یک از شاخص‌های مورد مطالعه می‌باشند و ایجاد کلاس ارزیابی  $V = (v_j)$  که  $v_j$  درجه‌های مختلف سیستم شاخص (به عنوان مثال بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد) می‌باشد، ماتریس تابع عضویت فازی به صورت رابطه (۷) تشکیل می‌شود.

$$R = (\mu_{vj}(u_i))_{J \times n} = \begin{bmatrix} (\mu_{vj}(u_i))_{11} & (\mu_{vj}(u_i))_{12} & \dots & (\mu_{vj}(u_i))_{1j} & \dots & (\mu_{vj}(u_i))_{1n} \\ (\mu_{vj}(u_i))_{21} & (\mu_{vj}(u_i))_{22} & \dots & (\mu_{vj}(u_i))_{2j} & \dots & (\mu_{vj}(u_i))_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (\mu_{vj}(u_i))_{J1} & (\mu_{vj}(u_i))_{J2} & \dots & (\mu_{vj}(u_i))_{Jj} & \dots & (\mu_{vj}(u_i))_{Jn} \end{bmatrix}$$

در رابطه فوق،  $R$  ماتریس تابع عضویت،  $n$  تعداد شاخص‌های ارزیابی،  $J$  تعداد کلاس ارزیابی و  $(\mu_{vj}(u_i))_{jn}$  میزان درجه عضویت شاخص  $i$  در کلاس  $j$  می‌باشد. بنابراین مجموعه جامع ضرایب ارزیابی  $B$  از حاصل ضرب ماتریس ضرایب وزنی ( $W$ ) در ماتریس تابع عضویت فازی ( $R$ ) به صورت رابطه (۸) محاسبه می‌شود.

$$B = W \times R = (b_1, b_2, \dots, b_j)_{1 \times J} \quad (8)$$

تعیین وزن شاخص‌های ارزیابی ( $W$ ) که بیانگر اهمیت هر شاخص ارزیابی می‌باشد، یکی از بخش‌های مهم و از جمله دشواری‌های رایج در ارزیابی جامع فازی است، زیرا انتخاب وزن شاخص، تأثیر عمیقی بر نتایج ارزیابی دارد. در گذشته، جهت تعیین وزن شاخص‌های ارزیابی، معمولاً از روش‌های تعیین ذهنی وزن مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)<sup>۳</sup> استفاده می‌شد. این روش ارزیابی به دلیل تأثیر عوامل ذهنی انسانی ممکن است نتایج مغرضانه و نادرستی ارائه دهد. برای رفع این مشکل، از روش تحلیل مؤلفه‌های اساسی (PCA)<sup>۴</sup> بهره گرفته می‌شود که باعث می‌شود تعیین وزن دارای یک مبنای نظری خاص باشد. به طور معمول PCA شامل شش مرحله مهم (برای ارزش‌گذاری وزن) می‌باشد (۲۸) که عبارتند از (۱) استاندارد کردن شاخص‌ها برای اطمینان از اینکه همه آن‌ها دارای وزن یکسان در تحلیل باشند. (۲) محاسبه ماتریس کوواریانس. (۳) محاسبه مقادیر ویژه ( $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$ ) و بردار مقادیر ویژه مربوطه ( $a_1, a_2, \dots, a_p$ ). (۴) حذف هر گونه اجزائی که صرفاً بخش کوچکی از تغییرات در مجموعه داده‌ها را تشکیل می‌دهند. (۵) محاسبه ضریب مربوط به هر شاخص با توجه به مؤلفه‌های اصلی انتخاب شده. (۶) در نهایت ارزش وزنی هر شاخص توسط نرمال‌سازی ضریب مربوطه به دست می‌آید.

نتیجه خروجی حاصل از رابطه (۸)، شامل  $J$  عدد است (به دلیل وجود  $J$  کلاس کیفی ریسک) که هر یک مبین میزان درجه عضویت شاخص  $i$  ام به کلاس‌های مختلف است. ولی برای غیرفازی‌سازی و قابل استفاده بودن در تصمیم‌گیری‌ها و امور مدیریتی، لازم است این نتیجه به صورت یک کلاس واحد بیان شود. یکی از روش‌های بسیار

می‌گیرد. معکوس  $\delta$  بیانگر میانگین مدت زمان توالی شکست‌های متوالی است.

رابطه (۴) آسیب‌پذیری یک سیستم منابع آب را که نشان‌دهنده شدت بزرگی شکست سیستم می‌باشد بیان می‌کند (۹).

$$\chi = \frac{1}{T_F} \sum_{t=1}^T \frac{z_t(D_t - A_t)}{D_t} \quad (4)$$

در این رابطه،  $\chi$  بیانگر آسیب‌پذیری سیستم منابع آب،  $T_F$  بیانگر کل دوره‌های زمانی شکست،  $D_t$  و  $A_t$  به ترتیب بیانگر تقاضای آب کشاورزی و تخصیص آب در زمان  $t$  می‌باشند.

درجه ریسک ویژگی تصادفی بودن سیستم را که ناشی از عدم حتمیت است، بیان می‌کند که با رابطه (۵) بیان می‌شود.

$$C_v = \sigma / \mu \quad (5)$$

در رابطه فوق،  $C_v$  بیانگر درجه ریسک می‌باشد که ضریب تغییرات<sup>۱</sup> نیز نامیده می‌شود.  $\sigma$  انحراف معیار نمونه و  $\mu$  میانگین نمونه می‌باشند (۲۸).

شاخص سازگاری به عنوان معیاری برای اندازه‌گیری ارتباطات پویا بین عرضه و تقاضای آب در یک دوره زمانی ارائه شده است. مقدار این شاخص بین صفر و یک متغیر است و مقادیر بالای شاخص، بیانگر سازگاری بیشتر سیستم می‌باشد که به صورت رابطه (۶) بیان می‌شود (۶).

$$\lambda = \frac{\sum_{t=1}^T (\Delta_{max} - \Delta(t))}{T(\Delta_{max} - \Delta_{min})} \quad (6)$$

در رابطه فوق  $\lambda$  بیانگر سازگاری سیستم منابع آب،  $\Delta(t) = |A_t^* - D_t^*|$  و  $A_t^* = \frac{T.A_t}{\sum_{t=1}^T A_t}$  و  $D_t^* = \frac{T.D_t}{\sum_{t=1}^T D_t}$  و  $\Delta_{min} = \min\{\Delta(1), \Delta(2), \dots, \Delta(T)\}$  و  $\Delta_{max} = \max\{\Delta(1), \Delta(2), \dots, \Delta(T)\}$  می‌باشند.

## روش ارزیابی

با توجه به اینکه شاخص‌های ارزیابی به تنهایی در صورت پیچیده بودن منابع احتمالی عدم حتمیت، اطلاعات کافی را ارائه نمی‌دهند، بنابراین نمی‌توانند به طور دقیق ریسک (عملکرد سیستم) را ارزیابی کنند؛ لذا یک ترکیب مناسب که به طور کامل منعکس کننده ریسک WRS باشد، بایستی برای ارزیابی جامع انتخاب شود. از میان روش‌های ارزیابی ریسک، روش ارزیابی جامع فازی (FCA)<sup>۲</sup> که به عنوان یک راه‌حل موثر در حل مسائل فازی و کنترل اثر شاخص‌های متعدد بر روی نتایج ارزیابی شناخته شده است در این مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرد (۸، ۲۰ و ۲۶).

با تعیین ماتریس شاخص ارزیابی  $U$  به صورت  $U = (u_i)$  که

3- Analytic Hierarchy Process

4 - Principle Component Analysis

1- Variation Coefficient

2- Fuzzy Comprehensive Assessment

می‌شود که به مصرف کشاورزی و شرب می‌رسد (۳۳). مطابق با شرایط محلی، محدوده مطالعاتی به سه سایت تقاضا شامل مرند، بناب مرند و زنوز تقسیم شده است.

در پروسه حل مدل توسعه داده شده در این مطالعه برای تبیین ریسک مربوط به عدم‌حتمیت موجود در تابع هدف، مقادیر مختلف برای معیار فرکتایل ( $\beta$ ) در بازه (۱، ۰) و برای تبیین ریسک محدودیت آب در دسترس، سه سطح احتمال تخطی از محدودیت ( $0/1$ ،  $0/0.5$  و  $0/1$ ) برای  $\alpha$  در نظر گرفته شده‌است. همچنین در این مدل، برای متغیرهای بازه‌ای که دارای کران بالا و پایین می‌باشند، مقادیر وضعیت موجود راندمان آبیاری و مقادیر با افزایش راندمان آبیاری (۱۰ درصد) برای کران‌های بالا و پایین در نظر گرفته شده است.

در شکل ۲ سود خالص سیستم، یعنی تفاوت بین سود حاصل از تخصیص بهینه آب و زیان ناشی از کمبود آب، تحت ترکیبات مختلف احتمال تخطی از محدودیت ( $\alpha$ ) و سطوح مختلف معیار فرکتایل ( $\beta$ ) نشان داده شده است. شکل ۲ نشان می‌دهد که مینیمم سود خالص سیستم، زمانی که  $\alpha = 0.01$  و  $\beta = 0.9$  باشند [ $987/6$ ،  $1298/3$ ] میلیارد ریال و ماکزیمم آن زمانی که  $\alpha = 0.1$  و  $\beta = 0.01$  باشند [ $987/6$ ،  $1298/3$ ] میلیارد ریال می‌باشد. همچنین به ازاء هر احتمال تخطی از محدودیت ( $\alpha$ )، با افزایش سطح رضایت تابع هدف ( $\beta$ )، هر دو کران بالا و پایین سود خالص سیستم به تدریج کاهش می‌یابد. این بدان مفهوم است که سود خالص سیستم به سطح رضایت تابع هدف غیرحساس است. با این حال در ادامه مطالعه مقدار  $\beta = 0.9$  به عنوان سطح رضایت تابع هدف انتخاب شده است. از طرف دیگر، اختلاف بین سود خالص سیستم تحت سطوح مختلف تخطی از محدودیت ( $\alpha$ ) قابل توجه است. این وضعیت بیانگر این است که سود خالص سیستم به سطح احتمال تخطی از محدودیت ( $\alpha$ ) حساس است.

متوسط کمبود آب آبیاری کشاورزی مناطق مختلف محدوده مطالعاتی مرند و سود خالص سیستم تحت سطوح مختلف شدت جریان آب و سطوح مختلف تخطی از محدودیت (بر اساس مدل UITSP) در شکل ۳ نشان داده شده است. شکل ۳ نشان می‌دهد که با احتمال تخطی بالاتر، آب بیشتری می‌تواند به مناطق مختلف آبیاری تخصیص داده شود که این منجر به سود بیشتر سیستم و کاهش سطح کمبود آب می‌شود. اما اگرچه سود خالص سیستم تحت سطوح مختلف احتمال تخطی از محدودیت، افزایش می‌یابد، لکن میزان افزایش سود متغیر است. با در نظر گرفتن  $\alpha = 0$  به عنوان معیار مقایسه، میزان افزایش سود برای سطوح احتمال  $\alpha = 0.01$ ،  $\alpha = 0.05$  و  $\alpha = 0.1$  محاسبه شده که به ترتیب برابر با  $22/9$ ،  $26/1$  و  $18/8$  میلیارد ریال است که بیانگر یک روند افزایشی در ابتدا و سپس یک روند کاهشی می‌باشد که مطابق با نتایج مطالعات چانگ

مرسوم، استفاده از روش حداکثر عضویت<sup>۱</sup> است که به‌طور گسترده در تصمیم‌گیری‌ها و ارزیابی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. با این حال، این اصل نمی‌تواند ابهامات موجود در مرز هدف را منعکس کند و این امر منجر به از دست رفتن اطلاعات و انحراف در نتایج می‌شود. برای رفع این نقص، اصل متوسط وزنی<sup>۲</sup> جایگزین اصل حداکثر درجه عضویت قرار داده شده است. بر اساس اصل متوسط وزنی، کلاس‌های  $Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_5)$  مانند  $Z = (1, 2, \dots, 5)$  به ضرایب ارزیابی داده می‌شود. بر این اساس، مقدار ویژه کلاس هدف با استفاده از رابطه (۹) محاسبه می‌شود (۳۵).

$$A_p = \frac{\sum_{j=1}^J b_j^2 z_j}{\sum_{j=1}^J b_j^2} \quad (9)$$

در رابطه فوق،  $A_p$  مقدار ویژه کلاس هدف می‌باشد. در این مطالعه مقادیر  $z_1 = 0.05$ ،  $z_2 = 0.25$ ،  $z_3 = 0.5$ ،  $z_4 = 0.75$  و  $z_5 = 0.95$  بر اساس درجه ریسک (بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد) به ترتیب به ضرایب ارزیابی اختصاص داده می‌شود.

## نتایج و بحث

در این قسمت ابتدا نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی تصادفی دومرحله‌ای بر پایه عدم‌حتمیت (UITSP) برای تخصیص منابع آب محدوده مطالعاتی مرند برای سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ ارائه شده و سپس به ارزیابی ریسک کمبود آب در این محدوده پرداخته شده است. آمار و اطلاعاتی که برای مطالعه حاضر و برآورد الگوها لازم می‌باشد، بخشی مربوط به اطلاعات قیمت، تولید و سطح زیرکشت محصولات عمده در محدوده مطالعاتی مرند می‌باشد که از سازمان جهاد کشاورزی و موسسات تابعه و آمارنامه‌های مربوطه برای دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۸۴ تهیه شده‌اند. بخش دیگر آمار مربوط به اطلاعات آب و هوایی و هیدرولوژیکی محدوده می‌باشد که از طریق سازمان هواشناسی و آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی برای دوره زمانی ۱۳۹۸-۱۳۷۳ گردآوری شده‌اند.

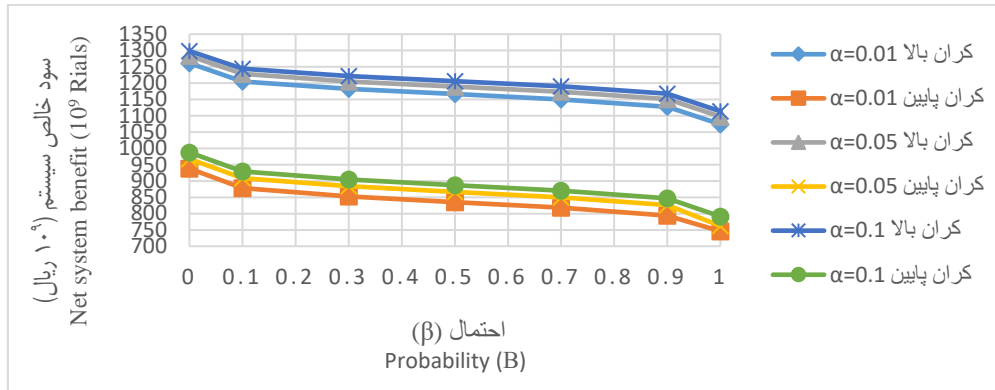
## تخصیص منابع آب محدوده مطالعاتی مرند بر اساس

### نتایج مدل UITSP

کل مصرف آب‌های سطحی و زیرزمینی در محدوده مطالعاتی مرند  $249/83$  میلیون متر مکعب است که از این مقدار  $213/39$  میلیون متر مکعب در بخش کشاورزی،  $2/75$  میلیون متر مکعب در بخش صنعت و  $33/69$  میلیون متر مکعب در بخش شرب به مصرف می‌رسد. از کل حجم آب مصرفی  $203/5$  میلیون متر مکعب ( $81/5$  درصد) متعلق به منابع آب زیرزمینی (چاه و قنات) با مصارف گوناگون و  $46/33$  میلیون متر مکعب ( $18/5$  درصد) از آب‌های سطحی برداشت

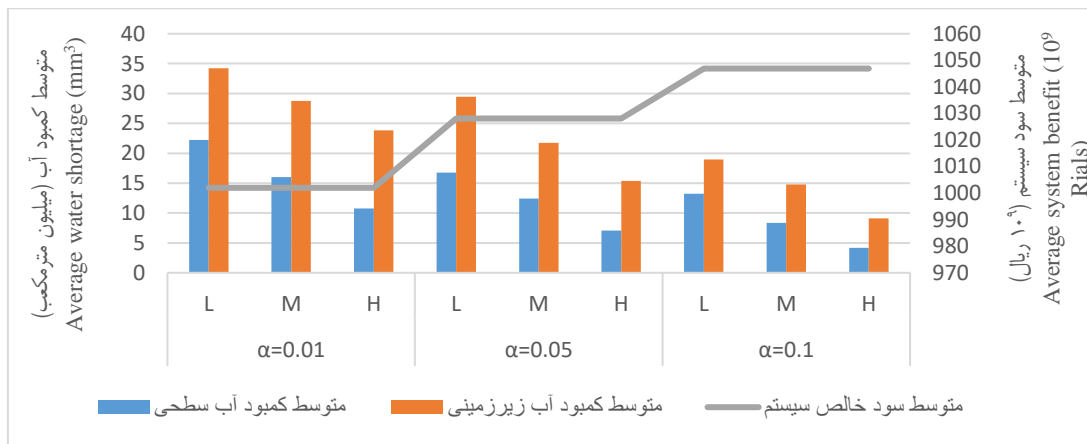
مدیریت آب کشاورزی به چالش کشیده است. با توجه به نتایج  $\alpha = 0.05$  به عنوان یک احتمال تخطی مطلوب برای تصمیم‌گیرندگان، از نظر این مطالعه موردی، در نظر گرفته می‌شود.

و همکاران (۴)، بوهل و همکاران (۲)، صبحوحی و مردانی (۲۹) و مردانی و همکاران (۲۳ و ۲۴) می‌باشد. بر این اساس، سطح احتمال مطلوب تخطی از محدودیت، تصمیم‌گیرندگان و مدیران را برای



شکل ۲- سود خالص سیستم محدوده مطالعاتی مرند تحت ترکیبات مختلف احتمال  $\alpha$  و  $\beta$

Figure 2- Net system benefits of Marand Basin under different combinations of probabilities  $\alpha$  and  $\beta$



شکل ۳- متوسط کمبود آب آبیاری کشاورزی محدوده مطالعاتی مرند و سود خالص سیستم تحت سناریوهای مختلف

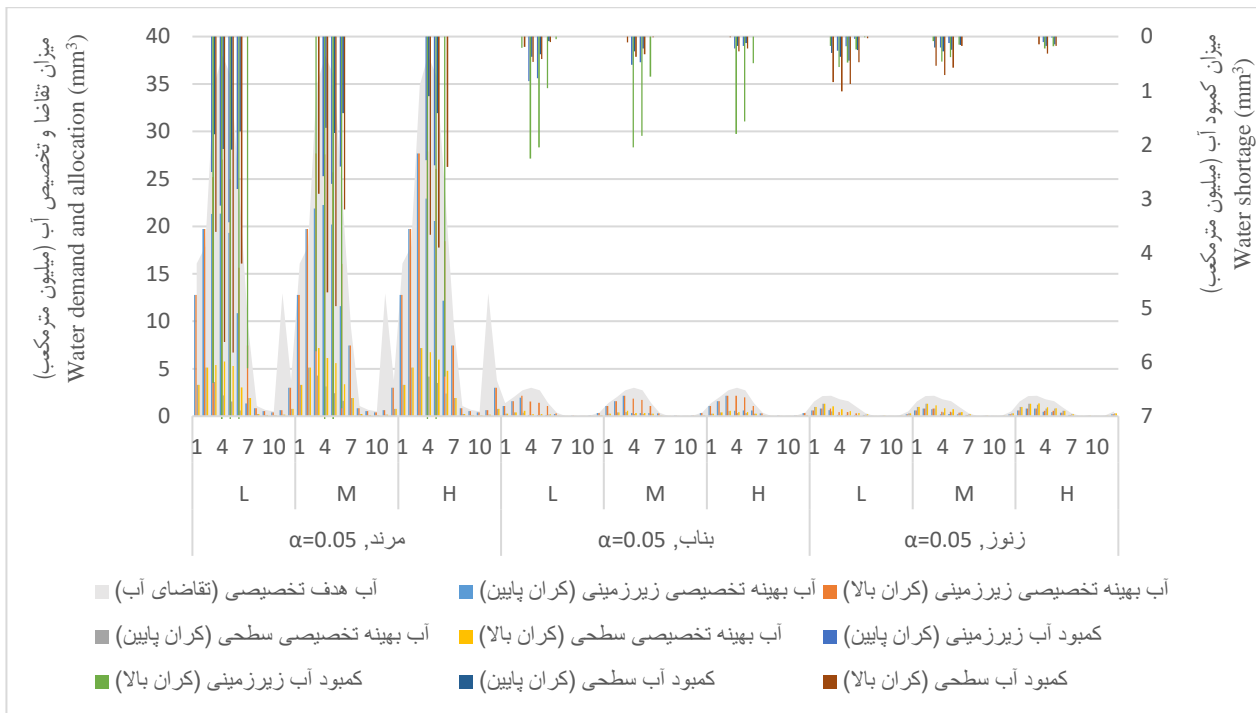
Figure 3- Average total agricultural irrigation shortage of Marand basin and system benefit under various scenarios

تقریباً متعادل شده و علاوه بر کاهش کمبود آب، منجر به کنترل برداشت و جلوگیری از اضافه برداشت از چاه‌ها می‌گردد و همچنین اهداف سازمان آب منطقه‌ای که همانا کاهش میزان آب تخصیصی در بخش کشاورزی می‌باشد، تحقق می‌یابد.

همچنین نتایج نشان می‌دهد میزان تخصیص سالانه منابع آب سطحی در کل محدوده مطالعاتی مرند از [۳۹/۱، ۲۵/۳] میلیون متر مکعب تحت سناریوی شدت جریان کم و [۴۲/۷، ۳۰/۳] میلیون متر مکعب تحت سناریوی شدت جریان متوسط تا [۴۵/۸، ۳۷/۸] میلیون متر مکعب تحت سناریوی شدت جریان بالا تغییر می‌کند. میزان تخصیص سالانه منابع آب زیرزمینی نیز از [۱۲۰/۷، ۱۵۱/۷] میلیون متر مکعب تحت سناریوی شدت جریان کم و [۱۳۱/۲، ۱۵۶/۷] میلیون متر مکعب تحت سناریوی شدت جریان متوسط تا [۱۴۰/۱، ۱۶۰/۵] میلیون متر مکعب تحت سناریوی شدت جریان بالا تغییر می‌کند.

بر اساس تجزیه و تحلیل فوق و با در نظر گرفتن  $\alpha = 0.05$  به عنوان احتمال مطلوب تخطی از محدودیت، میزان تقاضا، تخصیص و کمبود ماهانه آب کشاورزی (سطحی و زیرزمینی) برای مناطق مختلف آبیاری محدوده مطالعاتی مرند (شامل مرند، بناب و زنوز) تحت سناریوهای مختلف شدت جریان آب به‌دست آمده است که در شکل ۴ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از حل مدل UITSP نشان می‌دهد که فصل خشک یعنی ماه‌های تیر، مرداد و شهریور دوره‌های اوج تخصیص و تقاضای آب در محدوده مطالعاتی مرند می‌باشند، که در این ماه‌ها علیرغم نیاز آبی فراوان، میزان تخصیص آب در وضعیت فعلی کمتر از میزان تقاضا است که منجر به کمبود آب بیشتر در این ماه‌ها می‌شود؛ لکن نتایج نشان می‌دهد که با افزایش راندمان آبیاری و تخصیص آب با استفاده از مدل توسعه داده شده، میزان تخصیص و تقاضای آب کشاورزی



شکل ۴- میزان تقاضا، تخصیص و کمبود ماهانه آب کشاورزی مناطق مختلف آبیاری تحت سطوح مختلف شدت جریان آب و سطح احتمال  $\alpha = 0.05$

Figure 4- Monthly agricultural water demand, allocation and shortage conditions of different irrigation areas under different flow levels when  $\alpha = 0.05$

آبخوان نیز به ۷/۶ میلیون متر مکعب تنزل کرده است، یعنی در این حالت حجم آب آبخوان حدود ۵۰/۴ درصد نسبت به وضع موجود بهبود پیدا کرده است. سود خالص سیستم نیز با افزایش ۱۷/۶ درصدی مواجه شده است. نتایج حاکی از آن است که تخصیص منابع آب با استفاده از مدل توسعه داده شده، موجب کاهش کمبود آب و تخصیص بیشتر و در عین حال کارآتر منابع آب در محدوده مطالعاتی شده و همچنین سود خالص سیستم را نیز افزایش می‌دهد.

در جدول ۱ شرایط واقعی با نتایج حاصل از مدل توسعه داده شده (UITSP) مقایسه شده است. بر اساس جدول ۱ مشاهده می‌شود که با توجه به محدودیت آب در دسترس و با فرض ثابت بودن مقدار مصرف آب در سایر بخش‌ها، مقدار بهینه آب زیرزمینی تخصیص داده شده در محدوده مطالعاتی مردند بر اساس مدل توسعه‌یافته، به‌طور متوسط برابر با ۱۵۶/۱ میلیون متر مکعب در سال است که نسبت به وضع موجود، ۷/۸ میلیون متر مکعب کاهش یافته است. بیلان منفی

جدول ۱- مقایسه نتایج حاصل از مدل UITSP با وضعیت فعلی محدوده مطالعاتی مردند

Table 1- Comparison actual conditions of Maran basin with the results of UITSP

	وضع موجود (واقعی) Actual condition	وضع بهینه Optimal condition
مصرف سالانه آب زیرزمینی در بخش کشاورزی (میلیون متر مکعب) Annually agricultural irrigation water use ( $\text{mm}^3$ )	163.9	156.1
تغییرات سالانه حجم آبخوان Annual change in aquifer volume	-15.4	-7.6
درصد تغییر حجم آبخوان نسبت به وضع موجود Percentage change of aquifer volume compared to the actual condition	-	+50.4
سود خالص سیستم ( $10^{10}$ ریال) Net system benefit ( $10^{10}$ Rials)	105.5	128.1
درصد تغییر سود خالص سیستم نسبت به وضع موجود Percentage change in the net system benefit compared to the actual condition	-	+17.6

## ارزیابی ریسک کمبود آب کشاورزی

در این بخش از مطالعه، به ارزیابی ریسک کمبود آب تحت سطوح مختلف ریسک در دسترس بودن آب کشاورزی و سطوح مختلف شدت جریان آب در محدوده مطالعاتی مرنده، به منظور توسعه بینش و آگاهی در مورد شرایط کمبود آب محدوده و در نتیجه ترویج اقدامات مناسب صرفه جویی در آب، پرداخته می‌شود. بر اساس طبقه‌بندی شاخص‌های ارزیابی (۲۸) که در جدول ۲ بیان شده است، مقدار شاخص‌های ارزیابی ریسک کمبود آب کشاورزی برای محدوده مطالعاتی مرنده

تحت سطوح مختلف شدت جریان آب و سطوح مختلف تخطی از محدودیت، برای کران پایین و بالا محاسبه شده و در جدول ۳ آورده شده است. بر اساس طبقه‌بندی که در جدول ۲ ارائه شده است، سطح ریسک کمتر کمبود آب کشاورزی بدان معنی است که سیستم تحمل بهتری نسبت به ریسک کمبود آب دارد. بر این اساس، ریسک بسیار کم قابل اغماض است، ریسک کم قابل قبول است، ریسک متوسط حاشیه‌ای است، ریسک بالا جدی و بحرانی است و ریسک بسیار بالا غیر قابل تحمل است.

جدول ۲- طبقه‌بندی شاخص‌های ارزیابی  
Table 2- Evaluation index factor classification

ریسک کمبود آب Water shortage risk	ریسک Risk	آسیب‌پذیری Vulnerability	برگشت‌پذیری Resiliency	سازگاری Consistency	درجه ریسک Risk degree
سطح ریسک بسیار کم (I) Very Low risk level (I)	≤0.200	≤0.200	≥0.800	≥0.800	≤0.200
سطح ریسک کم (II) Low risk level (II)	0.201-0.400	0.201-0.400	0.601-0.800	0.601-0.800	0.201-0.800
سطح ریسک متوسط (III) Middle risk level (III)	0.401-0.600	0.401-0.600	0.401-0.600	0.401-0.600	0.801-1.400
سطح ریسک زیاد (IV) High risk level (IV)	0.601-0.800	0.601-0.800	0.201-0.400	0.201-0.400	1.401-2.00
سطح ریسک بسیار زیاد (V) Very High risk level (V)	≥0.800	≥0.800	≤0.200	≤0.200	≥2.00

به بیان دیگر احتمال افزایش کمبود آب طی دوره، در شرایط فعلی، از ۷۲ درصد به ۳۹ درصد می‌تواند کاهش پیدا کند. در کران بالا نیز مقدار این شاخص از ۰/۳۴ در بدترین سناریو (محدوده ریسک کم) به ۰/۰۶ در بهترین سناریو (محدوده ریسک بسیار کم) کاهش یافته است. مقادیر نشان می‌دهند که در کران بالا، احتمال افزایش کمبود آب بسیار کاهش پیدا می‌کند. شاخص‌های سازگاری و برگشت‌پذیری دارای روند معکوس شاخص‌های قبل می‌باشند؛ به طوری که شاخص سازگاری در کران پایین، از ۳۵ درصد در بدترین سناریو به ۴۰ درصد در بهترین سناریو افزایش پیدا کرده است. در کران بالا نیز، مقدار شاخص سازگاری از ۰/۳۶ در بدترین سناریو به ۰/۵۱ در بهترین سناریو افزایش یافته است. یافته‌ها حاکی از آن است که روند تغییرات عرضه و تقاضای آب حتی در کران بالا نیز با یکدیگر اختلاف دارند. شاخص برگشت‌پذیری نیز در کران پایین، از ۲۰ درصد در بدترین سناریو به ۳۹ درصد در بهترین سناریو افزایش پیدا کرده است که بیانگر این است که سرعت برگشت سیستم از حالت شکست به حالت مطلوب در وضعیت فعلی، با افزایش شدت جریان آب (با سرعت کمی) افزایش می‌یابد و در محدوده ریسک بالا قرار دارد. در حالی که مقدار این شاخص در کران بالا از ۲۳ درصد در بدترین سناریو به ۸۳ درصد

شاخص‌های اعتمادپذیری و ریسک به ترتیب احتمال رضایت و عدم رضایت را در یک سیستم نشان می‌دهند. جدول ۳ نشان می‌دهد که در محدوده مطالعاتی مرنده در وضعیت فعلی (کران پایین)، شاخص ریسک از ۷۵ درصد در بدترین سناریو (شدت جریان کم و تخطی از محدودیت ۰/۰۱) به مقدار ۵۶ درصد در بهترین سناریو (شدت جریان بالا و تخطی از محدودیت ۰/۱) کاهش پیدا کرده است. این بدان معنی است که با افزایش مقدار جریان آب و همچنین افزایش تخطی از محدودیت که منجر به تخصیص میزان آب بیشتر و در نتیجه کمبود آب کمتری می‌گردد، ریسک کمبود آب از ۷۵ درصد به ۵۶ درصد کاهش می‌یابد که در طبقه‌بندی شاخص‌های ارزیابی، از محدوده ریسک زیاد (سطح IV) به محدوده ریسک متوسط (سطح III) منتقل می‌شود. اعتمادپذیری نقطه مقابل ریسک می‌باشد، به بیان دیگر مقادیر بالای این شاخص با مقادیر کمتر ریسک متناسب است. بنابراین روند اعتمادپذیری برعکس ریسک می‌باشد. شاخص آسیب‌پذیری تحت سطوح مختلف شدت جریان و همچنین سطوح مختلف تخطی از محدودیت در هر دو کران بالا و پایین، به طور قابل توجهی تغییر کرده است. به طوری که در کران پایین از ۷۲ درصد در بدترین سناریو به ۳۹ درصد در بهترین سناریو کاهش پیدا کرده است،

در بهترین سناریو افزایش یافته است که بیانگر بهبود سرعت برگشت سیستم به حالت مطلوب می‌باشد. به بیان دیگر براساس این شاخص، سیستم در کران بالا در محدوده ریسک کم قرار می‌گیرد. شاخص درجه ریسک در وضعیت فعلی (کران پایین) از ۲/۶ در بدترین سناریو به ۱/۶۳ در بهترین سناریو کاهش یافته است (از سطح ریسک بسیار بالا به سطح ریسک متوسط رسیده است). مقدار این شاخص در کران بالا نیز از ۲/۲۱ در بدترین سناریو به ۱/۴۷ در بهترین سناریو کاهش یافته است که در محدوده‌های ریسک بالا و متوسط قرار دارد.

جدول ۳- مقدار شاخص‌های ارزیابی ریسک کمبود آب محدوده مطالعاتی مرند  
Table 3- Results of water shortage risk evaluation index of Marand basin

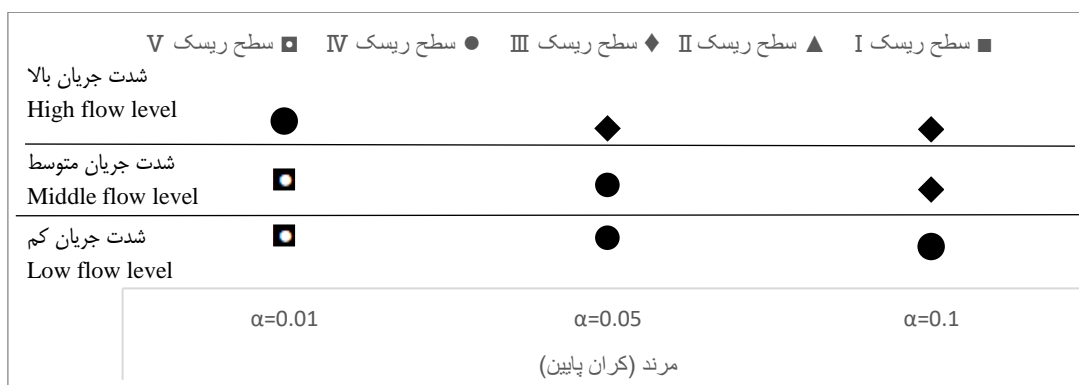
کران پایین Lower bound									
سطح احتمال تخطی Probability of violating constraint	0.01			0.05			0.1		
	کم	متوسط	بالا	کم	متوسط	بالا	کم	متوسط	بالا
شدت جریان آب Flow level	Low	Middle	High	Low	Middle	High	Low	Middle	High
اعتمادپذیری ( $\alpha$ ) Reliability ( $\alpha$ )	0.25	0.25	0.31	0.28	0.31	0.39	0.33	0.39	0.44
ریسک ( $\beta$ ) Risk ( $\beta$ )	0.75	0.75	0.69	0.72	0.69	0.61	0.67	0.61	0.56
آسیب‌پذیری ( $\chi$ ) Vulnerability ( $\chi$ )	0.72	0.51	0.42	0.58	0.43	0.32	0.49	0.43	0.39
سازگاری ( $\lambda$ ) Consistency ( $\lambda$ )	0.35	0.35	0.38	0.36	0.39	0.36	0.34	0.34	0.40
برگشت‌پذیری ( $\delta$ ) Resiliency ( $\delta$ )	0.20	0.20	0.32	0.22	0.23	0.31	0.25	0.31	0.39
درجه ریسک ( $CV$ ) Risk degree ( $CV$ )	2.6	2.37	2.04	2.38	1.94	1.78	2.17	1.78	1.63
کران بالا Upper bound									
سطح احتمال تخطی Probability of violating constraint	0.01			0.05			0.1		
	کم	متوسط	بالا	کم	متوسط	بالا	کم	متوسط	بالا
شدت جریان آب Flow level	Low	Middle	High	Low	Middle	High	Low	Middle	High
اعتمادپذیری ( $\alpha$ ) Reliability ( $\alpha$ )	0.31	0.33	0.47	0.36	0.42	0.50	0.42	0.50	0.56
ریسک ( $\beta$ ) Risk ( $\beta$ )	0.69	0.67	0.53	0.64	0.58	0.50	0.58	0.50	0.44
آسیب‌پذیری ( $\chi$ ) Vulnerability ( $\chi$ )	0.34	0.21	0.16	0.25	0.19	0.11	0.15	0.1	0.06
سازگاری ( $\lambda$ ) Consistency ( $\lambda$ )	0.36	0.36	0.35	0.36	0.42	0.42	0.37	0.42	0.51
برگشت‌پذیری ( $\delta$ ) Resiliency ( $\delta$ )	0.23	0.25	0.44	0.28	0.36	0.5	0.36	0.5	0.83
درجه ریسک ( $CV$ ) Risk degree ( $CV$ )	2.21	1.95	1.74	1.98	1.66	1.6	1.69	1.55	1.47

شده است. نتایج نهایی مقادیر ارزیابی جامع ریسک کمبود آب در محدوده مطالعاتی مرند، برای کران پایین و کران بالا، تحت سطوح مختلف شدت جریان آب و سطوح مختلف تخطی از محدودیت در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است.

در ادامه بر اساس پروسه ارزیابی جامع فازی، ماتریس تابع عضویت فازی برای محدوده مطالعاتی مرند تحت سطوح مختلف شدت جریان آب و سطوح مختلف تخطی از محدودیت (سناریوهای ۱ تا ۹) برای کران پایین و بالا محاسبه شده و در جدول ۱ پیوست آورده

ریسک به سطح زیاد (IV) رسیده که بیانگر سطح ریسک جدی است و مجدداً با افزایش شدت جریان آب، از میزان ریسک کم شده و به سطح متوسط (سطح III) می‌رسد که در رده ریسک حاشیه‌ای قرار دارد. با سطح تخطی ۰/۱ و شدت جریان کم آب، مجدداً ریسک به سطح زیاد می‌رسد و پس از آن با افزایش میزان دسترسی به آب (شدت جریان متوسط و بالا) میزان ریسک کاهش یافته و به سطح متوسط تنزل می‌یابد.

شکل ۵ سطح ریسک کمبود آب در محدوده مطالعاتی مرند را در کران پایین نشان می‌دهد. نمودار فوق بیان می‌کند با توجه به میزان تقاضای ماهانه کشاورزی و پس از تخصیص بهینه منابع آب، سطح ریسک کمبود آب کشاورزی در محدوده مطالعاتی مرند در کران پایین (وضعیت فعلی)، در سطح تخطی محدودیت ۰/۰۱ و شدت جریان کم و متوسط، بسیار زیاد (سطح V) می‌باشد، سپس با افزایش شدت جریان آب و همچنین افزایش میزان تخطی از محدودیت، میزان

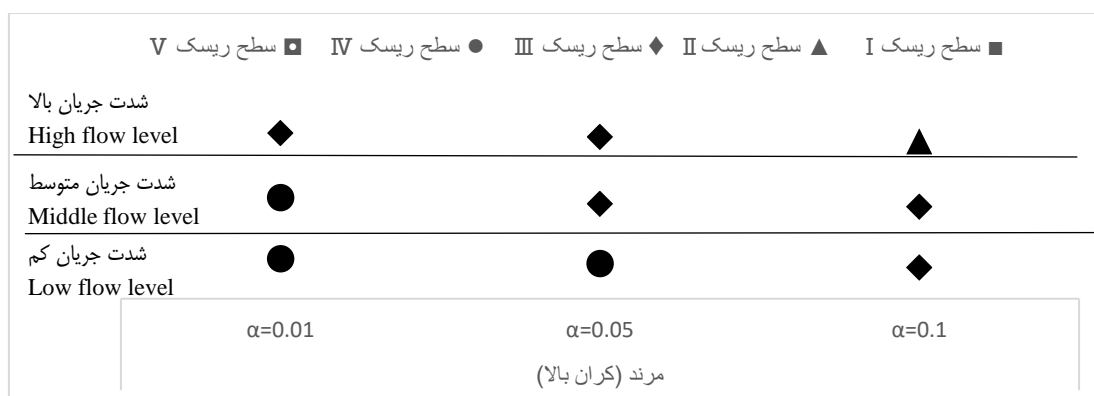


شکل ۵- سطح ریسک کمبود آب در محدوده مطالعاتی مرند تحت سناریوهای مختلف (کران پایین)

Figure 5- Water shortage risk evaluation results of Marand Basin under different scenarios (lower bound)

که بیانگر سطح ریسک حاشیه‌ای است کاهش می‌یابد. در سطح تخطی ۰/۰۵ و شدت جریان کم، مجدداً سطح ریسک کمبود آب افزایش یافته و به سطح زیاد (جدی) می‌رسد، سپس با افزایش شدت جریان آب از میزان ریسک کم می‌شود. در سطح تخطی ۰/۱ و شدت جریان کم و متوسط، با افزایش میزان دسترسی به آب، با سطح ریسک متوسط (حاشیه‌ای) مواجه می‌شود و در نهایت در بهترین سناریو، میزان ریسک کمبود آب به سطح کم (قابل قبول) می‌رسد.

سطح ریسک کمبود آب محدوده مطالعاتی مرند در کران بالا در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که در صورت تخصیص منابع آب با استفاده از نتایج کران بالای مدل توسعه یافته در محدوده مطالعاتی مرند، میزان ریسک کمبود آب در سطح تخطی محدودیت ۰/۰۱ و شدت جریان کم و متوسط، در سطح زیاد (IV) قرار می‌گیرد که بیانگر سطح بحرانی و جدی می‌باشد، پس از آن با افزایش میزان دسترسی به آب، سطح ریسک کمبود آب به سطح متوسط (III)



شکل ۶- سطح ریسک کمبود آب در محدوده مطالعاتی مرند تحت سناریوهای مختلف (کران بالا)

Figure 6- Water shortage risk evaluation results of Marand Basin under different scenarios (upper bound)

در این مطالعه یک چارچوب مبتنی بر عدم حتمیت برای تخصیص

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

دارد و در صورت ثلثت ماندن روش‌های مدیریتی منجر به افزایش بیش از حد بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی خواهد شد که این امر افزایش بیلان منفی آبخوان را به دنبال خواهد داشت. همچنین نتایج ارزیابی ریسک کمبود آب نشان می‌دهد در شرایط فعلی با توجه به طبقه‌بندی شاخص‌های ریسک، سطح ریسک در محدوده مطالعاتی مرند جدی و بحرانی است و اقدامات جدی برای مدیریت منابع آب توصیه می‌شود. لذا در صورت ادامه روند فعلی تخصیص و بهره‌برداری منابع آب، با توجه به تغییرات اقلیمی، افزایش جمعیت، افزایش میزان تقاضای محصولات کشاورزی و تغییر میزان احتمال آب در دسترس در سال‌های آینده، این سطوح ممکن است تغییر وضعیت داده و به سطح ریسک خیلی بالا (غیرقابل تحمل) نیز برسد که ادامه این روند کلیه سرمایه‌گذاری‌ها و مبانی اقتصادی این محدوده مطالعاتی را تهدید می‌کند. بنابراین پیشنهاد می‌شود با توجه به کاهش روزافزون منابع آب و کسری مخازن در این محدوده، نگاه سنتی مدیریتی به منابع آب از بین برود و ابتدا نسبت به تخصیص منابع آب به مصرف‌کنندگان مختلف، بالاخص بخش کشاورزی، طبق روش‌های مدیریتی و علمی نوین بازنگری صورت پذیرد تا هم سود اقتصادی بیشتر شده و هم مصرف‌کنندگان با بحران آب روبرو نشوند. همچنین با اتخاذ اقدامات لازم در صرفه‌جویی آب آبیاری، افزایش سطح کاشت محصولات زراعی مقاوم به کم‌آبی و در عین حال دارای سود آبیاری بیشتر (سود به ازاء هر واحد آب مصرفی) می‌توان فشار کمبود آب در منطقه را کاهش داده و از منابع موجود به صورت پایدار و بهینه بهره‌برداری کرد و ریسک کمبود آب در آینده را مدیریت کرد.

منابع آب کشاورزی و ارزیابی ریسک کمبود آب توسعه داده شده است. چهارچوب توسعه‌یافته به‌طور کامل عدم قطعیت‌های موجود در سیستم منابع آب را به صورت توابع توزیع احتمال و بازه‌ای، هم در تابع هدف و هم در محدودیت‌ها، در نظر گرفته و همچنین این عدم قطعیت‌ها را با کران‌های تصادفی در نظر می‌گیرد. لذا انواع گزینه‌های تصمیم‌گیری را برای تجزیه و تحلیل مصالحه بین منافع سیستم و ریسک‌های مربوطه فراهم می‌کند. از سوی دیگر یکی دیگر از مزایای مدل پیشنهادی این است که پیش از آن که عدم قطعیت‌های مربوط به پارامترهای مدل (به خصوص میزان آب در دسترس از منابع) مشخص شوند، هدف‌گذاری برای بخش‌های مختلف انجام می‌شود و سپس مدل بهینه‌سازی حل می‌شود و پس از آن که عدم قطعیت‌ها مشخص شدند به هر مصرف‌کننده اطلاع‌رسانی می‌شود که چه مقدار آب دریافت می‌کند و در واقع چقدر با کمبود روبرو می‌شود. بنابراین مصرف‌کننده کشاورزی می‌داند که چقدر در آینده آب دریافت می‌کند تا سرمایه‌گذاری مناسبی بر روی زمین‌های خود داشته باشد و در صورت مواجهه با کمبود، یا آب را از منابع دیگر تهیه کند یا کشت و زرع خود را محدود کند. با کاربرد چارچوب توسعه‌یافته در محدوده مطالعاتی مرند، مجموعه‌ای از نتایج تخصیص منابع آب کشاورزی به صورت بازه‌ای و سطح ارزیابی ریسک کمبود آب کشاورزی تحت سطوح مختلف شدت جریان و تخطی از محدودیت ایجاد می‌شود. مقایسه نتایج بهینه تخصیص و شرایط واقعی (موجود) مصرف آب کشاورزی، قابلیت کاربرد چارچوب توسعه‌یافته را نشان می‌دهد. در مجموع نتایج حاصل از این مطالعه نشان می‌دهد که وضع موجود بهره‌برداری در محدوده مطالعاتی مرند در شرایط نامناسبی قرار

## منابع

- 1- Askew A.J. 1974. Chance-constrained dynamic programming and the optimization of water resource systems. *Water Resources Research* 10(6): 1099–1106.
- 2- Bohle C., Maturana S., and Vera J. 2010. A robust optimization approach to wine grape harvesting scheduling. *European Journal of Operational Research* 200(1): 245–252.
- 3- Chen C., Huang G.H., Li Y.P., and Zhou Y. 2013. A robust risk analysis method of water resources allocation under uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 27(3): 713–723.
- 4- Chung G., Lansey K., and Bayraksan G. 2009. Reliable water supply system design under uncertainty. *Environmental Modelling and Software* 24(4): 449–462.
- 5- Dai Z.Y., and Li Y.P. 2013. A multistage irrigation water allocation model for agricultural land-use planning under uncertainty. *Agricultural Water Management* 129: 69–79.
- 6- Gu W.Q., Shao D.G., and Jiang Y.F. 2012. Risk evaluation of water shortage in source area of middle route project for South-to North water transfer in China. *Water Resources Management* 26(12): 3479–3493.
- 7- Guo P., Huang G.H., He L., and Zhu H. 2009. Interval-parameter two-stage stochastic semi-infinite programming: application to water resources management under uncertainty. *Water Resources Management* 23(5): 1001–1023.
- 8- Haiyan W. 2002. Assessment and prediction of overall environmental quality of Zhuzhou City, Hunan Province, China. *Journal of Environmental Management* 66(3): 329–340.
- 9- Hashimoto T., Stedinger J.R., and Loucks D.P. 1982. Reliability, resiliency and vulnerability criteria for water resources system performance evaluation. *Water Resources Research* 18(1): 14–20.
- 10- He L., Huang G.H., and Lu H.W. 2008. A simulation-based fuzzy chance-constrained programming model for optimal groundwater remediation under uncertainty. *Advances in Water Resources* 31(12): 1622–1635.
- 11- Homayounifar M., and Rastgaripour F. 2010. Water allocation of Latian dam between agricultural products under



- uncertainty. *Journal of Agricultural Economics and Development* 24(2): 259-267. (In Persian with English abstract)
- 12- Huang G.H. 1996. IPWM: An Interval Parameter Water Quality Management Model. *Engineering Optimization* 26: 79-103.
- 13- Huang, G.H., Loucks, D.P., 2000. An inexact two-stage stochastic programming model for water resources management under uncertainty. *Civil Engineering Systems* 17(2): 95-118.
- 14- International Water Management Institute. 2000. World water supply and demand. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- 15- Kataoka S. 1963. A stochastic programming model. *Econometrica* 31(1): 181-196.
- 16- Li M., and Guo P. 2015. A coupled random-fuzzy two-stage programming model for crop area optimization—a case study of the middle Heihe River basin, China. *Agricultural Water Management* 155: 53-66.
- 17- Li Q. Q., Li, Y. P., Huang G. H., and Wang C.X. 2018. Risk aversion-based interval stochastic programming approach for agricultural water management under uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 32(3): 715-732.
- 18- Li W., Wang B., Xie Y.L., Huang G.H., and Liu L. 2015. An inexact mixed risk-aversion two-stage stochastic programming model for water resources management under uncertainty. *Environmental Science and Pollution Research* 22(4): 2964-2975.
- 19- Li Y.P., Liu J., and Huang G.H. 2014. A hybrid fuzzy-stochastic programming method for water trading within an agricultural system. *Agricultural Systems* 123: 71-83.
- 20- Lu X., Li L.Y., Lei K., Wang L., Zhai Y., and Zhai M. 2010. Water quality assessment of Wei River, China using fuzzy synthetic evaluation. *Environmental Earth Sciences* 60(8): 1693-1699.
- 21- Maqsood I., and Huang G.H. 2003. A two-stage interval-stochastic programming model for waste management under uncertainty. *Journal of the Air & Waste Management Association* 53(5): 540-552.
- 22- Maqsood I., Huang G.H., and Yeomans J.S. 2005. An interval-parameter fuzzy two-stage stochastic program for water resources management under uncertainty. *European Journal of Operational Research* 167(1): 208-225.
- 23- Mardani M., Abdeslahi A., and Shirzadi Laskookalayeh S. 2020. Determining the Optimal Cropping Pattern with Emphasis on Proper Use of Sustainable Agricultural Disruptive Inputs: Application of Robust Multi-Objective Linear Fractional Programming. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 30(1): 241-256.
- 24- Mardani M., Ziaei S., and Nikouei A. 2018. Optimal cropping pattern modifications with the aim of environmental-economic decision making under uncertainty. *International Journal of Agricultural Management and Development* 8(3): 365-375.
- 25- Nafarzadegan A.R., Vagharfard H., Nikoo M.R., and Nohegar A. 2017. Application of interactive interval linear programming for optimal water and crop area allocation considering virtual water content and socio-economic factors (Case study: Dorudzan-Korbal Plain). *Iranian Journal of Ecohydrology* 4(2): 601-613. (In Persian with English abstract)
- 26- Onkal-Engin G., Demir I., and Hiz H. 2004. Assessment of urban air quality in Istanbul using fuzzy synthetic evaluation. *Atmospheric Environment* 38(23): 3809-3815.
- 27- Regulwar D.G., and Gurav J.B. 2011. Irrigation planning under uncertainty-a multi objective fuzzy linear programming approach. *Water Resources Management* 25(5): 1387-1416.
- 28- Ruan B.Q., Han Y.P., Wang H., and Jiang R.F. 2005. Fuzzy comprehensive assessment of water shortage risk. *Journal of Hydraulic Engineering* 36(8): 906-912.
- 29- Sabuhi Sabouni M., and Mardani M. 2013. Application of robust optimization approach for agricultural water resource management under uncertainty. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 139(7): 571-581.
- 30- Sabuhi Sabouni M., Rastegari F., and Kahkha A. 2009. Optimal allocation of Torogh dam water between agricultural and urban sectors by an interval parameter fuzzy two stages stochastic programming under uncertainty. *Economics and Agriculture Journal* 3(1): 33-55. (In Persian with English abstract)
- 31- Safavi H.R., and Golmohammadi M.H. 2016. Evaluating the water resource systems performance using fuzzy reliability, resilience and vulnerability. *Iran-Water Resources Research* 12(1): 68-83. (In Persian with English abstract)
- 32- Singh A. 2015. Land and water management planning for increasing farm income in irrigated dry areas. *Land Use Policy* 42: 224-250.
- 33- Tabriz Regional Water Organization, Department of Equipment and Development of Agricultural Irrigation Networks. (2019). Selected Water Resources Data, Unpublished result. Tabriz, Iran.
- 34- Wang Y.Y., Huang G.H., Wang S., Li W., and Guan P.B. 2016. A risk-based interactive multi-stage stochastic programming approach for water resources planning under dual uncertainties. *Advances in Water Resources* 94: 217-230.
- 35- Yang L., Li A., and Bai H. 2011. Using Fuzzy Theory and Principal Component Analysis for Water Shortage Risk Assessment in Beijing, China. *Energy Procedia* 11: 2085-2092.
- 36- Zhang C., Yue Q., and Guo P. 2019. A Nonlinear Inexact Two-Stage Management Model for Agricultural Water Allocation under Uncertainty Based on the Heihe River Water Diversion Plan. *International Journal of Environmental*

Research and Public Health 16(11): 1884.

- 37- Zhang N., Li Y.P., Huang W.W., and Liu J. 2014. An Inexact two-stage water quality management model for supporting sustainable development in a rural system. *Journal of Environmental Informatics* 24(1): 52-64.

## Water Shortage Risk Assessment Using an Interactive Two-stage Stochastic Programming Model (Case Study: Marand Basin)

J. Hosseinzad<sup>1\*</sup>- M. Raei<sup>2</sup>

Received: 06-03-2021

Accepted: 18-05-2021

**Introduction:** In recent years, the problem of water scarcity is becoming one of the most challenging issues with the economic development and population growth that have involved many sectors due to its importance and economic status and has received increasing attention from governments and international research organizations. This emphasizes the need for optimal allocation of mentioned resources to balance socio-economic development and save water. Therefore, the aim of this study is to develop an uncertainty-based framework for agricultural water resources allocation and calculate the amount of water shortage after allocation and also risk evaluation of agricultural water shortage. The developed framework will be applied to a real case study in the Marand basin, northwest of Iran. Perception of the amount and severity of risk on the system can be a good guide in the optimal allocation of resources and reduction of damage.

**Materials and Methods:** Since various uncertainties exist in the interactions among many system components, optimal allocation of agricultural irrigation water resources in real field conditions is more challenging. Therefore, introduction of uncertainty into traditional optimization methods is an effective way to reflect the complexity and reality of an agricultural water resources allocation system. Among different methods, inexact two-stage stochastic programming (ITSP) has proved to be an effective technique for dealing with uncertain coefficients in water resources management problems. ITSP is incapable of reflecting random uncertainties that coexist in the objective function and constraints. Considering the risk of violating uncertain constraints and the stochastic uncertainty of agricultural irrigation water availability on the right hand side of constraints and uncertainties related to economic data such as the revenue and penalty in the objective function which are expressed as probability distributions, the CCP method and Kataoka's criterion are introduced into the ITSP model, thus forming the uncertainty-based interactive two-stage stochastic programming (UITSP) model for supporting water resources management. A set of decision alternatives with different combinations of risk levels applied to the objective function and constraints can be generated for planning the water resources allocation system. In the next step, on the basis of results of UITSP agricultural irrigation water shortage risk evaluation can be conducted by using risk assessment indicators (reliability, resiliency, vulnerability, risk degree and consistency) and the fuzzy comprehensive evaluation method.

**Results and Discussion:** A series of water allocation results under different flow levels and different combinations of risk levels were obtained and analyzed in detail through optimally allocating limited water resources to different irrigation areas of Marand basin. The results can help decision makers examine potential interactions between risks related to the stochastic objective function and constraints. Furthermore, a number of solutions can be obtained under different water policy scenarios, which are useful for decision makers to formulate an appropriate policy under uncertainty.

The results show that the dry season, i.e., July, August and September are the peak periods of water allocation and demand in Marand basin, which in these months, despite the higher water demand, the amount of water allocation in the current situation is less, which leads to more water shortages in these months. However, the results show that by increasing the efficiency of irrigation and water allocation using the developed framework, the amount of agricultural water allocation and demand is almost balanced and in addition to reducing water shortages, it leads to control over extraction from wells. Also, the goals of the regional water organization, which is reducing the amount of water allocated in the agricultural sector, will be achieved. Comparison with actual conditions shows that the allocation of water resources using the developed framework reduces water shortages while allocation becomes more efficient. Furthermore, the net system benefits per unit water increase which will demonstrate the feasibility and applicability of the developed framework. Results of evaluation of agricultural irrigation water shortage risks indicate that the water shortage risks in the Marand basin are in the category of serious or critical risk level. Therefore, if the current trend of allocation and exploitation of water resources continues, with the

1 and 2- Associate Professor and Ph.D. Student of Agricultural Economics, University of Tabriz, Tabriz, Iran, respectively.

(\*- Corresponding Author Email: J.hosseinzad@tabrizu.ac.ir)

DOI: 10.22067/JEAD.2021.69061.1017

population growth, climate change, increasing demand for agricultural products and changing the probability of available water in the future, the water shortage risk would increase to the unbearable risk level. The continuation of this process threatens all investments and economic foundations of this study area. Therefore, the risk of water shortage in the future should be managed by improving the water-saving technologies and also changing the cultivation pattern to drought resistant crops.

**Conclusion:** In this study, an uncertainty-based framework for agricultural water resources allocation and risk evaluation was developed, including model optimization of agricultural water and risk evaluation of water shortage. The developed framework is capable of fully reflecting multiple uncertainties. The developed framework will be helpful for managers in gaining insights into the tradeoffs between system benefits and related risks, permitting an in-depth analysis of risks of agricultural irrigation water shortage under various scenarios. The assessment of agricultural water shortage risk based on the results of the optimization model helps decision makers to obtain in-depth analysis of agricultural irrigation water shortage risk under various scenarios. In application of the developed framework to Marand basin, series of results of agricultural water resources allocation expressed as intervals, and agricultural water shortage risk evaluation levels under different flow levels and also different combinations of risk levels are generated. Comparison between optimal results and actual conditions of agricultural irrigation water allocation demonstrates the feasibility and applicability of the developed framework. Results of evaluation of agricultural irrigation water shortage risks indicate that the water shortage risks in the Marand basin are in the category of serious or critical risk level. Therefore, effective risk management measures should be taken first for different irrigation areas of Marand basin.

**Keywords:** Fuzzy comprehensive evaluation, Interactive two-stage stochastic programming, Risk evaluation, Uncertainty, Water management

جدول ۱- ماتریس ضرایب ارزیابی  $B$  برای محدوده مطالعاتی مرند  
Table 1- The assessment coefficient matrix  $B$  of Mrand basin

کران پایین	
Lower bound	
$B_{Marand,0.01,L}^{Lower} = W^{Lower} \times R_{Marand,0.01,L}^{Lower} = \{0.00, 0.00, 0.1547, 0.3721, 0.4732\}$	
$B_{Marand,0.01,M}^{Lower} = W^{Lower} \times R_{Marand,0.01,M}^{Lower} = \{0.00, 0.1112, 0.1918, 0.3208, 0.4273\}$	
$B_{Marand,0.01,H}^{Lower} = W^{Lower} \times R_{Marand,0.01,H}^{Lower} = \{0.00, 0.2223, 0.1477, 0.5249, 0.1051\}$	
$B_{Marand,0.05,L}^{Lower} = W^{Lower} \times R_{Marand,0.05,L}^{Lower} = \{0.00, 0.0247, 0.3118, 0.3084, 0.3552\}$	
$B_{Marand,0.05,M}^{Lower} = W^{Lower} \times R_{Marand,0.05,M}^{Lower} = \{0.00, 0.2100, 0.1855, 0.4312, 0.1733\}$	
$B_{Marand,0.05,H}^{Lower} = W^{Lower} \times R_{Marand,0.05,H}^{Lower} = \{0.0988, 0.1482, 0.3068, 0.3415, 0.1048\}$	
$B_{Marand,0.1,L}^{Lower} = W^{Lower} \times R_{Marand,0.1,L}^{Lower} = \{0.00, 0.1359, 0.2565, 0.3641, 0.2435\}$	
$B_{Marand,0.1,M}^{Lower} = W^{Lower} \times R_{Marand,0.1,M}^{Lower} = \{0.00, 0.2100, 0.3438, 0.3340, 0.1122\}$	
$B_{Marand,0.1,H}^{Lower} = W^{Lower} \times R_{Marand,0.1,H}^{Lower} = \{0.1359, 0.1559, 0.3385, 0.3598, 0.0100\}$	
کران بالا	
Upper bound	
$R_{Marand,0.01,L}^{Upper} = W^{Upper} \times R_{Marand,0.01,L}^{Upper} = \{0.0662, 0.1544, 0.1191, 0.3915, 0.2687\}$	
$R_{Marand,0.01,M}^{Upper} = W^{Upper} \times R_{Marand,0.01,M}^{Upper} = \{0.2096, 0.0110, 0.1582, 0.4478, 0.1733\}$	
$R_{Marand,0.01,H}^{Upper} = W^{Upper} \times R_{Marand,0.01,H}^{Upper} = \{0.2206, 0.0758, 0.2460, 0.4189, 0.0387\}$	
$R_{Marand,0.05,L}^{Upper} = W^{Upper} \times R_{Marand,0.05,L}^{Upper} = \{0.1655, 0.0552, 0.1798, 0.4547, 0.1449\}$	
$R_{Marand,0.05,M}^{Upper} = W^{Upper} \times R_{Marand,0.05,M}^{Upper} = \{0.2206, 0.0217, 0.3348, 0.3849, 0.0380\}$	
$R_{Marand,0.05,H}^{Upper} = W^{Upper} \times R_{Marand,0.05,H}^{Upper} = \{0.2206, 0.1083, 0.3650, 0.3061, 0.00\}$	
$R_{Marand,0.1,L}^{Upper} = W^{Upper} \times R_{Marand,0.1,L}^{Upper} = \{0.2206, 0.0217, 0.3084, 0.3881, 0.0612\}$	
$R_{Marand,0.1,M}^{Upper} = W^{Upper} \times R_{Marand,0.1,M}^{Upper} = \{0.2206, 0.1083, 0.3824, 0.2887, 0.00\}$	
$R_{Marand,0.1,H}^{Upper} = W^{Upper} \times R_{Marand,0.1,H}^{Upper} = \{0.2491, 0.3347, 0.3205, 0.0958, 0.00\}$	

## مقاله پژوهشی

# مدیریت ریسک واردات ذرت دامی ایران

فاطمه فتحی<sup>۱\*</sup> - عفت قربانیان<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۲

## چکیده

واردات ذرت ایران به عنوان نهاده تولید صنعت دام و طیور کشور همواره با ریسک مواجه بوده است. شناسایی و مدیریت ریسک واردات این محصول یکی از اقدامات برای اطمینان از تأمین نهاده تولید در کشور است. در مطالعه کنونی، به شناسایی ریسک سیستماتیک و غیر سیستماتیک واردات ذرت دامی برای دوره زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ با استفاده از تئوری پرتفوی توسعه یافته پرداخته شده است. در ارزیابی ریسک با استفاده از این مدل، از شاخص تنوع واردات، ارتباط قیمت وارداتی و قیمت جهانی صادرکنندگان ذرت و شاخص سهولت کسب و کار استفاده شد. بر اساس نتایج ریسک پرتفوی در سال‌های مختلف، بیشتر ناشی از ریسک سیستماتیک نسبت به ریسک غیرسیستماتیک می‌باشد. نتایج شاخص ریسک نشان داد که ریسک واردات ذرت دامی برای ایران بیشتر ناشی از ریسک غیرسیستماتیک می‌باشد که عواملی چون نوسانات نرخ ارز ایران، سیاست‌های داخلی در جهت واردات ذرت دامی و مسایل و مشکلات هر یک از کشورهای صادرکننده ذرت به ایران، مسبب آن هستند. رابطه خطی مشخص بین شاخص تنوع و شاخص ریسک غیر سیستماتیک واردات ذرت دامی به ایران، طی سال‌های مورد بررسی وجود ندارد و افزایش تعداد کشورهای مبدأ واردات ذرت به ایران به معنای کاهش و یا از بین رفتن ریسک وارداتی ذرت ایران نیست. کاهش این نوع ریسک وارداتی، از طریق انتخاب صحیح کشورهای مبدأ واردات و کاهش وابستگی بیش از حد به برخی کشورها - خصوصاً کشورهایی که وزن ریسکی بالایی دارند - امکان‌پذیر خواهد بود؛ در حقیقت به جای افزایش تنوع کشورها، لازم است از طریق واردات ذرت از کشورهایی با وزن ریسک کمتر مانند کشور سنگاپور به کاهش ریسک غیر سیستماتیک واردات ذرت به ایران کمک کرد.

**واژه‌های کلیدی:** ریسک سیستماتیک، ریسک غیرسیستماتیک، نظریه پرتفوی، واردات ذرت

## مقدمه

آبی از بین محصولات زراعی مربوط به ذرت علوفه‌ای با تولید حدود ۱۱/۶ میلیون تن با سهم ۱۵/۵ درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی است. اما با این حجم از تولید، همچنان نیاز به واردات این محصول وجود دارد. شکل ۱، حجم واردات ذرت دامی در دوره زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد. واردات ذرت از کشورهای مختلف آسیایی و اروپایی از جمله سوئیس، امارات، انگلیس، هلند انجام می‌شود که توسط تعدادی از شرکت‌های واردکننده فعال در این زمینه صورت می‌گیرد. ایران به‌طور متوسط در سال ۱۳۹۶ بیش از ۹ میلیون تن از این محصول را وارد کرده است (شکل ۱) که بعد از کشورهای ژاپن، کره، مکزیک، مصر و چین قرار دارد (۲).

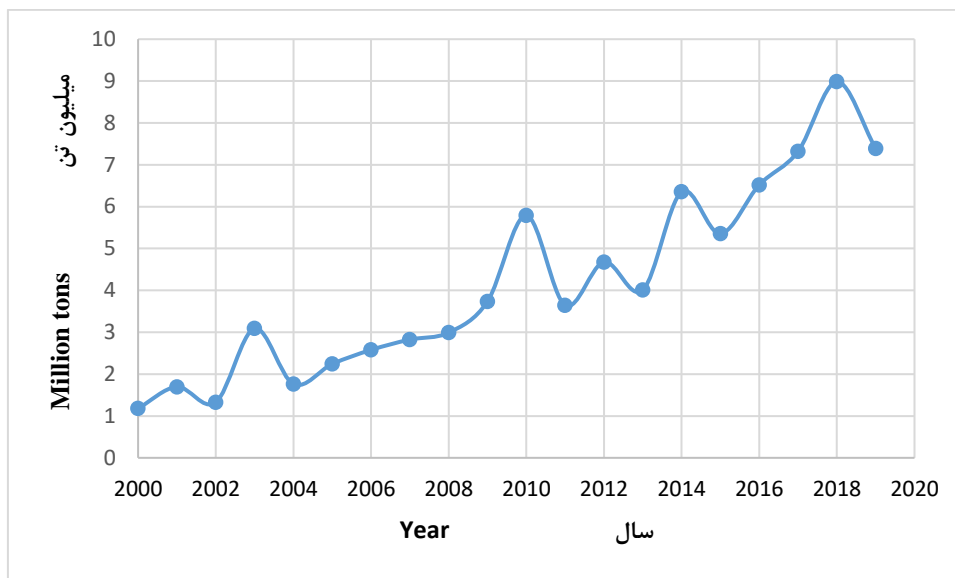
ذرت یکی از پرمصرف‌ترین غلات در ایران، به عنوان غذای انسان و همچنین غذای دام و طیور مورد استفاده قرار می‌گیرد. ذرت دامی، نقش مهمی در توسعه صنعت تولید دام و طیور دارد. به عبارت دیگر، تقاضاکنندگان اصلی ذرت دامی، فعالان حوزه تولید در این صنعت هستند اما تنها بخشی از نیاز داخلی این محصول در ایران تولید می‌شود و کشور در زمینه تأمین نیاز کامل تولیدکنندگان به بازار جهانی و واردات نیز وابسته است. وابستگی به واردات برای محصول استراتژیکی مانند ذرت باعث ایجاد ریسک در تولید صنعت مهم دام و طیور خواهد شد. بر این اساس، یکی از مشکلات عمده این گروه از تولیدکنندگان نوسانات قیمت ذرت و نوسانات در حجم عرضه این محصول به عنوان نهاده اولیه است.

بر اساس آمار، در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ بیش‌ترین میزان تولید

(Email: f.fathi@shirazu.ac.ir

\*) - نویسنده مسئول:

۱ و ۲ - به ترتیب استادیار و دکتری بخش اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران



شکل ۱- حجم واردات ذرت برای دوره زمانی ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۷ (میلیون تن)  
Figure 1- Volume of Iran's corn imports from 2000 to 2019 (Million tons)

اگرچه بیشتر در مطالعات مربوط به شناسایی ریسک در بازارهای مالی استفاده شده اما به تدریج در سایر حوزه‌ها نیز مورد توجه قرار گرفته است. این مطالب در مورد کاهش ریسک واردات نیز می‌تواند مطرح شود به نحوی که بسیاری از مطالعات، تنوع‌سازی منابع وارداتی را به عنوان بهترین معیار برای کاهش ریسک در کشورهای واردکننده در نظر گرفته‌اند. از آن جمله، می‌توان به مطالعات یرجین (۱۳)، استاکس (۱۰) و ویودو (۱۰) اشاره کرد که استراتژی تنوع شرکای تجاری در بحث واردات انرژی را مطرح کردند که منجر به کاهش ریسک و تأمین امنیت واردات برای کشورهای واردکننده شد. شناسایی و محاسبه ریسک سیستماتیک و غیر سیستماتیک با استفاده از MPT نیز در مطالعات وایبر و اموسا (۱۲) و جی و فن (۳) صورت گرفته است که بر مبنای آن ریسک واردات نفت خام از طریق تنوع‌بخشی شرکای تجاری به حداقل رسیده است.

مطالعات مختلفی در ایران نیز ریسک واردات را مورد بررسی قرار دادند از جمله ایزدی و شفییعی (۵) که به ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک واردات کالا به منظور مدیریت آثار تحریم پرداختند و ریسک‌های مرتبط با پرداخت نکردن به موقع ارز به شرکت‌های تأمین‌کننده خارجی، مسیرهای نامطمئن انتقال ارز و مباحث حمل‌ونقل را مورد بررسی قرار دادند و استراتژی‌های مواجهه با ریسک‌ها را پیشنهاد نمودند. پندار و همکاران (۸) به مدیریت ریسک قیمتی واردات دلنه روغنی سویا به وسیله بازارهای آتی پرداختند. با توجه به اینکه قیمت این کالا در بازار جهانی در نوسان است، متقاضیان آن با ریسک قیمت مواجه‌اند که در این مطالعه شرکت در بازارهای آتی بورس تجاری

ایران به واردات ذرت دامی وابستگی بالایی دارد و همین امر مواجهه با ریسک واردات ذرت را برای ایران بیشتر می‌کند. ریسک واردات می‌تواند ناشی از رفتار کشورهای صادرکننده ذرت و همچنین نوسانات قیمت در بازار جهانی باشد. به عبارت دیگر، ریسک واردات ذرت برای ایران از طریق نوسانات شدید قیمت و تصمیمات اقتصادی-سیاسی طرف‌های صادرکننده ایجاد می‌گردد. امنیت واردات به معنی تأمین مداوم محصول با قیمت مناسب است. عدم تأمین مطمئن نیاز داخلی ذرت از طریق واردات می‌تواند بر عرضه محصولاتی همچون انواع گوشت و تخم‌مرغ اثرات سوء بگذارد و هرساله قیمت انواع گوشت و تخم‌مرغ را با نوسانات شدید مواجه نماید چون نوسان قیمت دلنه‌های وارداتی، بعنوان نهاده تولید بر عرضه محصول نهایی نیز اثرگذار خواهد بود. بنابراین با توجه به نقش حیاتی ذرت در تأمین خوراک دام، ریسک واردات ذرت به ایران باعث بروز ریسک در تولید صنعت دام و طیور کشور نیز خواهد شد و کاهش ریسک واردات ذرت، یکی از اقدامات برای اطمینان از تأمین این نهاده مهم برای کشور است و برای کاهش و مدیریت ریسک لازم است که ماهیت انواع ریسک شناسایی شود. یکی از راه‌های شناخت و بررسی ریسک واردات استفاده از تئوری پرتفوی می‌باشد (۳).

تئوری پرتفوی مدرن<sup>۱</sup> (MPT) ابتدا توسط مارکوویتز (۷) در سال ۱۹۵۲ مطرح شد. در تئوری پرتفوی، سرمایه‌گذاران با ایجاد تنوع، ریسک را به حداقل می‌رسانند تا یک بازده نسبتاً کم ریسک را دریافت کنند. MPT با کمی‌سازی ریسک، بهترین استراتژی تنوع را با استفاده از یک مدل میانگین واریانس پیشنهاد می‌دهد (۴). تئوری پرتفوی

برای تعیین ریسک است بر اساس این تئوری، ریسک پرتفوی<sup>۱</sup> شامل دو نوع ریسک سیستماتیک<sup>۲</sup> و غیرسیستماتیک (ریسک مشخص)<sup>۳</sup> است. ریسک سیستماتیک به کل سیستم مرتبط است، نه فقط به یک مورد خاص، این نوع ریسک را ریسک بتا یا ریسک بازار نیز می‌گویند. بر این اساس، ریسک واردات ذرت ایران نیز به دو دسته ریسک سیستماتیک و ریسک غیر سیستماتیک تفکیک می‌شود (۳ و ۱۲). ریسک سیستماتیک واردات ذرت ناشی از نوسانات غیرقابل پیش‌بینی قیمت جهانی است و همه کشورهای واردکننده این محصول در معرض این نوع ریسک قرار دارند و چون این نوع ریسک متأثر از نوسانات قیمت جهانی است، نمی‌توان با اقدامات و یا راهکارهای تنوع بخشی از بروز آن جلوگیری کرد. قیمت جهانی ذرت، هنگامی که تقاضای جهانی به سرعت رشد می‌کند و فصل برداشت ذرت و عرضه آن در کشورهای عمده صادرکننده ذرت نیست، دچار نوسان می‌شود و عدم تعادل در عرضه و تقاضا به وجود می‌آید. یکی دیگر از علل تغییر در قیمت جهانی، بروز نوسانات در عرضه ذرت به بازار جهانی توسط کشورهای بزرگ صادرکننده ذرت است. از آنجاکه، این نوسانات در سراسر جهان است با ایجاد تنوع از کشورهای واردکننده نمی‌توان از ریسکی که ایجاد شده جلوگیری نمود (۳).

ریسک غیرسیستماتیک یا ریسک مشخص واردات ذرت به ریسک ناشی از عدم موفقیت کشورهای صادرکننده ذرت در تأمین ذرت کشورهای واردکننده اشاره دارد. هنگامی که یک کشور صادرکننده به دلیل سیاست‌های داخلی خود، شرایط آب و هوایی، اتفاقات یا عوامل دیگر صادرات خود را متوقف کند، این امر ریسک‌هایی را برای کشورهای واردکننده به همراه خواهد داشت (۱۲). این شکست‌ها، منجر به بروز ریسک غیرسیستماتیک یا ریسک خاص برای کشور واردکننده محصول می‌شود. از آنجاکه چنین شکست‌هایی نمی‌توانند به‌طور هم‌زمان در همه کشورها اتفاق بیفتند و بیشتر آن‌ها اثرات تأخیری بر قیمت جهانی ذرت دارد برای بررسی وضعیت پرتفوی کشورهای که ایران از آن‌ها واردات ذرت دارد، لازم است شاخص تنوع<sup>۴</sup> محاسبه شود. پرتفوی لحاظ شده در این مطالعه، براساس شرکای تجاری دوره مورد بررسی در نظر گرفته شده است. اگر شاخص تنوع برابر با یک باشد، نشان‌دهنده وابستگی واردات ذرت به یک منبع وارداتی است و عدد غیر از یک این شاخص نشان می‌دهد که تنوع کشورهای تأمین‌کننده وجود دارد. ایران، به عنوان یکی از بزرگترین کشورهای واردکننده ذرت، از بیش از ۲۵ کشور واردات انجام می‌دهد که نسبت وارداتی از هر کشور متفاوت است. برای ارزیابی درجه تنوع،

شیکاگو و اتخاذ استراتژی خرید آتی دانه روغنی سویا، به عنوان یک ابزار پوشش ریسک قیمتی واردات این محصول مورد بررسی قرار گرفت و به کمک دو الگوی «حداقل واریانس» و «میانگین واریانس» نرخ بهینه پوشش ریسک استخراج نمودند. در مطالعه‌ای دیگر پیش‌بهار و همکاران (۹)، نیز اتخاذ استراتژی خرید آتی دانه روغنی سویا، به عنوان یک ابزار پوشش ریسک قیمتی واردات این محصول را مورد بررسی قرار دادند و به کمک دو الگوی «حداقل واریانس» و «میانگین واریانس» نرخ بهینه پوشش ریسک را استخراج نمودند. بر اساس نتایج آنان بازار آتی می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب برای مدیریت ریسک قیمت برای واردکنندگان دانه سویا مورد بهره‌برداری قرار گیرد به طوری که، اگر واردکنندگان معادل ۹۶ درصد نیاز وارداتی خود را در قالب قراردادهای آتی عمل نمایند آن‌ها قادر خواهند بود ریسک قیمت را به میزان ۴۵ درصد کاهش دهند. خداوردی و همکاران (۶) به ارائه الگوی قرارداد شبه آتی به منظور پوشش ریسک قیمتی واردکنندگان محصولات کشاورزی در ایران پرداختند تا بدین وسیله بتوانند از نتایج منفی نوسانات قیمت جلوگیری نمایند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که در صورت استفاده از قرارداد شبه آتی، نرخ بهینه پوشش ریسک برای محصول دانه سویا و ذرت به ترتیب برابر با ۰/۸۴۹ و ۰/۹۰۶۵ و کارایی پوشش ریسک به ترتیب ۸۲ و ۷۸ درصد است.

در مطالعات ارائه شده به بررسی مدیریت ریسک پرداخته شده و نوع ریسک مشخص نشده است که آیا ریسک واردات تحت تأثیر بازار داخلی و یا بین‌المللی است. اما مطالعه حاضر، در پی پاسخگویی به این سئوالات است که واردات ذرت دامی ایران تحت تأثیر چه نوع ریسک‌هایی قرار دارد و ارتباط بین قیمت جهانی و قیمت وارداتی تا چه حد می‌تواند بر ریسک واردات ذرت ایران اثرگذار باشد و آیا تنوع بخشی به شرکای تجاری می‌تواند ریسک واردات ذرت ایران را کاهش دهد یا خیر. بنابراین، در مطالعه کنونی به بررسی و مشخص نمودن نوع ریسک (سیستماتیک و غیر سیستماتیک) واردات محصول استراتژیک ذرت دامی با استفاده از تئوری پرتفوی پرداخته شده است. شناسایی ماهیت ریسک واردات این محصول کمک می‌کند تا از طریق مدیریت ریسک، به متعادل نمودن ریسک تامین نهاده بخش دام و طیور پرداخته و به کاهش ریسک عرضه دام و طیور نیز کمک نمود.

### مبانی نظری و روش تحقیق

در این مطالعه، برای تعیین و شناسایی ریسک واردات ذرت دامی به ایران از تئوری پرتفوی استفاده شد. تئوری پرتفوی یک ابزار قوی

3- Specific Risk  
4- Diversification Index

1- Portfolio Risks  
2- Systematic Risks



ایران در رابطه (۵) مشخص شده است،  $\sigma_{eti}$  ضریب همبستگی قیمت ذرت بین کشورهای  $i$  و  $j$  که منبع وارداتی ذرت است و  $\sigma_{eti}$  انحراف معیار خطای کشور مبدأ  $i$  است. محاسبه ضریب همبستگی بر اساس داده‌های سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۷ در نظر گرفته شده است (۳ و ۱۲):

$$\sigma_{cet}^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ti} \sigma_{eti} Q_{tj} \sigma_{etj} r_{ij} \quad (5)$$

در مطالعه حاضر از وزن دهی به منظور نشان دادن میزان تأثیر کشور صادرکننده ذرت بر ریسک واردات ذرت استفاده می‌شود.  $\omega_i$  وزن صادراتی کشور  $k$  بر روی ریسک واردات ذرت در نظر گرفته شد. شاخص سهولت انجام کسب‌وکار<sup>۲</sup> به منظور محاسبه وزن ریسک برای هر یک از شاخصهای ریسک لحاظ شد که این وزن در رابطه (۶) مشخص شده است. یک شاخص جامع است که توسط بانک جهانی برای انجام ارزیابی کمی از فضای سرمایه‌گذاری تجاری یک کشور ایجاد شده است.  $\omega_i$  شاخص سهولت کسب‌وکار است که از عدد ۱ تا ۱۸۳ در نظر گرفته شده است و این عدد مخفف رتبه‌بندی اقتصادی است و رتبه اول بهترین از نظر سهولت و رتبه‌بندی بالا به این معنی است که نظارت برای فعالیتهای تجاری زیاد است. این شاخص میانگین ساده رتبه‌بندی صد کشور را در ده موضوع تحت پوشش "انجام تجارت" بانک جهانی گزارش می‌دهد (۳، ۱۲ و ۱۴):

$$\omega_i = \sqrt{\frac{EI_i - 1}{182}} \quad (6)$$

در این رابطه  $\omega_i$  وزن ریسک برای کشور  $i$  است، که ایران از آن‌ها ذرت وارد می‌کند.  $EI_i$  شاخص سهولت کسب‌وکار تجارت کشور  $i$  است. بنابراین رابطه (۵) را با اعمال وزن به هر کشور به صورت رابطه (۷) می‌توان بازنویسی نمود (۳، ۱۱ و ۱۲):

$$\sigma_{cet}^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ti} \omega_i \sigma_{eti} Q_{tj} \omega_j \sigma_{etj} r_{ij} \quad (7)$$

رشد سریع اقتصادی، واردات ذرت را سال به سال افزایش می‌دهد. با رشد حجم واردات و قیمت، ریسک سیستماتیک و ریسک غیرسیستماتیک نیز به سرعت رشد می‌کنند و اعتبار رابطه (۴) که بر مبنای مقدار است را دچار مشکل می‌نماید از این‌رو برای حل این مشکل، نسبت واردات از کشورهای مبدأ به کل حجم واردات از یک کشور ( $S_{eti}^2$ ) جایگزین شد و ریسک سیستماتیک به صورت رابطه (۸) ارائه شد. در این رابطه  $S_{eti}$  سهم وارداتی ذرت از کشور  $i$  در سال  $t$  به کل حجم واردات ایران در سال  $t$  است. بنابراین شاخص ریسک سیستماتیک بر اساس رابطه (۸) مورد محاسبه قرار گرفت (۳ و ۱۲):

در این مقاله از روش هیرشمن-هرفیندال<sup>۱</sup> استفاده شد. هرچه ارزش شاخص که در رابطه (۱) مشخص شده بزرگ‌تر و نزدیک به یک باشد، تنوع منابع وارداتی کمتر است و بالعکس (۱).

$$I_d = \sqrt{\sum_{i=1}^m S_i^2} \quad (1)$$

در رابطه فوق،  $I_d$  مخفف شاخص تنوع واردات محصول ذرت دامی ایران است،  $S_i$  سهم واردات ذرت ایران از کشور  $i$  است.  $m$  تعداد کشورهای که ایران واردات ذرت دامی را از آنجا انجام می‌دهد.

قیمت وارداتی ذرت ایران، تحت تأثیر عامل اصلی قیمت جهانی ذرت است، البته سایر شرایط همچون فاصله و کیفیت ذرت از کشور صادرکننده نیز بر آن اثر دارد. اما جهت تعیین ریسک سیستماتیک رابطه‌ی بین قیمت واردات ذرت ایران و قیمت جهانی ذرت بر اساس رابطه (۲) مشخص شده است (۳ و ۱۲):

$$P_c = \beta_0 + \beta_1 P_b + \varepsilon \quad (2)$$

$P_c$ ، قیمت ماهانه ذرت وارداتی به ایران (دلار/کیلوگرم) و  $P_b$  قیمت ماهانه جهانی ذرت (دلار/کیلوگرم) است،  $\varepsilon$  جمله پسماند است،  $\beta_0$ ،  $\beta_1$ ،  $\beta_2$ ،  $\beta_3$ ،  $\beta_4$ ،  $\beta_5$ ،  $\beta_6$ ،  $\beta_7$ ،  $\beta_8$ ،  $\beta_9$ ،  $\beta_{10}$ ،  $\beta_{11}$ ،  $\beta_{12}$ ،  $\beta_{13}$ ،  $\beta_{14}$ ،  $\beta_{15}$ ،  $\beta_{16}$ ،  $\beta_{17}$ ،  $\beta_{18}$ ،  $\beta_{19}$ ،  $\beta_{20}$ ،  $\beta_{21}$ ،  $\beta_{22}$ ،  $\beta_{23}$ ،  $\beta_{24}$ ،  $\beta_{25}$ ،  $\beta_{26}$ ،  $\beta_{27}$ ،  $\beta_{28}$ ،  $\beta_{29}$ ،  $\beta_{30}$ ،  $\beta_{31}$ ،  $\beta_{32}$ ،  $\beta_{33}$ ،  $\beta_{34}$ ،  $\beta_{35}$ ،  $\beta_{36}$ ،  $\beta_{37}$ ،  $\beta_{38}$ ،  $\beta_{39}$ ،  $\beta_{40}$ ،  $\beta_{41}$ ،  $\beta_{42}$ ،  $\beta_{43}$ ،  $\beta_{44}$ ،  $\beta_{45}$ ،  $\beta_{46}$ ،  $\beta_{47}$ ،  $\beta_{48}$ ،  $\beta_{49}$ ،  $\beta_{50}$ ،  $\beta_{51}$ ،  $\beta_{52}$ ،  $\beta_{53}$ ،  $\beta_{54}$ ،  $\beta_{55}$ ،  $\beta_{56}$ ،  $\beta_{57}$ ،  $\beta_{58}$ ،  $\beta_{59}$ ،  $\beta_{60}$ ،  $\beta_{61}$ ،  $\beta_{62}$ ،  $\beta_{63}$ ،  $\beta_{64}$ ،  $\beta_{65}$ ،  $\beta_{66}$ ،  $\beta_{67}$ ،  $\beta_{68}$ ،  $\beta_{69}$ ،  $\beta_{70}$ ،  $\beta_{71}$ ،  $\beta_{72}$ ،  $\beta_{73}$ ،  $\beta_{74}$ ،  $\beta_{75}$ ،  $\beta_{76}$ ،  $\beta_{77}$ ،  $\beta_{78}$ ،  $\beta_{79}$ ،  $\beta_{80}$ ،  $\beta_{81}$ ،  $\beta_{82}$ ،  $\beta_{83}$ ،  $\beta_{84}$ ،  $\beta_{85}$ ،  $\beta_{86}$ ،  $\beta_{87}$ ،  $\beta_{88}$ ،  $\beta_{89}$ ،  $\beta_{90}$ ،  $\beta_{91}$ ،  $\beta_{92}$ ،  $\beta_{93}$ ،  $\beta_{94}$ ،  $\beta_{95}$ ،  $\beta_{96}$ ،  $\beta_{97}$ ،  $\beta_{98}$ ،  $\beta_{99}$ ،  $\beta_{100}$ ،  $\beta_{101}$ ،  $\beta_{102}$ ،  $\beta_{103}$ ،  $\beta_{104}$ ،  $\beta_{105}$ ،  $\beta_{106}$ ،  $\beta_{107}$ ،  $\beta_{108}$ ،  $\beta_{109}$ ،  $\beta_{110}$ ،  $\beta_{111}$ ،  $\beta_{112}$ ،  $\beta_{113}$ ،  $\beta_{114}$ ،  $\beta_{115}$ ،  $\beta_{116}$ ،  $\beta_{117}$ ،  $\beta_{118}$ ،  $\beta_{119}$ ،  $\beta_{120}$ ،  $\beta_{121}$ ،  $\beta_{122}$ ،  $\beta_{123}$ ،  $\beta_{124}$ ،  $\beta_{125}$ ،  $\beta_{126}$ ،  $\beta_{127}$ ،  $\beta_{128}$ ،  $\beta_{129}$ ،  $\beta_{130}$ ،  $\beta_{131}$ ،  $\beta_{132}$ ،  $\beta_{133}$ ،  $\beta_{134}$ ،  $\beta_{135}$ ،  $\beta_{136}$ ،  $\beta_{137}$ ،  $\beta_{138}$ ،  $\beta_{139}$ ،  $\beta_{140}$ ،  $\beta_{141}$ ،  $\beta_{142}$ ،  $\beta_{143}$ ،  $\beta_{144}$ ،  $\beta_{145}$ ،  $\beta_{146}$ ،  $\beta_{147}$ ،  $\beta_{148}$ ،  $\beta_{149}$ ،  $\beta_{150}$ ،  $\beta_{151}$ ،  $\beta_{152}$ ،  $\beta_{153}$ ،  $\beta_{154}$ ،  $\beta_{155}$ ،  $\beta_{156}$ ،  $\beta_{157}$ ،  $\beta_{158}$ ،  $\beta_{159}$ ،  $\beta_{160}$ ،  $\beta_{161}$ ،  $\beta_{162}$ ،  $\beta_{163}$ ،  $\beta_{164}$ ،  $\beta_{165}$ ،  $\beta_{166}$ ،  $\beta_{167}$ ،  $\beta_{168}$ ،  $\beta_{169}$ ،  $\beta_{170}$ ،  $\beta_{171}$ ،  $\beta_{172}$ ،  $\beta_{173}$ ،  $\beta_{174}$ ،  $\beta_{175}$ ،  $\beta_{176}$ ،  $\beta_{177}$ ،  $\beta_{178}$ ،  $\beta_{179}$ ،  $\beta_{180}$ ،  $\beta_{181}$ ،  $\beta_{182}$ ،  $\beta_{183}$ ،  $\beta_{184}$ ،  $\beta_{185}$ ،  $\beta_{186}$ ،  $\beta_{187}$ ،  $\beta_{188}$ ،  $\beta_{189}$ ،  $\beta_{190}$ ،  $\beta_{191}$ ،  $\beta_{192}$ ،  $\beta_{193}$ ،  $\beta_{194}$ ،  $\beta_{195}$ ،  $\beta_{196}$ ،  $\beta_{197}$ ،  $\beta_{198}$ ،  $\beta_{199}$ ،  $\beta_{200}$ ،  $\beta_{201}$ ،  $\beta_{202}$ ،  $\beta_{203}$ ،  $\beta_{204}$ ،  $\beta_{205}$ ،  $\beta_{206}$ ،  $\beta_{207}$ ،  $\beta_{208}$ ،  $\beta_{209}$ ،  $\beta_{210}$ ،  $\beta_{211}$ ،  $\beta_{212}$ ،  $\beta_{213}$ ،  $\beta_{214}$ ،  $\beta_{215}$ ،  $\beta_{216}$ ،  $\beta_{217}$ ،  $\beta_{218}$ ،  $\beta_{219}$ ،  $\beta_{220}$ ،  $\beta_{221}$ ،  $\beta_{222}$ ،  $\beta_{223}$ ،  $\beta_{224}$ ،  $\beta_{225}$ ،  $\beta_{226}$ ،  $\beta_{227}$ ،  $\beta_{228}$ ،  $\beta_{229}$ ،  $\beta_{230}$ ،  $\beta_{231}$ ،  $\beta_{232}$ ،  $\beta_{233}$ ،  $\beta_{234}$ ،  $\beta_{235}$ ،  $\beta_{236}$ ،  $\beta_{237}$ ،  $\beta_{238}$ ،  $\beta_{239}$ ،  $\beta_{240}$ ،  $\beta_{241}$ ،  $\beta_{242}$ ،  $\beta_{243}$ ،  $\beta_{244}$ ،  $\beta_{245}$ ،  $\beta_{246}$ ،  $\beta_{247}$ ،  $\beta_{248}$ ،  $\beta_{249}$ ،  $\beta_{250}$ ،  $\beta_{251}$ ،  $\beta_{252}$ ،  $\beta_{253}$ ،  $\beta_{254}$ ،  $\beta_{255}$ ،  $\beta_{256}$ ،  $\beta_{257}$ ،  $\beta_{258}$ ،  $\beta_{259}$ ،  $\beta_{260}$ ،  $\beta_{261}$ ،  $\beta_{262}$ ،  $\beta_{263}$ ،  $\beta_{264}$ ،  $\beta_{265}$ ،  $\beta_{266}$ ،  $\beta_{267}$ ،  $\beta_{268}$ ،  $\beta_{269}$ ،  $\beta_{270}$ ،  $\beta_{271}$ ،  $\beta_{272}$ ،  $\beta_{273}$ ،  $\beta_{274}$ ،  $\beta_{275}$ ،  $\beta_{276}$ ،  $\beta_{277}$ ،  $\beta_{278}$ ،  $\beta_{279}$ ،  $\beta_{280}$ ،  $\beta_{281}$ ،  $\beta_{282}$ ،  $\beta_{283}$ ،  $\beta_{284}$ ،  $\beta_{285}$ ،  $\beta_{286}$ ،  $\beta_{287}$ ،  $\beta_{288}$ ،  $\beta_{289}$ ،  $\beta_{290}$ ،  $\beta_{291}$ ،  $\beta_{292}$ ،  $\beta_{293}$ ،  $\beta_{294}$ ،  $\beta_{295}$ ،  $\beta_{296}$ ،  $\beta_{297}$ ،  $\beta_{298}$ ،  $\beta_{299}$ ،  $\beta_{300}$ ،  $\beta_{301}$ ،  $\beta_{302}$ ،  $\beta_{303}$ ،  $\beta_{304}$ ،  $\beta_{305}$ ،  $\beta_{306}$ ،  $\beta_{307}$ ،  $\beta_{308}$ ،  $\beta_{309}$ ،  $\beta_{310}$ ،  $\beta_{311}$ ،  $\beta_{312}$ ،  $\beta_{313}$ ،  $\beta_{314}$ ،  $\beta_{315}$ ،  $\beta_{316}$ ،  $\beta_{317}$ ،  $\beta_{318}$ ،  $\beta_{319}$ ،  $\beta_{320}$ ،  $\beta_{321}$ ،  $\beta_{322}$ ،  $\beta_{323}$ ،  $\beta_{324}$ ،  $\beta_{325}$ ،  $\beta_{326}$ ،  $\beta_{327}$ ،  $\beta_{328}$ ،  $\beta_{329}$ ،  $\beta_{330}$ ،  $\beta_{331}$ ،  $\beta_{332}$ ،  $\beta_{333}$ ،  $\beta_{334}$ ،  $\beta_{335}$ ،  $\beta_{336}$ ،  $\beta_{337}$ ،  $\beta_{338}$ ،  $\beta_{339}$ ،  $\beta_{340}$ ،  $\beta_{341}$ ،  $\beta_{342}$ ،  $\beta_{343}$ ،  $\beta_{344}$ ،  $\beta_{345}$ ،  $\beta_{346}$ ،  $\beta_{347}$ ،  $\beta_{348}$ ،  $\beta_{349}$ ،  $\beta_{350}$ ،  $\beta_{351}$ ،  $\beta_{352}$ ،  $\beta_{353}$ ،  $\beta_{354}$ ،  $\beta_{355}$ ،  $\beta_{356}$ ،  $\beta_{357}$ ،  $\beta_{358}$ ،  $\beta_{359}$ ،  $\beta_{360}$ ،  $\beta_{361}$ ،  $\beta_{362}$ ،  $\beta_{363}$ ،  $\beta_{364}$ ،  $\beta_{365}$ ،  $\beta_{366}$ ،  $\beta_{367}$ ،  $\beta_{368}$ ،  $\beta_{369}$ ،  $\beta_{370}$ ،  $\beta_{371}$ ،  $\beta_{372}$ ،  $\beta_{373}$ ،  $\beta_{374}$ ،  $\beta_{375}$ ،  $\beta_{376}$ ،  $\beta_{377}$ ،  $\beta_{378}$ ،  $\beta_{379}$ ،  $\beta_{380}$ ،  $\beta_{381}$ ،  $\beta_{382}$ ،  $\beta_{383}$ ،  $\beta_{384}$ ،  $\beta_{385}$ ،  $\beta_{386}$ ،  $\beta_{387}$ ،  $\beta_{388}$ ،  $\beta_{389}$ ،  $\beta_{390}$ ،  $\beta_{391}$ ،  $\beta_{392}$ ،  $\beta_{393}$ ،  $\beta_{394}$ ،  $\beta_{395}$ ،  $\beta_{396}$ ،  $\beta_{397}$ ،  $\beta_{398}$ ،  $\beta_{399}$ ،  $\beta_{400}$ ،  $\beta_{401}$ ،  $\beta_{402}$ ،  $\beta_{403}$ ،  $\beta_{404}$ ،  $\beta_{405}$ ،  $\beta_{406}$ ،  $\beta_{407}$ ،  $\beta_{408}$ ،  $\beta_{409}$ ،  $\beta_{410}$ ،  $\beta_{411}$ ،  $\beta_{412}$ ،  $\beta_{413}$ ،  $\beta_{414}$ ،  $\beta_{415}$ ،  $\beta_{416}$ ،  $\beta_{417}$ ،  $\beta_{418}$ ،  $\beta_{419}$ ،  $\beta_{420}$ ،  $\beta_{421}$ ،  $\beta_{422}$ ،  $\beta_{423}$ ،  $\beta_{424}$ ،  $\beta_{425}$ ،  $\beta_{426}$ ،  $\beta_{427}$ ،  $\beta_{428}$ ،  $\beta_{429}$ ،  $\beta_{430}$ ،  $\beta_{431}$ ،  $\beta_{432}$ ،  $\beta_{433}$ ،  $\beta_{434}$ ،  $\beta_{435}$ ،  $\beta_{436}$ ،  $\beta_{437}$ ،  $\beta_{438}$ ،  $\beta_{439}$ ،  $\beta_{440}$ ،  $\beta_{441}$ ،  $\beta_{442}$ ،  $\beta_{443}$ ،  $\beta_{444}$ ،  $\beta_{445}$ ،  $\beta_{446}$ ،  $\beta_{447}$ ،  $\beta_{448}$ ،  $\beta_{449}$ ،  $\beta_{450}$ ،  $\beta_{451}$ ،  $\beta_{452}$ ،  $\beta_{453}$ ،  $\beta_{454}$ ،  $\beta_{455}$ ،  $\beta_{456}$ ،  $\beta_{457}$ ،  $\beta_{458}$ ،  $\beta_{459}$ ،  $\beta_{460}$ ،  $\beta_{461}$ ،  $\beta_{462}$ ،  $\beta_{463}$ ،  $\beta_{464}$ ،  $\beta_{465}$ ،  $\beta_{466}$ ،  $\beta_{467}$ ،  $\beta_{468}$ ،  $\beta_{469}$ ،  $\beta_{470}$ ،  $\beta_{471}$ ،  $\beta_{472}$ ،  $\beta_{473}$ ،  $\beta_{474}$ ،  $\beta_{475}$ ،  $\beta_{476}$ ،  $\beta_{477}$ ،  $\beta_{478}$ ،  $\beta_{479}$ ،  $\beta_{480}$ ،  $\beta_{481}$ ،  $\beta_{482}$ ،  $\beta_{483}$ ،  $\beta_{484}$ ،  $\beta_{485}$ ،  $\beta_{486}$ ،  $\beta_{487}$ ،  $\beta_{488}$ ،  $\beta_{489}$ ،  $\beta_{490}$ ،  $\beta_{491}$ ،  $\beta_{492}$ ،  $\beta_{493}$ ،  $\beta_{494}$ ،  $\beta_{495}$ ،  $\beta_{496}$ ،  $\beta_{497}$ ،  $\beta_{498}$ ،  $\beta_{499}$ ،  $\beta_{500}$ ،  $\beta_{501}$ ،  $\beta_{502}$ ،  $\beta_{503}$ ،  $\beta_{504}$ ،  $\beta_{505}$ ،  $\beta_{506}$ ،  $\beta_{507}$ ،  $\beta_{508}$ ،  $\beta_{509}$ ،  $\beta_{510}$ ،  $\beta_{511}$ ،  $\beta_{512}$ ،  $\beta_{513}$ ،  $\beta_{514}$ ،  $\beta_{515}$ ،  $\beta_{516}$ ،  $\beta_{517}$ ،  $\beta_{518}$ ،  $\beta_{519}$ ،  $\beta_{520}$ ،  $\beta_{521}$ ،  $\beta_{522}$ ،  $\beta_{523}$ ،  $\beta_{524}$ ،  $\beta_{525}$ ،  $\beta_{526}$ ،  $\beta_{527}$ ،  $\beta_{528}$ ،  $\beta_{529}$ ،  $\beta_{530}$ ،  $\beta_{531}$ ،  $\beta_{532}$ ،  $\beta_{533}$ ،  $\beta_{534}$ ،  $\beta_{535}$ ،  $\beta_{536}$ ،  $\beta_{537}$ ،  $\beta_{538}$ ،  $\beta_{539}$ ،  $\beta_{540}$ ،  $\beta_{541}$ ،  $\beta_{542}$ ،  $\beta_{543}$ ،  $\beta_{544}$ ،  $\beta_{545}$ ،  $\beta_{546}$ ،  $\beta_{547}$ ،  $\beta_{548}$ ،  $\beta_{549}$ ،  $\beta_{550}$ ،  $\beta_{551}$ ،  $\beta_{552}$ ،  $\beta_{553}$ ،  $\beta_{554}$ ،  $\beta_{555}$ ،  $\beta_{556}$ ،  $\beta_{557}$ ،  $\beta_{558}$ ،  $\beta_{559}$ ،  $\beta_{560}$ ،  $\beta_{561}$ ،  $\beta_{562}$ ،  $\beta_{563}$ ،  $\beta_{564}$ ،  $\beta_{565}$ ،  $\beta_{566}$ ،  $\beta_{567}$ ،  $\beta_{568}$ ،  $\beta_{569}$ ،  $\beta_{570}$ ،  $\beta_{571}$ ،  $\beta_{572}$ ،  $\beta_{573}$ ،  $\beta_{574}$ ،  $\beta_{575}$ ،  $\beta_{576}$ ،  $\beta_{577}$ ،  $\beta_{578}$ ،  $\beta_{579}$ ،  $\beta_{580}$ ،  $\beta_{581}$ ،  $\beta_{582}$ ،  $\beta_{583}$ ،  $\beta_{584}$ ،  $\beta_{585}$ ،  $\beta_{586}$ ،  $\beta_{587}$ ،  $\beta_{588}$ ،  $\beta_{589}$ ،  $\beta_{590}$ ،  $\beta_{591}$ ،  $\beta_{592}$ ،  $\beta_{593}$ ،  $\beta_{594}$ ،  $\beta_{595}$ ،  $\beta_{596}$ ،  $\beta_{597}$ ،  $\beta_{598}$ ،  $\beta_{599}$ ،  $\beta_{600}$ ،  $\beta_{601}$ ،  $\beta_{602}$ ،  $\beta_{603}$ ،  $\beta_{604}$ ،  $\beta_{605}$ ،  $\beta_{606}$ ،  $\beta_{607}$ ،  $\beta_{608}$ ،  $\beta_{609}$ ،  $\beta_{610}$ ،  $\beta_{611}$ ،  $\beta_{612}$ ،  $\beta_{613}$ ،  $\beta_{614}$ ،  $\beta_{615}$ ،  $\beta_{616}$ ،  $\beta_{617}$ ،  $\beta_{618}$ ،  $\beta_{619}$ ،  $\beta_{620}$ ،  $\beta_{621}$ ،  $\beta_{622}$ ،  $\beta_{623}$ ،  $\beta_{624}$ ،  $\beta_{625}$ ،  $\beta_{626}$ ،  $\beta_{627}$ ،  $\beta_{628}$ ،  $\beta_{629}$ ،  $\beta_{630}$ ،  $\beta_{631}$ ،  $\beta_{632}$ ،  $\beta_{633}$ ،  $\beta_{634}$ ،  $\beta_{635}$ ،  $\beta_{636}$ ،  $\beta_{637}$ ،  $\beta_{638}$ ،  $\beta_{639}$ ،  $\beta_{640}$ ،  $\beta_{641}$ ،  $\beta_{642}$ ،  $\beta_{643}$ ،  $\beta_{644}$ ،  $\beta_{645}$ ،  $\beta_{646}$ ،  $\beta_{647}$ ،  $\beta_{648}$ ،  $\beta_{649}$ ،  $\beta_{650}$ ،  $\beta_{651}$ ،  $\beta_{652}$ ،  $\beta_{653}$ ،  $\beta_{654}$ ،  $\beta_{655}$ ،  $\beta_{656}$ ،  $\beta_{657}$ ،  $\beta_{658}$ ،  $\beta_{659}$ ،  $\beta_{660}$ ،  $\beta_{661}$ ،  $\beta_{662}$ ،  $\beta_{663}$ ،  $\beta_{664}$ ،  $\beta_{665}$ ،  $\beta_{666}$ ،  $\beta_{667}$ ،  $\beta_{668}$ ،  $\beta_{669}$ ،  $\beta_{670}$ ،  $\beta_{671}$ ،  $\beta_{672}$ ،  $\beta_{673}$ ،  $\beta_{674}$ ،  $\beta_{675}$ ،  $\beta_{676}$ ،  $\beta_{677}$ ،  $\beta_{678}$ ،  $\beta_{679}$ ،  $\beta_{680}$ ،  $\beta_{681}$ ،  $\beta_{682}$ ،  $\beta_{683}$ ،  $\beta_{684}$ ،  $\beta_{685}$ ،  $\beta_{686}$ ،  $\beta_{687}$ ،  $\beta_{688}$ ،  $\beta_{689}$ ،  $\beta_{690}$ ،  $\beta_{691}$ ،  $\beta_{692}$ ،  $\beta_{693}$ ،  $\beta_{694}$ ،  $\beta_{695}$ ،  $\beta_{696}$ ،  $\beta_{697}$ ،  $\beta_{698}$ ،  $\beta_{699}$ ،  $\beta_{700}$ ،  $\beta_{701}$ ،  $\beta_{702}$ ،  $\beta_{703}$ ،  $\beta_{704}$ ،  $\beta_{705}$ ،  $\beta_{706}$ ،  $\beta_{707}$ ،  $\beta_{708}$ ،  $\beta_{709}$ ،  $\beta_{710}$ ،  $\beta_{711}$ ،  $\beta_{712}$ ،  $\beta_{713}$ ،  $\beta_{714}$ ،  $\beta_{715}$ ،  $\beta_{716}$ ،  $\beta_{717}$ ،  $\beta_{718}$ ،  $\beta_{719}$ ،  $\beta_{720}$ ،  $\beta_{721}$ ،  $\beta_{722}$ ،  $\beta_{723}$ ،  $\beta_{724}$ ،  $\beta_{725}$ ،  $\beta_{726}$ ،  $\beta_{727}$ ،  $\beta_{728}$ ،  $\beta_{729}$ ،  $\beta_{730}$ ،  $\beta_{731}$ ،  $\beta_{732}$ ،  $\beta_{733}$ ،  $\beta_{734}$ ،  $\beta_{735}$ ،  $\beta_{736}$ ،  $\beta_{737}$ ،  $\beta_{738}$ ،  $\beta_{739}$ ،  $\beta_{740}$ ،  $\beta_{741}$ ،  $\beta_{742}$ ،  $\beta_{743}$ ،  $\beta_{744}$ ،  $\beta_{745}$ ،  $\beta_{746}$ ،  $\beta_{747}$ ،  $\beta_{748}$ ،  $\beta_{749}$ ،  $\beta_{750}$ ،  $\beta_{751}$ ،  $\beta_{752}$ ،  $\beta_{753}$ ،  $\beta_{754}$ ،  $\beta_{755}$ ،  $\beta_{756}$ ،  $\beta_{757}$ ،  $\beta_{758}$ ،  $\beta_{759}$ ،  $\beta_{760}$ ،  $\beta_{761}$ ،  $\beta_{762}$ ،  $\beta_{763}$ ،  $\beta_{764}$ ،  $\beta_{765}$ ،  $\beta_{766}$ ،  $\beta_{767}$ ،  $\beta_{768}$ ،  $\beta_{769}$ ،  $\beta_{770}$ ،  $\beta_{771}$ ،  $\beta_{772}$ ،  $\beta_{773}$ ،  $\beta_{774}$ ،  $\beta_{775}$ ،  $\beta_{776}$ ،  $\beta_{777}$ ،  $\beta_{778}$ ،  $\beta_{779}$ ،  $\beta_{780}$ ،  $\beta_{781}$ ،  $\beta_{782}$ ،  $\beta_{783}$ ،  $\beta_{784}$ ،  $\beta_{785}$ ،  $\beta_{786}$ ،  $\beta_{787}$ ،  $\beta_{788}$ ،  $\beta_{789}$ ،  $\beta_{790}$ ،  $\beta_{791}$ ،  $\beta_{792}$ ،  $\beta_{793}$ ،  $\beta_{794}$ ،  $\beta_{795}$ ،  $\beta_{796}$ ،  $\beta_{797}$ ،  $\beta_{798}$ ،  $\beta_{799}$ ،  $\beta_{800}$ ،  $\beta_{801}$ ،  $\beta_{802}$ ،  $\beta_{803}$ ،  $\beta_{804}$ ،  $\beta_{805}$ ،  $\beta_{806}$ ،  $\beta_{807}$ ،  $\beta_{808}$ ،  $\beta_{809}$ ،  $\beta_{810}$ ،  $\beta_{811}$ ،  $\beta_{812}$ ،  $\beta_{813}$ ،  $\beta_{814}$ ،  $\beta_{815}$ ،  $\beta_{816}$ ،  $\beta_{817}$ ،  $\beta_{818}$ ،  $\beta_{819}$ ،  $\beta_{820}$ ،  $\beta_{821}$ ،  $\beta_{822}$ ،  $\beta_{823}$ ،  $\beta_{824}$ ،  $\beta_{825}$ ،  $\beta_{826}$ ،  $\beta_{827}$ ،  $\beta_{828}$ ،  $\beta_{829}$ ،  $\beta_{830}$ ،  $\beta_{831}$ ،  $\beta_{832}$ ،  $\beta_{833}$ ،  $\beta_{834}$ ،  $\beta_{835}$ ،  $\beta_{836}$ ،  $\beta_{837}$ ،  $\beta_{838}$ ،  $\beta_{839}$ ،  $\beta_{840}$ ،  $\beta_{841}$ ،  $\beta_{842}$ ،  $\beta_{843}$ ،  $\beta_{844}$ ،  $\beta_{845}$ ،  $\beta_{846}$ ،  $\beta_{847}$ ،  $\beta_{848}$ ،  $\beta_{849}$ ،  $\beta_{850}$ ،  $\beta_{851}$ ،  $\beta_{852}$ ،  $\beta_{853}$ ،  $\beta_{854}$ ،  $\beta_{855}$ ،  $\beta_{856}$ ،  $\beta_{857}$ ،  $\beta_{858}$ ،  $\beta_{859}$ ،  $\beta_{860}$ ،  $\beta_{861}$ ،  $\beta_{862}$ ،  $\beta_{863}$ ،  $\beta_{864}$ ،  $\beta_{865}$ ،  $\beta_{866}$ ،  $\beta_{867}$ ،  $\beta_{868}$ ،  $\beta_{869}$ ،  $\beta_{870}$ ،  $\beta_{871}$ ،  $\beta_{872}$ ،  $\beta_{873}$ ،  $\beta_{874}$ ،  $\beta_{875}$ ،  $\beta_{876}$ ،  $\beta_{877}$ ،  $\beta_{878}$ ،  $\beta_{879}$ ،  $\beta_{880}$ ،  $\beta_{881}$ ،  $\beta_{882}$ ،  $\beta_{883}$ ،  $\beta_{884}$ ،  $\beta_{885}$ ،  $\beta_{886}$ ،  $\beta_{887}$ ،  $\beta_{888}$ ،  $\beta_{889}$ ،  $\beta_{890}$ ،  $\beta_{891}$ ،  $\beta_{892}$

ممکن است به دلیل تحریم‌های اجباری ایران نیز باشد. نگاه دقیق‌تر نشان می‌دهد که شاخص تنوع در ابتدای دهه ۹۰ بالا بوده و واردات ذرت دامی به ایران نسبتاً متمرکز بود که از سال ۱۳۹۲ به بعد یعنی در پنج سال اخیر، شاخص تنوع تقریباً ثابت و در بازه ۰/۴ تا ۰/۵ است. البته باید توجه داشت که اگرچه شاخص تنوع ثابت است اما به معنی ثابت بودن ریسک واردات ذرت دامی ایران نیست بلکه برای کاهش ریسک باید سایر عوامل را نیز در نظر گرفت. لازم به ذکر است که شاخص تنوع هرچه بالاتر باشد، کشورهای طرف واردات از تنوع کمتری برخوردار است. بیش‌ترین شاخص تنوع مربوط به سال ۱۳۹۰ (۰/۶۵) است که با ۳۱ درصد کاهش در سال ۱۳۹۵ به پایین‌ترین سطح خود (۰/۴۵) می‌رسد. ایران از بیش از ۲۵ کشور ذرت دامی وارد می‌کند که بیش از ۸۵ درصد آن را از کمتر از ۱۰ کشور وارد می‌کند. در ابتدای دهه ۹۰ عمده واردات یعنی در دو سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۲ تقریباً ۹۰ درصد واردات ایران از دو کشور سوئیس و امارات تأمین می‌شود، البته این دو کشور تولیدکننده عمده ذرت نیستند و ذرت تولیدی کشورهای دیگر مانند آمریکا با پرچم این دو کشور وارد ایران می‌شود. پس از این سال حجم واردات از دو منطقه تعدیل شد و باعث شد شاخص تنوع کاهش محسوسی را داشته باشد (شکل ۲) و به یک‌باره شاخص تنوع به کمتر از ۰/۵ کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، بار تأمین ذرت وارداتی از این دو کشور امارات و سوئیس برداشته شده و بین سایر کشورهای هدف وارداتی تقسیم می‌شود، به طوری که در سال ۱۳۹۲ سه منبع جدید عرضه ذرت اضافه می‌شود و کشورهای انگلستان، هلند و برزیل نیز سهم وارداتی ذرت به ایران دارند. در سال‌های بعد از آن نیز کشورهای دیگر از جمله سنگاپور، اوکراین و ترکیه نیز سهمی را به خود اختصاص داده‌اند (جدول ۱). البته، سهم وارداتی در این سال‌ها بین این کشورها در حال چرخش است و هر سال، سهم یکی اندکی افزایش و یا کاهش می‌یابد اما ترکیب کشورهای صادرکننده ذرت دامی به ایران تقریباً ثابت است و شامل چهار کشور از قاره اروپا، سه کشور آسیای و تنها یک کشور از قاره آمریکای است.

لازم به یادآوری است که اگرچه شاخص تنوع واردات در دوره ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ تقریباً ثابت است، اما این بدان معنی نیست که خطر واردات ذرت نیز ثابت است. برای ایجاد تنوع به منظور ایفای نقش آن در کاهش ریسک واردات، بازاریابی، مباحث ژئوپلیتیک و سایر عوامل نیز باید مورد توجه قرار گیرند.

متوسط قیمت وارداتی ماهانه ذرت دامی به ایران با قیمت جهانی این محصول در شکل ۳ مقایسه شده است. روند تغییرات قیمت وارداتی با روند قیمت جهانی همسو بوده و روند مشابه را نشان می‌دهد؛ هرچند قیمت وارداتی از قیمت جهانی عقب‌تر است.

$$I_{ct} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \beta_1^2 \sigma_{bt}^2 S_{ti}^2} \quad (۸)$$

و شاخص ریسک غیرسیستماتیک نیز بر اساس رابطه (۹) تعریف شد که در آن سهم وارداتی ذرت از کشور  $i$  در سال  $t$  به کل حجم واردات ایران در سال  $t$  است  $r_{ij}$  ضریب همبستگی بین قیمت‌های کشور  $i$  و کشور  $j$  است در رابطه (۱۰) مشخص شده است:

$$I_{cet} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n S_{ti} \omega_i \sigma_{\epsilon ti} S_{tj} \omega_j \sigma_{\epsilon tj} r_{ij}} \quad (۹)$$

در رابطه (۱۰)  $r_{ij}$  ضریب همبستگی بین قیمت‌های کشور  $i$  و کشور  $j$  است که ایران واردات ذرت را از آن کشورها دارد.  $P_{jk}$  و  $P_{ik}$  به ترتیب قیمت ذرت وارداتی از کشورهای  $i$  و  $j$  در ماه  $k$  هستند که  $n$  نشان‌دهنده تعداد ماه‌ها است.  $\bar{P}_i$  و  $\bar{P}_j$ ، متوسط قیمت ذرت وارداتی از کشور  $i$  و کشور  $j$  هستند. اگر  $r_{ij} > 1$  به این معنی است که  $P_{ik}$  و  $P_{jk}$  همبستگی مثبتی دارند و وقتی  $r_{ij} < 1$  به معنای همبستگی منفی این دو قیمت است.  $r_{ij} = 0$  باشد، هیچ ارتباط خطی بین دو متغیر وجود ندارد. هنگامی که مقدار  $|r_{ij}|$  به ۱ نزدیک‌تر است، همبستگی خطی قوی بین دو قیمت وجود دارد (۳ و ۱۲).

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (P_{ik} - \bar{P}_i)(P_{jk} - \bar{P}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (P_{ik} - \bar{P}_i)^2} \sqrt{\sum_{k=1}^n (P_{jk} - \bar{P}_j)^2}} \quad (۱۰)$$

داده‌های این مطالعه شامل قیمت ماهانه جهانی ذرت، حجم واردات ذرت به ایران و قیمت آن به تفکیک کشور منبع واردات می‌باشد که برای بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷ از سایت گمرک جمهوری اسلامی ایران و آمار گزارش شده فائو جمع‌آوری شده است. جهت انجام محاسبات از نرم‌افزار Excel و EViews 10 استفاده شده است.

## نتایج و بحث

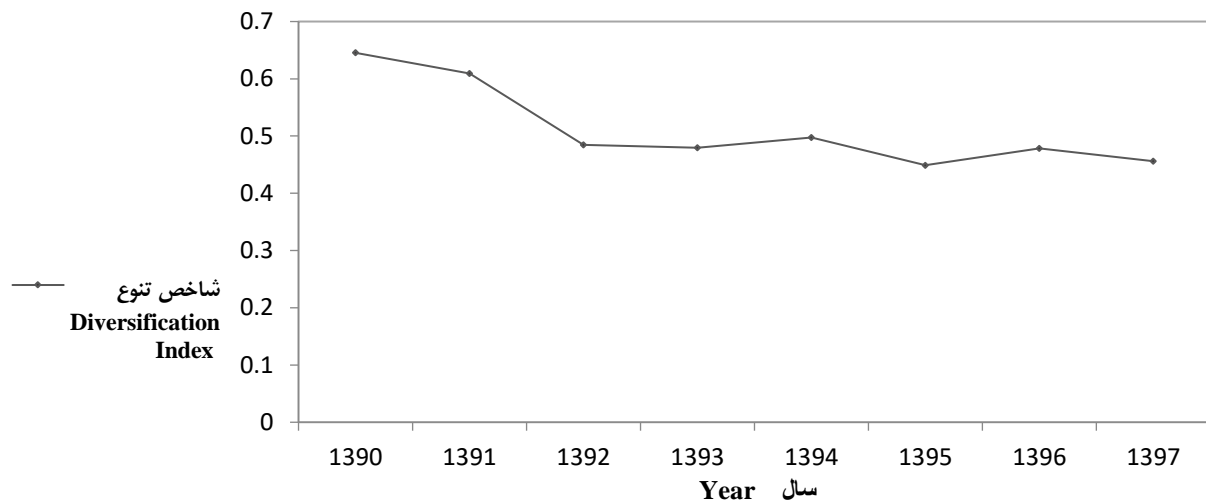
با توجه به وابستگی ایران به واردات ذرت دامی، شاخص تنوع واردات این محصول بر اساس رابطه (۱) برای بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷ محاسبه و در شکل یک مشخص شده است. بر اساس شکل، روند کلی شاخص در این بازه زمانی نزولی است که علت آن افزایش تعداد کشورهای تأمین‌کننده ذرت دامی، از دو کشور عمده، به بیش از پنج کشور می‌باشد. این به این معنی است که به نحوی نسبت ذرت وارداتی از کشورهای مختلف متعادل می‌شود و به منظور اطمینان از امنیت تأمین واردات ذرت دامی به عنوان نهاده اولیه، توجه بیشتری به تنوع بخشیدن به منبع واردات ذرت شده است که البته بخشی نیز

جدول ۱- سهم حجم واردات ذرت دامی به ایران از کشورهای مختلف طی سالهای ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷

	سوئیس	سنگاپور	هلند	برزیل	انگلستان	ترکیه	اوکراین	امارات
	Switzerland	Singapore	Netherlands	Brazil	England	Turkey	Ukraine	Emirates
1390	46.72	0.00	2.77	6.31	0.00	0.00	0.20	43.99
1391	54.89	1.39	14.91	1.16	4.04	0.76	1.60	21.24
1392	37.18	0.40	11.42	6.50	24.36	4.03	2.96	13.13
1393	40.30	0.00	15.92	6.62	13.35	5.80	7.83	10.18
1394	40.14	8.49	21.29	6.90	16.23	0.24	2.17	4.54
1395	24.39	3.51	11.50	22.35	10.66	0.00	25.69	1.90
1396	28.55	16.11	20.96	4.33	27.43	0.05	1.20	1.37
1397	27.18	23.12	16.15	5.53	22.35	0.40	1.72	3.55

Source: Research findings

مأخذ: محاسبات تحقیق



شکل ۲- شاخص تنوع واردات ذرت دامی ایران از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷

Figure 2- Diversification index of Iran's corn imports from 2000 to 2018

هریک از آن‌ها وزن مخصوص به خود محاسبه شده است. وزن ریسکی  $(\omega_i)$ ، به تفکیک کشورها در جدول ۳ گزارش شده است. این وزن‌ها، بر اساس رابطه (۶) و بر مبنای شاخص سهولت کسب‌وکار<sup>۱</sup> کشورهای هشت‌گانه محاسبه شده است. بر اساس نتایج، وزن ریسکی کشور سنگاپور کمترین میزان است که این کشورها در سال‌های اخیر رتبه اول شاخص سهولت کسب‌وکار را در بین تمامی کشورهای دنیا به خود اختصاص داده است.

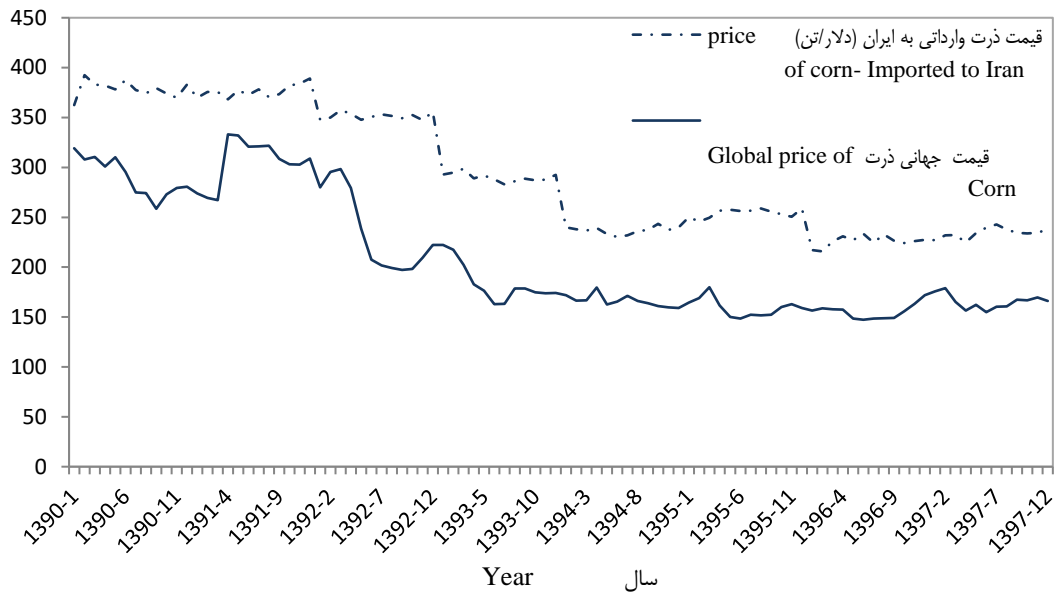
واردات ذرت دامی به ایران، با دو نوع ریسک سیستماتیک و غیر سیستماتیک تهدید می‌شود. میزان ریسک سیستماتیک واردات ذرت با توجه به واریانس جملات پسماند  $(\delta_{ET}^2)$  قابل تشخیص است که به تفکیک سال و کشور در جدول ۴ مشخص شده است. بر اساس نتایج

بر اساس رابطه (۲)، پارامترهای ضریب و عرض از مبدأ برای ارتباط بین قیمت ذرت دامی از ۸ کشور مبدأ واردات با قیمت جهانی آن به تفکیک مشخص شده است و بر اساس آن نیز واریانس جمله پسماند محاسبه شده است. بالاتر بودن قیمت وارداتی نسبت به قیمت جهانی، با توجه به برخی هزینه‌های اضافی مانند هزینه‌های حمل‌ونقل و یا حق بیمه منطقی خواهد بود. ضرایب تخمینی در جدول ۲ نشان می‌دهد که به جز برای قیمت وارداتی از سنگاپور، رابطه مثبت و قوی بین قیمت وارداتی به ایران و قیمت جهانی وجود دارد. علت ارتباط ضعیف ممکن است به دلیل کیفیت متفاوت ذرت این کشور باشد.

برای محاسبه دقیق‌تر ریسک وارداتی، برای هر یک از کشورهای مبدأ واردات ذرت دامی به ایران، وزن متفاوت لحاظ شده است و برای

کشور امارات بالاترین حد بوده که بدین معنی است که قیمت جهانی ذرت، کمتر می‌تواند قیمت وارداتی از امارات به ایران را توضیح دهد و واریانس جملات پسماند برای امارات افزایش می‌یابد که علت آن احتمالاً این است که در این سال واردات از کشور امارات در تمامی ماه‌های سال ۱۳۹۲ انجام شده است.

این جدول، در سال ۱۳۹۲ ریسک واردات به بیش‌ترین حد خود افزایش یافته است. رشد بالای قیمت ذرت نه تنها ریسک سیستماتیک را افزایش می‌دهد، بلکه قدرت توضیحی قیمت جهانی ذرت و ارتباط آن با قیمت وارداتی ذرت به ایران را کاهش می‌دهد که باعث افزایش مشهود ریسک سیستماتیک در سال ۱۳۹۲ (متوسط ۱۲۹۵/۴۰) شده است. در بین کشورهای واردکننده، ریسک سیستماتیک واردات از



شکل ۳- روند مقایسه‌ای قیمت جهانی ذرت و قیمت وارداتی به ایران از ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷  
Figure 3- A comparison of Iran's corn imports prices with global corn from 2000 to 2018

جدول ۲- نتایج پارامترهای تخمینی ارتباط قیمت جهانی ذرت دامی و قیمت وارداتی ایران به تفکیک کشورها

Table 2- Results of estimated parameters of the relationship between world prices of corn and Iran's import prices by countries

Countries-کشور	$\beta_0$	$\beta_1$
سوئیس -Switzerland	109.12	0.80
سنگاپور Singapore	118.23	0.71
هلند Netherlands	92.99	0.92
برزیل Brazil	76.90	0.99
انگلیس England	134.81	0.89
ترکیه Turkey	131.07	0.91
اوکراین Ukraine	81.86	1.04
امارات Emirates	70.87	1.12
متوسط قیمت	100.52	0.93

Average price

Source: Research findings

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳- ضرایب وزنی ریسک کشورهای مبدأ واردات ذرت دامی به ایران  
Table 3- Risk weights of major source countries of Iran's corn imports

کشور Countries	سوئیس Switzerland	سنگاپور Singapore	هلند Netherlands	برزیل Brazil	انگلستان England	ترکیه Turkey	اوکراین Ukraine	امارات Emirates
$\omega_k$	0.370	0.009	0.393	0.820	0.176	0.597	0.797	0.392

Source: Research findings

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نحوی که، در دو سال آخر به کمتر از ۱۰۰ واحد کاهش می‌یابد. اگرچه، این ریسک، تعدیل شده اما نوسانات و افزایش‌های ناگهانی خود نشان‌دهنده بالا بودن ریسک واردات ذرت دامی به ایران با ترکیب این کشورهاست.

پایین بودن ریسک سیستماتیک و عدم تبعیت از روند قیمت جهانی در برخی کشورها نیز می‌تواند به دلیل پایین‌تر بودن کیفیت ذرت دامی وارداتی از این کشورها باشد. پس از این سال، میزان ریسک سیستماتیک تعدیل شده و روند نزولی به خود می‌گیرد. به

جدول ۴- واریانس جملات پسماند  $\delta_{\epsilon t}^2$

Table 4- Residual variance  $\delta_{\epsilon t}^2$

سال Year	سوئیس Switzerland	سنگاپور Singapore	هلند Netherlands	برزیل Brazil	انگلیس England	ترکیه Turkey	اوکراین Ukraine	امارات Emirates	متوسط Average
1390	212.814	118.951	481.605	352.597	341.761	282.702	342.432	377.092	335.388
1391	450.942	396.184	326.948	616.756	500.175	495.105	717.955	595.426	477.672
1392	1408.539	1445.524	1362.461	1236.343	1537.260	800.615	1802.629	2504.974	1295.402
1393	312.384	166.450	235.088	299.444	349.614	313.484	508.074	320.669	216.122
1394	101.951	68.676	97.907	92.481	31.542	90.200	83.126	104.120	43.325
1395	211.224	194.223	106.358	87.409	76.373	244.618	242.491	652.239	132.342
1396	76.646	146.196	111.273	265.350	50.549	133.405	248.055	615.362	87.543
1397	113.231	138.992	82.557	113.787	47.101	145.053	96.357	168.907	83.938

Source: Research findings

مأخذ: یافته‌های تحقیق

است. این شکل، میزان ریسک‌های سیستماتیک، غیر سیستماتیک و ریسک پرتفوی را برای سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷ نشان می‌دهد. ریسک سیستماتیک و غیر سیستماتیک تقریباً روند مشابهی را دنبال می‌کند، هرچند روند تغییر در ریسک سیستماتیک ملموس‌تر است. ریسک پرتفوی مجموع دو ریسک سیستماتیک و غیر سیستماتیک (خط‌چین) است. از سال ۱۳۹۰ هر دو ریسک روند افزایشی داشته، به نحوی که میزان آن در سال ۱۳۹۲ به اوج می‌رسد و پس از آن روند کاهشی سریع را آغاز می‌کند. همان‌طور که گفته شد، این افزایش، برای ریسک سیستماتیک بیشتر است به‌طوری‌که در این بازه زمانی ریسک سیستماتیک تقریباً سه و نیم برابر شده و از ۱۲۰۰ واحد در سال ۱۳۹۰ به حدود ۴۵۰۰ واحد در سال ۱۳۹۲ افزایش داشته است. پس از سال ۱۳۹۲، ریسک سیستماتیک به کمتر از ۵۰۰ واحد کاهش یافته و تقریباً روند ثابتی را ادامه می‌دهد. از سال ۱۳۹۲ به بعد نوسانات آن کاهش یافته، به‌طوری‌که ریسک آن در کمتر از ۱۰۰۰ واحد در حال نوسان است.

بر اساس روابط (۸) تا (۹)، هریک از ریسک‌های واردات ذرت دامی به ایران طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷ محاسبه و نتایج آن در جدول ۵ گزارش شده است. در این جدول، علاوه بر حجم واردات ذرت دامی به ایران، ریسک سیستماتیک و غیر سیستماتیک گزارش شده است. ارقام ریسک پرتفوی، از مجموع این دو ریسک حاصل شده است (رابطه ۳) که روند آن در شکل ۳ نیز نمایش داده شده است. علاوه بر آن، شاخص‌های ریسک شامل شاخص ریسک سیستماتیک و غیر سیستماتیک محاسبه و گزارش شده است که روند تغییر این دو شاخص، به صورت شماتیک در شکل ۴ نیز مشخص شده است. علاوه بر موارد فوق، واریانس ماهانه قیمت جهانی ذرت ( $\delta_{w\text{corn}}^2$ ) در هر سال محاسبه و در این جدول گزارش شده است. نوسانات ماهانه قیمت جهانی در سال ۱۳۹۰، بیش‌ترین مقدار و بیش از ۵۸ واحد و کمترین میزان آن مربوط به سال ۱۳۹۲ و کمتر از ۱۰ واحد است، هرچند قیمت جهانی در این سال بالا بوده اما نوسان ماهانه آن پایین است.

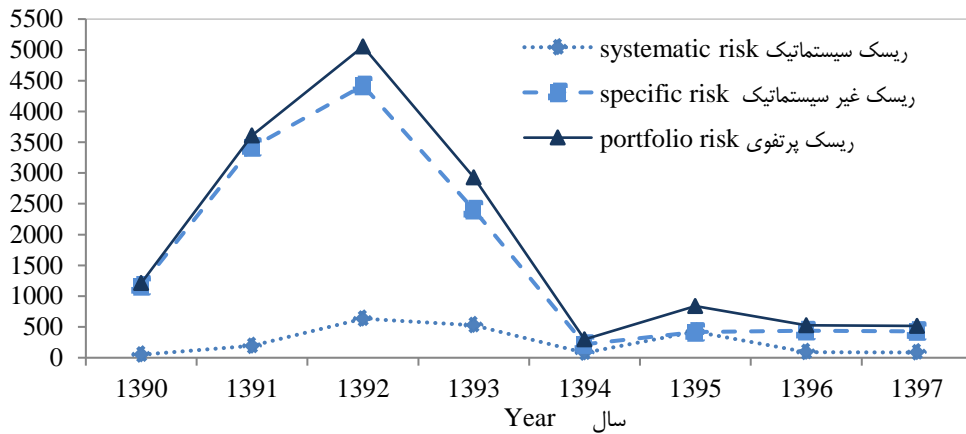
روند حرکت انواع ریسک‌های مختلف در شکل ۴ مشخص شده

جدول ۵- ریسک واردات ذرت دامی ایران به تفکیک و برای سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷  
Table 5- Iran's corn imports risk during of 2000-2018

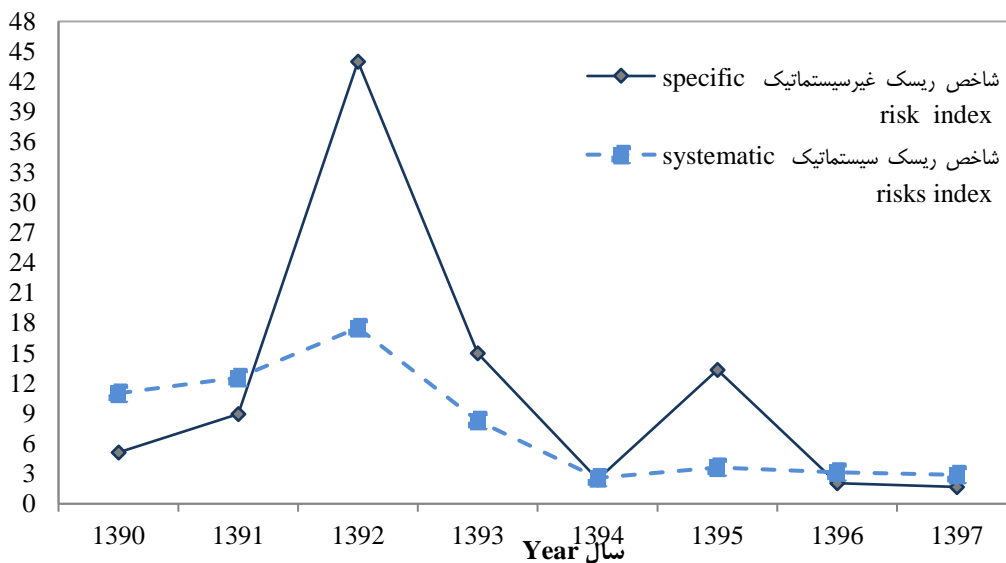
سال	حجم واردات	ریسک سیستماتیک پرتفوی	ریسک مشخص یا غیر سیستماتیک	ریسک پرتفوی	واریانس ماهانه قیمت جهانی	شاخص ریسک سیستماتیک	شاخص ریسک مشخص یا غیر سیستماتیک
Year	Import volume (100 million tons)	Systematic portfolio risks	Specific or unsystematic portfolio risks	Portfolio risks	Variance of the monthly global price of corn ( $\delta_{pt}^2$ )	Systematic portfolio risk index	Specific or unsystematic portfolio risk index
1390	31.041	1166.14	49.35	1215.50	58.21	11.00	5.12
1391	46.545	3417.84	193.40	3611.24	35.12	12.56	8.93
1392	37.963	4419.87	634.27	5054.14	9.48	17.51	44.01
1393	59.303	2402.63	527.23	2929.86	16.82	8.27	14.99
1394	57.387	218.38	79.93	298.31	13.05	2.58	2.43
1395	56.313	415.18	423.10	838.28	16.41	3.62	13.34
1396	66.708	437.62	91.80	529.42	26.61	3.14	2.06
1397	71.877	430.29	86.58	516.87	22.83	2.89	1.67

Source: Research findings

مأخذ: یافته‌های تحقیق



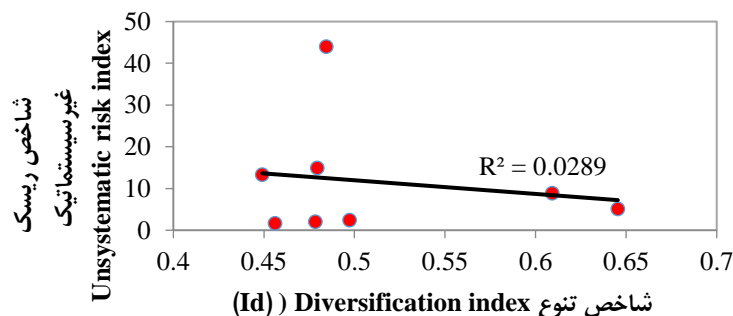
شکل ۴- ریسک سیستماتیک، غیر سیستماتیک و ریسک پرتفوی واردات ذرت دامی ایران در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷  
Figure 4-The systematic risks, specific risks, and portfolio risks to Iran's corn imports risks from 2000 to 2018



شکل ۵- شاخص ریسک سیستماتیک و غیر سیستماتیک مربوط به پرتفوی وارداتی ذرت دامی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷  
Figure 5- The systematic risks, specific risks, and portfolio risks index to Iran's corn imports risks from 2000 to 2018

سیاست‌های داخلی در جهت واردات ذرت دامی و مسایل و مشکلات هر یک از کشورهای صادرکننده ذرت به ایران مسبب آن هستند. لازم است ارتباط بین شاخص تنوع و شاخص ریسک غیر سیستماتیک نیز موردتوجه قرار گیرد که شکل ۶ این ارتباط را نشان می‌دهد. بر اساس شکل، رابطه خطی مشخص بین شاخص تنوع و شاخص ریسک غیر سیستماتیک واردات ذرت دامی به ایران طی سال‌های موردبررسی، وجود ندارد؛ به عبارت دیگر، افزایش تعداد کشورهای مبدأ واردات ذرت به ایران، به معنای کاهش و یا از بین رفتن ریسک وارداتی نیست. شاخص تنوع بین ۰/۶۵ تا ۰/۴۵ است که با شاخص ریسک غیر سیستماتیک ارتباطی ندارد؛ این نشان می‌دهد که تنها، افزایش تعداد کشورهای وارداتی ذرت دامی، کمک چندانی به کاهش ریسک غیر سیستماتیک واردات ذرت به ایران نخواهد کرد. پس، کاهش این نوع ریسک وارداتی، از طریق انتخاب صحیح کشورهای مبدأ واردات و کاهش وابستگی بیش از حد به برخی کشورها- خصوصاً کشورهای که وزن ریسکی بالایی دارند- امکان‌پذیر خواهد بود؛ در حقیقت، به جای افزایش تنوع کشورها، لازم است از طریق واردات ذرت از کشورهایی با وزن ریسک کمتر (مانند کشور سنگاپور که یک کشور با وزن ریسکی پایین بوده و یک کشور آسیایی نیز هست) و ایجاد تعادل بین کشورها و مناطقی که ریسک مشابه دارند، به کاهش ریسک غیر سیستماتیک واردات ذرت به ایران کمک کرد.

شکل ۵، شاخص ریسک برای واردات ذرت دامی نشان می‌دهد. شاخص‌سازی، باعث از بین بردن اثرات حجم واردات ذرت در محاسبه ریسک می‌شود؛ به عبارت دیگر، از شاخص ریسک برای اندازه‌گیری اثرات سایر عوامل مؤثر، به غیر از اثر حجم واردات بر ریسک استفاده شده است. این شکل، روند هر دو شاخص ریسک سیستماتیک و غیر سیستماتیک را طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷ نشان می‌دهد. هر دو شاخص ریسک، روند تقریباً مشابهی را در این بازه زمانی نشان می‌دهند. شاخص ریسک سیستماتیک، به دلیل نوسانات قیمت جهانی ذرت تا سال ۱۳۹۲ روند افزایشی محسوسی را نشان می‌دهد، به طوری که، میزان شاخص ریسک سیستماتیک در سال ۱۳۹۲ نسبت به سال ۱۳۹۰ حدود ۸ برابر افزایش داشته است. پس از آن سال، با بهبود قیمت جهانی مواد غذایی و کاهش نوسانات قیمت ذرت، شاخص‌های ریسک در یک بازه کوچک‌تری نوسان می‌کند و روند تقریباً کاهشی را به خود می‌گیرد به نحوی که این شاخص‌ها در سال ۱۳۹۷ به پایین‌ترین سطح خود رسیده است. در این سال، شاخص ریسک سیستماتیک به کمتر از ۲ یعنی نسبت به سال ۱۳۹۲ کاهش ۲۲ برابری را شاهد بوده است. شاخص ریسک غیر سیستماتیک نیز به کمتر از ۳ واحد در سال ۱۳۹۷ رسیده است که کاهش ۶ برابری داشته است. البته در این فاصله زمانی، با نوسان قیمت در سال ۱۳۹۵، مجدد شاخص ریسک سیستماتیک افزایش را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، ریسک واردات ذرت دامی برای ایران بیشتر ناشی از ریسک غیرسیستماتیک می‌باشد که عواملی چون نوسانات نرخ ارز ایران،



شکل ۶- ارتباط بین شاخص تنوع و شاخص ریسک غیر سیستماتیک واردات ذرت دامی به ایران از ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۷  
Figure 6- Relationship between specific risk index and diversification index of Iran's corn imports from 2006 to 2011

است. در مطالعه حاضر، به بررسی نوع ریسک واردات ذرت ایران بر اساس تئوری پرتفوی پرداخته شده است. ریسک سیستماتیک واردات ذرت، ناشی از نوسانات غیرقابل پیش‌بینی قیمت جهانی هستند و همه

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ریسک واردات ذرت، همواره واحدهای تولیدی وابسته به این نهاده تولید یعنی واحدهای دام و طیور را تحت تاثیر خود قرار داده

که درجه "سهولت کسب و کار" بیشتر دارند، وارد کند و همچنین واردات خود را از کشورهایی که ریسک متعادل و مشابه دارند همچنان حفظ کند.

افزایش تعداد کشورهای مبدأ واردات ذرت به ایران، به معنای کاهش و یا از بین رفتن ریسک وارداتی نیست. افزایش تعداد کشورهای وارداتی ذرت دامی، کمک چندانی به کاهش ریسک غیرسیستماتیک واردات ذرت به ایران نخواهد کرد و اگر مشکلات تحریم بر واردات رفع شود، تنوع هم نمی‌تواند بر کاهش ریسک واردات ذرت ایران اثرگذار باشد، پس کاهش این نوع ریسک وارداتی، از طریق انتخاب صحیح کشورهای مبدأ واردات و کاهش وابستگی بیش از حد به برخی کشورها- خصوصاً کشورهای که وزن ریسکی بالایی دارند- امکان‌پذیر خواهد بود. بنابراین، واردات ذرت ایران باید از کشورهایی که ریسک کمتری دارند همچون سنگاپور انجام پذیرد. اگر چه، نتیجه مطالعه نشان داد که تنوع نمی‌تواند نقش مهمی در کاهش ریسک ایفا کند، اما پیشنهاد می‌شود برای مطالعات آینده، سایر کشورهای دیگر که امکان واردات از آن‌ها وجود دارد، بعنوان پرتفوی دیگر در نظر گرفته شوند تا پرتفوی بهینه براساس آن پیشنهاد شود.

کشورهای واردکننده این محصول، در معرض این نوع ریسک قرار دارند و چون این نوع ریسک متأثر از نوسانات قیمت جهانی است، نمی‌توان با اقدامات و یا راهکارهای تنوع بخشی از بروز آن جلوگیری کرد. ریسک غیرسیستماتیک واردات ذرت به ریسک ناشی از عدم موفقیت کشورهای صادرکننده ذرت در تأمین ذرت کشورهای واردکننده اشاره دارد. هنگامی که یک کشور صادرکننده به دلیل سیاست‌های داخلی خود، شرایط آب و هوایی، اتفاقات یا عوامل دیگر صادرات خود را متوقف کند، این امر، ریسک‌هایی را برای کشورهای واردکننده به همراه خواهد داشت. این شکست‌ها، منجر به بروز ریسک غیرسیستماتیک برای کشور واردکننده محصول می‌شود. از آنجاکه، چنین شکست‌هایی نمی‌توانند به‌طور هم‌زمان در همه کشورها اتفاق بیفتند و بیشتر آن‌ها اثرات تأخیری بر قیمت جهانی ذرت دارند. بر اساس نتایج مطالعه، ریسک غیر سیستماتیک به عنوان ریسک اصلی واردات ذرت ایران بدست آمد و با یک استراتژی متنوع‌سازی نمی‌توان برای امنیت دریافت ذرت اقدام نمود، بدین وسیله پیشنهاد می‌شود که ایران از توانایی خود برای توسعه تولید داخلی اقدام نماید و یا بر اساس، سیستم شاخص سهولت کسب و کار واردات را از کشورهایی

## منابع

- 1- Agiobenebo T.J. 2000. Market Structure, Concentration Indices and Welfare Cost. University of Botswana and University of Port-Harcourt.
- 2- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2021. FAOSTAT.
- 3- Ge F., and Fan Y. 2013. Quantifying the risk to crude oil imports in China: An improved portfolio approach. *Energy Economics* 40: 72-80.
- 4- Helm D. 2002. Energy policy: Security of supply, sustainability and competition. *Energy Policy* 30(3): 173-184.
- 5- Izadi B., and Shafie M. 2018. Provide a decision support system to assess and prioritize the risk of importing goods in order to manage the effects of sanctions (Case study: Import of pharmaceutical items of Farabi Pharmaceutical Company). *Production and Operations Management* 9(1): 79-106. (In Persian with English abstract)
- 6- Khodavirdi O., Mehrara M., Rezaei M., and Kiaolhoseini S.Z. 2019. Price risk management of selected Iranian imported agricultural products using quasi-futures contracts. *Econometric Modeling* 4(1): 27-55. (In Persian with English abstract)
- 7- Markowitz H.M. 1952. Portfolio selection. *Journal of Financ* 7(1): 77-91.
- 8- Pendar M., Shakeri A., and Salami H. 2012. Price risk management of soybean oil imports by futures market. *Iranian Agricultural Economics and Development Research* 42(4): 479-492. ((In Persian with English abstract)
- 9- Pishbahar A.K., and Dashti Q. 2018. Calculation of the optimal risk coverage ratio in the future market for the soybean meal import entity. *Agricultural Economics and Development* 25(100): 21-35. (In Persian with English abstract)
- 10- Stokes D. 2007. Blood for oil? Global capital, counter-insurgency and the dual logic of American energy security. *Review of International Studies* 33(2): 245-264.
- 11- Vivoda V. 2009. Diversification of oil import sources and energy security: a key strategy or elusive objective? *Energy Policy* 37(11): 4615-4623.
- 12- Wabiri N., and Amusa H. 2010. Quantifying South Africa's crude oil import risk: a multicriteria portfolio model. *Economic Modelling* 27: 445-453.
- 13- Yergin D. 2006. Ensuring energy security. *Foreign Affairs* 85(2): 69-82.



## Risk Management of Iran's Corn Import

F. Fathi<sup>1\*</sup>- E. Ghorbanian<sup>2</sup>

Received: 10-04-2021

Accepted: 12-06-2021

**Introduction:** Iran imported 9 million tons of corn, from Switzerland, Emirate, England and, Netherlands in 2017 so these regions are now the major sources of corn import for Iran. Among the multiple risks, Iran's corn imports encountered systematic and unsystematic risk. Systematic risks are the risks carried by entire assets within a system and cannot be diversified. They are also called non-diversifiable risks, beta risks, and market risks. Specific risks are risks that are unique to an individual asset. In a portfolio, specific risks can be mitigated by using a diversification strategy. Terms or phrases which can be used conterminously with specific risks are diversifiable, unique, unsystematic, or idiosyncratic risks. International price fluctuation and internal policy comprise the risk of Iran's corn imports. Risk specification and management of Iran's corn imports are important since corn, as an input of livestock production, makes the risk of these industries and hence the price of red meat and poultry. The corn imports systematic risks refer to the risks caused by global corn price fluctuations. The systematic risks usually result from the unpredictable fluctuation of global corn demand or a concerted action taken by major corn exporters. All corn importing countries are liable to these risks. Global corn prices fluctuate when the global consumption of corn grows quickly and an imbalance of supply and demand ensues. Worldwide fluctuation is the risk brought about which cannot be avoided by diversification; all the corn importing countries will be affected by this risk. The specific risks to corn imports refer to the risks resulting from corn exporting countries. When a corn exporting country stops its exports due to the policies, climate, production decrease as a result of disease and the other production risk, or other factors, it will bring losses to the corn importing countries. These failures result in a specific risk to corn imports. Since such failures cannot take place in all countries at the same time, and most of them have delayed effects on global corn prices, diversification can be adopted in order to reduce the specific risks to corn importing countries.

This paper tries to answer the following questions: What risks will Iran face in terms of corn import systematic or unsystematic risk? What is the relationship between global corn prices and the import prices of Iran's corn imports? Can diversification really minimize Iran's corn import risks?

**Materials and Methods:** This paper applies an improved portfolio model and diversification theory to quantify the risks for Iran's corn import risk during 2000-2019. Diversification theory often applied to the analysis of Iran's corn risks, is considered as a powerful instrument in this field of study. Firstly, for considering the systematic risk like the relationship between Iran's corn import prices and global corn prices is estimated. The Ease of Doing Business Index grading system is employed to represent the risk weight relative to each of source country, which should be able to better reflect the extent of each country's influence on Iran's corn risk. Secondly, the diversification index will be calculated and then the systematic and unsystematic risk is estimated. Finally risk index as an import ratio from source countries in order to replace the volume of imports from a country is used to solve the rapidly increasing risk as well as increasing import volume.

**Results and Discussion:** Empirical results show that ever-increasing global corn prices, price fluctuations, and the increasing volume of imports are the root causes of the growth of Iran's corn import risks. The systematic risks are the primary risks to Iran's corn import risk, which the highest systematic risk accrued in 2011. The diversification indexes remain between 0.4 and 0.5, with no evidence that a linear relationship exists between the diversification index and the specific risk index. Therefore, it is not enough to just reduce the specific risks by increasing the number of source countries. It is of equal importance to import corn from countries with low-risk weights and to strike a balance among countries and regions with similar risks. From 2006 to 2011, Iran's corn import risk index remained steady, between 2.8 and 11. As the Ease of Doing Business Index grading system indicates, Iran should import less from countries with low Ease of Doing Business Index grades such as Singapore

1 and 2- Assistant Professor and Ph.D. of Agricultural Economics, Agricultural College, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.

(\*- Corresponding Author Email: f.fathi@shirazu.ac.ir)

DOI: 10.22067/JEAD.2021.69209.1027

and import more from those with higher Ease of Doing Business Index grades, maintain balanced imports from countries with similar risks.

**Keywords:** Corn import, Portfolio theory, Systematic risk, Unsystematic risk

مقاله پژوهشی

## بررسی اثر نامتقارن قیمت ذرت بر قیمت گوشت مرغ در ایران

زینب شکوهی<sup>۱\*</sup> - محمدحسن طرازکار<sup>۲</sup> - فاطمه نصرنیا<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۷

### چکیده

از آنجایی که نهاده ذرت بالاترین سهم را در هزینه خوراک طیور دارد، چگونگی اثرگذاری تغییرات قیمت آن بر قیمت گوشت مرغ همواره مد نظر سیاستگذاران بوده است. پاسخ به اینکه آیا ارتباط میان این دو قیمت یک ارتباط متقارن و یا نامتقارن است و شدت این اثرگذاری چگونه است از جمله مواردی است که در اتخاذ سیاست‌های مناسب جهت تنظیم بازار این محصول حائز اهمیت است. بنابراین در این مطالعه با انجام آزمون‌های تشخیصی در ابتدا چگونگی انتقال قیمت ذرت بر قیمت گوشت مرغ با استفاده از داده‌های ماهیانه بین سال‌های ۱۳۷۱-۱۳۹۸ مورد آزمون قرار گرفت. نتایج آزمون‌های تشخیصی، برتری الگوی غیرخطی نسبت به خطی و فرم نمایی با دو رژیم انتقال را نسبت به سایر مدل‌ها نشان دادند. در نهایت نتایج برآورد مدل نشان داد که مقدار آستانه‌ای قیمت گوشت مرغ برابر ۲۸۸۰۰ تومان می‌باشد و تاثیر قیمت ذرت پس از گذار از رژیم اول و مقدار آستانه‌ای، افزایش چشمگیری خواهد داشت. بنابراین پیشنهاد می‌شود دولت قبل از اتخاذ هر گونه سیاستی چگونگی ارتباط میان قیمت ذرت و گوشت مرغ را با توجه به مقدار آستانه‌ای تعیین نماید و سپس با استفاده از سیاست‌هایی همچون سیاست‌های ارزی و تجاری و بویژه تعرفه‌های گمرکی، ثبات قیمت را در بازار نهاده ذرت ایجاد نماید. البته ایجاد ثبات در بازار گوشت مرغ در سطوح بالاتر از آستانه مستلزم حمایت‌ها و نظارت‌های گسترده‌تری نسبت به سطوح پایین‌تر از آن است. همچنین وجود چسبندگی قیمت در بازار گوشت مرغ موجب انتقال شوک‌های وارده بر این بازار تا چند دوره متوالی خواهد شد و لزوم ثبات بازار این محصول را به منظور تأمین امنیت غذایی یادآور می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: قیمت ذرت، قیمت گوشت مرغ، مدل خود توضیح انتقال ملایم

### مقدمه

سال ۱۳۹۰ برابر با ۸/۷ کیلوگرم بوده، در سال ۱۳۹۷ به ۵/۴ کیلوگرم کاهش یافته است. در مقابل مصرف گوشت مرغ به عنوان جانشین گوشت قرمز روندی صعودی دارد و از ۱۷/۶ کیلوگرم در سال ۱۳۹۰ به بیش از ۲۱ کیلوگرم در سال ۱۳۹۶ افزایش یافته است. یکی از مهمترین دلایل افزایش مصرف و تقاضای گوشت مرغ در مقایسه با گوشت قرمز، افزایش نسبی قیمت گوشت قرمز در مقایسه با گوشت مرغ است. در شکل ۱ روند تغییر قیمت اسمی هر کیلوگرم گوشت گوسفند و مرغ طی دوره فروردین ۱۳۹۶ الی خرداد ماه ۱۳۹۹ آورده شده است.

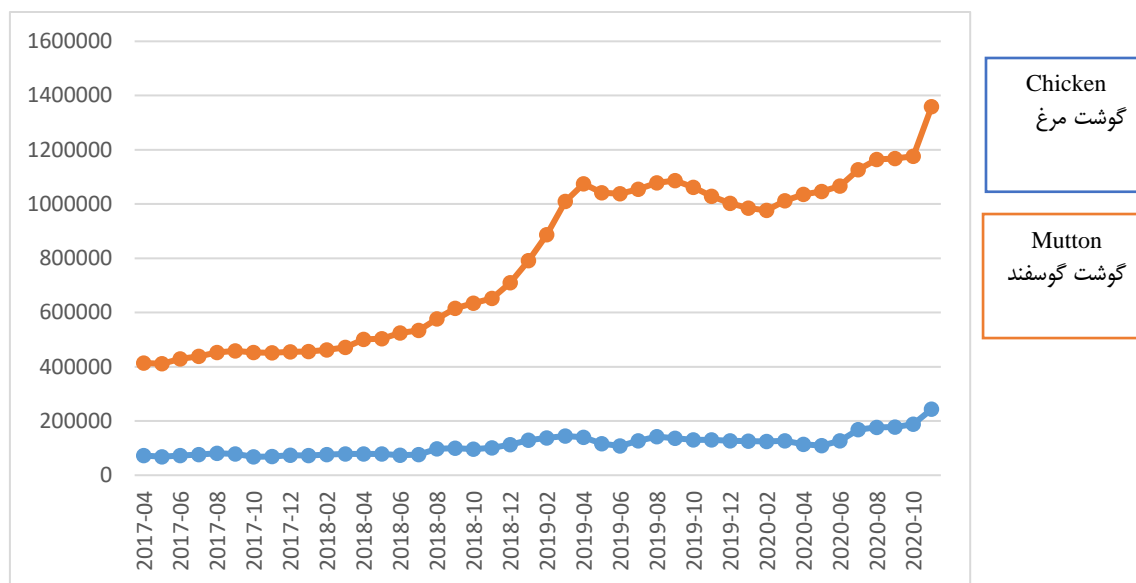
بررسی روند تغییرات قیمت گوشت قرمز و مرغ بیانگر روند صعودی قیمت ماهانه هر دو محصول طی دوره فروردین ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۳۹۹ است. البته گوشت قرمز در مقایسه با گوشت مرغ با سرعت بیشتری افزایش یافته است. بر اساس اطلاعات شکل ۱ قیمت

تولید در بخش کشاورزی بدلیل تاثیرپذیری این بخش از عوامل جوی، نوسانات و بی ثباتی قیمت نهاده‌ها و محصول، بروز آفات، امراض و بیماری و تغییر در سیاست‌های پولی، مالی، ارزی و تجاری دولت، همواره با ریسک و عدم حتمیت مواجه بوده است. صنعت مرغداری نیز از این قاعده مستثنی نیست و در ایران مرغداری‌ها با انواع ریسک‌های مالی، تولیدی و بازار روبرو هستند. از دیگر سو طی سال‌های اخیر بدلیل افزایش نسبی قیمت گوشت قرمز در مقایسه با گوشت مرغ و همچنین بحث سلامت در مصرف گوشت سفید (گوشت مرغ و ماهی) و اهمیت آن در سید غذایی مصرف‌کنندگان، تقاضا برای گوشت مرغ افزایش یافته است. آمارهای منتشر شده توسط مرکز آمار ایران نشان می‌دهد که روند مصرف سرانه گوشت قرمز در ایران کاهش یافته است. به نحوی که میزان مصرف سرانه گوشت قرمز که در

تولید نسبت به سایر دامها، امکان تولید در تمام شرایط آب و هوایی و بازگشت سریع سرمایه، نسبت به سایر صنایع دامپروری بیشتر مورد توجه سرمایه‌گذاران و دولت بوده است (۲۰). با این حال همچنان بازار گوشت مرغ با شوک‌های قیمتی و افزایش قیمت همراه بوده است و این نوسانات یکی از چالش‌های اساسی صنعت مرغداری در کشور است.

هر کیلوگرم گوشت قرمز از فروردین ۱۳۹۶ تا خرداد ۱۳۹۹ در حدود ۱۷۳ درصد رشد داشته است. حال آنکه در همین دوره قیمت گوشت مرغ ۸۶ درصد افزایش یافته است.

بررسی آمارهای منتشر شده توسط سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو) نشان می‌دهد که مصرف سرانه گوشت مرغ در کشور دو دهه‌ی اخیر بیش از دو برابر افزایش داشته است و از ۱۳/۳ به ۲۶/۹ کیلوگرم رسیده است. علاوه بر این صنعت مرغداری بدلیل زمان کوتاه



شکل ۱- روند ماهانه قیمت اسمی گوشت گوسفند و مرغ (ریال/کیلوگرم)

Figure 1- The monthly trend of the nominal mutton and chicken prices (Rial/Kg)

تحلیل انتقال قیمت عمودی میان سطوح مختلف بازار از اواخر قرن ۱۹ در ادبیات اقتصادی مورد توجه قرار گرفت. علت این امر نگرانی‌های سیاسی و اجتماعی از شکل‌گیری انحصار و تمرکز در صنایع غذایی و توزیع‌کنندگان مواد غذایی بوده است. چرا که ایجاد تمرکز در هر یک از سطوح بازار می‌تواند بر چگونگی رقابت بنگاه‌های اقتصادی فعال در بازار و الگوی تغییرات قیمت اثرگذار باشد. بنابراین انتقال عمودی قیمت میان سطوح مختلف بازار یکی از معیارهای مهم در تشریح عملکرد بازار است (۱۲). مروری بر ادبیات موضوع نشان می‌دهد که مطالعات صورت گرفته در زمینه تحلیل قیمت گوشت مرغ را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم نمود. بخشی از این مطالعات به انتقال قیمت میان سطوح مختلف بازار گوشت مرغ (۸)، همگرایی قیمت‌ها در بازار گوشت مرغ (۲۳)، بررسی تأثیر عواملی همچون نرخ ارز بر قیمت گوشت مرغ (۲۶) و کشف قیمت در بازار گوشت مرغ (۲۱) پرداخته‌اند. گروه دیگر از این مطالعات ارتباط میان بازار نهاده خوراک طیور و گوشت مرغ را ارزیابی نمودند. از جمله عبدی و رضایی (۱)، تأثیر قیمت ذرت و سویا را بر قیمت عمده‌فروشی تخم مرغ و گوشت

تقریب به ۷۰ درصد از هزینه تولید در صنعت مرغداری ایران مربوط به هزینه خوراک است که در بین آنها نهاده ذرت بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است (۱۰) و بخش عمده‌ای از آن از طریق واردات تأمین می‌گردد. بنابراین قیمت این نهاده به شدت تحت تأثیر سیاست‌های تجاری و تغییرات نرخ ارز قرار دارد. علاوه بر این مطالعات نشان می‌دهد که در زیر بخش طیور ارتباطات قیمتی بیشتر از سمت قیمت نهاده‌ها به سمت قیمت محصول است (۹). همچنین گوشت مرغ یکی از اقلام اساسی در سبد مصرفی خانوار می‌باشد که دولت‌ها همواره تلاش دارند با ابزارهای سیاستی گوناگون سطح و نوسانات قیمت آن را از طریق تنظیم سطح قیمت نهاده خوراک از جمله ذرت کنترل نمایند. حال سوال اساسی که در اینجا مطرح می‌شود این است که میزان تأثیرگذاری قیمت ذرت به عنوان مهمترین نهاده خوراک طیور بر قیمت گوشت مرغ به چه میزان و چگونه است؟ عبارتی تعیین چگونگی ارتباط قیمتی میان مهمترین نهاده تولیدی یعنی ذرت و قیمت گوشت مرغ به منظور اتخاذ سیاست‌های مناسب و مؤثر ضروری است.

میان این دو قیمت مناسب است. همچنین در مطالعه باربوزا و همکاران (۳) الگوی انتقال قیمت در بازار برنج برای کشور ایتالیا بررسی شد. در این پژوهش که از روش STAR استفاده شده است، نتایج نشان دهنده رفتار غیرخطی قیمت برنج در بازار می‌باشد. در مطالعات داخلی که از الگوی غیرخطی در انتقال قیمت استفاده کرده‌اند می‌توان به مطالعه پیش بهار و همکاران (۲۲) اشاره کرد. در این مطالعه تاثیر شوک‌های قیمتی نهاده‌های صنعت مرغداری از جمله ذرت را بر قیمت مرغ کشتار شده با بهره‌گیری از روش مارکوف-سویچینگ بررسی نمودند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نوسانات قیمت ذرت اثر معنی‌داری بر تغییرات قیمت گوشت مرغ دارد. همانطور که از بررسی مطالعات پیشین مشخص است، به بحث اثرات انتقال قیمت از نهاده خوراک به گوشت مرغ نسبت به دیگر انواع مطالعات انتقال قیمت که در بالا به آن اشاره شد، کمتر پرداخته شده است و در لندک مطالعات موجود به آزمون اثرات نامتقارن، رژیم‌های متفاوت و روابط غیر خطی کمتر توجه شده است. در حالی که بسته به شرایط متفاوت اقتصادی و سیاست‌های گوناگون حمایتی دولت در بازار گوشت مرغ، ممکن است رابطه غیرخطی بین متغیرهای مذکور به وجود آید و در نتیجه بر چگونگی تحلیل اثرات سیاست‌های قیمتی نهاده بر قیمت گوشت مرغ و نهایتاً رفاه مصرف‌کنندگان اثرگذار است. از این رو لازم است در ابتدا با استفاده از آزمون‌های تشخیصی چگونگی ارتباط میان قیمت‌ها اعم از خطی بودن و یا غیرخطی بودن، وجود چند رژیم در الگوی انتقال قیمت و سرعت انتقال میان رژیم‌ها بررسی شود و سپس با بکارگیری مدل مناسب میزان اثرگذاری قیمت ذرت بر قیمت گوشت مرغ مشخص گردد. چرا که استفاده از فرم نامناسب در بررسی ارتباطات قیمتی می‌تواند منتج به ایجاد تورش در نتایج گردد. بنابراین در این مطالعه پس از انجام آزمون‌های تشخیصی ضمن تأیید وجود رابطه غیر خطی میان قیمت گوشت مرغ و قیمت ذرت، چگونگی این ارتباط با استفاده از رهیافت رگرسیون انتقال ملایم بررسی شد.

### مواد و روش‌ها

همانگونه که در قسمت قبل بیان شد، در این مطالعه چگونگی ارتباط خطی یا غیر خطی، میان قیمت ذرت و گوشت مرغ با استفاده از آزمون‌های تشخیصی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمون نشان دهنده ارتباط غیر خطی میان این دو سری قیمت بود. سپس در گام بعد چگونگی الگوی غیرخطی با استفاده از آزمون‌های تشخیصی ارزیابی شد که مدل نمایی الگوی رگرسیون انتقال ملایم (STR) به عنوان بهترین مدل شناخته شد. بنابراین در ادامه علاوه بر تشریح این

مرغ از طریق علیت گرنجری بررسی نموده‌اند. نتایج این پژوهشی حاکی از آن است که تغییر قیمت این دو نهاده منجر به تغییر قیمت گوشت مرغ و تخم مرغ می‌شود. همچنین مشایخی و حاجی زاده فلاح (۲۰)، عوامل موثر بر بازار گوشت مرغ را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد که در کوتاه و بلند مدت، نهاده‌های تغذیه از جمله ذرت رابطه مثبت و معنی‌داری با قیمت گوشت مرغ دارند. همچنین گیلان‌پور و همکاران (۱۰) در بخشی از مطالعه خود اثر سیاست تغییر قیمت ذرت را بر قیمت گوشت مرغ شبیه‌سازی نمودند. نتایج مطالعه نشان داد که ۱۰ درصد افزایش در قیمت ذرت، قیمت گوشت مرغ را ۸/۶ درصد افزایش می‌دهد. مروری بر مطالعات خارجی نیز نشان می‌دهد که بررسی اثرپذیری قیمت گوشت از قیمت خوراک، بیشتر متمرکز بر ارتباط میان قیمت ذرت و قیمت گوشت خوک است. به طور مثال لی و همکاران (۱۷) در مطالعه خود دریافتند که میان قیمت ذرت و گوشت خوک رابطه غیر متقارن برقرار است. همچنین نتایج مطالعه چن (۴) بیانگر آن است که در بلند مدت قیمت ذرت تاثیر مثبت و معنی‌داری بر قیمت گوشت خوک دارد. وی و هی (۲۹) نیز نتایج مشابهی بدست آوردند. نتایج مطالعه این پژوهشگران حاکی از رابطه معنی‌دار بین قیمت ذرت و قیمت گوشت خوک است. همچنین ژو و چن (۳۰) نشان دادند که قیمت ذرت تأثیر معنی‌داری بر قیمت گوشت خوک دارد.

بررسی چگونگی انتقال قیمت با بکارگیری مدل‌های خطی و غیرخطی امکان‌پذیر است. علی‌رغم توسعه مدل‌های غیرخطی و استفاده گسترده آن در تحلیل چرخه‌های تجاری، کاربرد این روش‌ها در تحلیل قیمت کالاهای اولیه و اساسی کمتر دیده می‌شود (۱۳). این در حالی است که شواهد تجربی نشان می‌دهند که مکانیسم انتقال قیمت در بازار محصولات غذایی اغلب به صورت غیرخطی است (۱۲ و ۳). امروزه تصریح مدل‌های غیرخطی به نحوی توسعه یافته‌اند که امکان لحاظ تغییرات ساختاری به همراه تغییرات زمانی پارامترها را به طور همزمان فراهم می‌آورند (۲۴ و ۲۷). یکی از روش‌های کاربردی در آزمون رفتار غیرخطی قیمت، استفاده از روش رگرسیون انتقال ملایم (STR<sup>1</sup>) است (۳). این روش یک رهیافت غیرخطی در تحلیل سری‌های زمانی است که با در نظر گرفتن یک یا چند آستانه تغییرات نامتقارن در پارامترهای الگو را با یک انتقال ملایم مورد ارزیابی قرار می‌دهد (۱۶). در واقع این مدل امکان وجود چند رژیم و انتقال بین آنها را در بررسی ارتباط میان متغیرهای پژوهش فراهم می‌آورد. به عنوان مثال در مطالعه ولنگ و همکاران (۲۸) انتقال قیمت نامتقارن از ذرت به گوشت خوک در کشور چین با استفاده از رهیافت رگرسیون انتقال ملایم، بررسی شد. نتایج نشان داد که ارتباط قیمتی میان ذرت و گوشت خوک غیرخطی است و الگوی انتقال ملایم در بررسی ارتباط

یا شیب نامیده می‌شود. متغیرهای برون‌زا در اینجا به دو دسته تقسیم شدند، یکی  $Z$  که شامل متغیرهایی است که ضرایب آنها در رژیم‌های مختلف تغییر خواهد داشت و گروه دیگر متغیرهای  $X$  است که ضرایب آنها در بین رژیم‌های مختلف ثابت است. همچنین  $m$  نشاندهنده تعداد رژیم در الگوی مورد مطالعه است، اگر  $m = 2$  باشد معادله رگرسیون آستانه‌ای بالا را می‌توان به فرم زیر بازنویسی کرد:

$$y_t = 1_0(s_t; c; \gamma) \cdot \bar{Z}_t \delta_0 + 1_1(s_t; c; \gamma) \cdot \bar{Z}_t \delta_1 + X_t \alpha + \varepsilon_t \quad (2)$$

اگر تابع شاخص ( $1_j$ ) معادله بالا با تابع انتقال پیوسته  $G$  مقادیری بین صفر و یک را به خود اختصاص می‌دهد، جایگزین شود، الگوی انتقال ملایم (STR) با دو رژیم به ترتیب زیر حاصل می‌شود:

$$y_t = (1 - G(s_t; c; \gamma)) \cdot \bar{Z}_t \delta_0 + G(s_t; c; \gamma) \bar{Z}_t \delta_1 + X_t \alpha + \varepsilon_t \quad (3)$$

گام اساسی در برآورد الگوی (۳) انتخاب متغیر انتقال و فرم تابع انتقال است که با تعیین این دو و تخمین رگرسیون بالا پارامترهای  $\delta_0$ ،  $\delta_1$  و  $\alpha$  و پارامتر آستانه  $c$  و شیب  $(c, \gamma)$  با استفاده از یک مدل حداقل مربعات غیرخطی برآورد می‌گردد. متغیر انتقال می‌تواند یکی از متغیرهای توضیحی، متغیر روند و یا وقفه‌های متغیر وابسته باشد. چنانچه متغیر انتقال  $y_{t-d}$  باشد مدل STR تبدیل به الگوی خودتوضیح انتقال ملایم (STAR) می‌گردد. همچنین فرم‌های متفاوتی که برای تابع انتقال می‌توان در نظر گرفت، شامل لجستیک (۴)، نرمال (۵)، نمایی (۶) و لجستیک درجه دو (۷) به ترتیب زیر می‌باشد:

$$G(s; c; \gamma) = \frac{1}{1 + \exp(-\gamma(s-c))} \quad (4)$$

$$G(s; c; \gamma) = \int_{-\infty}^{\gamma(s-c)} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) dx = \Phi(\gamma(s-c)) \quad (5)$$

$$G(s; c; \gamma) = 1 - \exp(-\gamma(s-c)^2) \quad (6)$$

$$G(s; c; \gamma) = \frac{1}{1 + \exp(-\gamma(s-c_1)(s-c_2))} \quad (7)$$

در فرم‌های ارائه شده در بالا  $\gamma$  مثبت در نظر گرفته می‌شود. هرچه میزان  $\gamma$  افزایش یابد سرعت انتقال بین رژیم‌ها بیشتر خواهد بود و چنانچه  $\gamma \rightarrow \infty$  الگوی انتقال ملایم تبدیل به مدل رگرسیون آستانه‌ای می‌گردد.

به منظور برآورد الگوی غیرخطی STR انجام چند مرحله لازم و ضروری است. در ابتدا لازم است پس از بررسی ایستایی متغیرهای مورد مطالعه، تعداد وقفه بهینه با استفاده از آماره‌هایی همچون آکائیک و شوارتز تعیین شود. سپس آزمون خطی بودن در مقابل غیرخطی بودن برای اطمینان از مناسب بودن روش STR صورت پذیرد. سپس فرم مناسب تابع انتقال و متغیر انتقال تعیین و در نهایت پس از تخمین

مدل چگونگی آزمون خطی و یا غیرخطی بودن بیان گردیده است. مدل رگرسیون انتقال ملایم جزو مدل‌های انتقال رژیم است. مدل‌های انتقال رژیم را می‌توان به دو گروه تقسیم‌بندی کرد. دسته اول مدل‌های چرخش مارکوف<sup>۱</sup> است که در آن رژیم‌ها با استفاده از متغیرهای برون‌زا و غیرقابل مشاهده حالت تعیین می‌شود. در مقابل گروه دیگری از مدل‌ها وجود دارند که در آنها به طور ضمنی فرض می‌شود که انتقال بین رژیم‌ها با استفاده از متغیرهای قابل مشاهده حالت و به صورت درون‌زا تعیین می‌شود. مدل‌هایی که در گروه دوم قرار می‌گیرند شامل SETAR<sup>۲</sup> و STR هستند. تفاوت روش STR با سایر روش‌های غیرخطی مانند الگوی رگرسیون آستانه‌ای (TR<sup>۳</sup>) و الگوی چرخش مارکوف در چگونگی انتقال بین رژیم‌های مختلف است. در حالی که در روش‌های TR و چرخش مارکوف انتقال ناگهانی بین رژیم‌ها را مشخص می‌کند در روش STR انتقال ملایم در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس تغییرات در مدل‌های STR بهتر از مدل‌های گسسته TR ارزیابی می‌شوند (۲۵).

در الگوی رگرسیون انتقال ملایم که از مدل‌های مهم تغییر رژیمی است، علاوه بر اینکه محدودیت شکل تابعی خاص در روابط بین متغیرها وجود ندارد، رابطه غیرخطی احتمالی بین متغیرها با استفاده از متغیر آستانه‌ای و تابع انتقال به صورت پیوسته مدل‌سازی می‌گردد (۱۹). مدل STR دارای ویژگی‌هایی است که آن را از مدل‌های متعارف تک رژیمی متمایز می‌سازد. استفاده از مدل رگرسیونی انتقال ملایم این امکان را فراهم می‌آورد که رابطه میان دو متغیر مورد بررسی وابسته به وضعیت سیستم اقتصادی بوده و الزاماً یک ارتباط ثابت در نظر گرفته نمی‌شود (۱۵). همچنین در بکارگیری مدل STR نیازی به بررسی شکست ساختاری و وارد کردن متغیر موهومی در مدل برای این منظور نیست. بلکه شکست ساختاری و یا تغییر در رژیم‌ها به صورت درون‌زا تعیین می‌شود (۱۱). در نهایت مدل رگرسیونی انتقال ملایم قابلیت مشخص کردن تعداد دفعات و زمان تغییر رژیم را دارد و سرعت انتقال از یک رژیم به رژیم دیگر را نیز به خوبی نشان می‌دهد (۲). بنابراین بررسی دقیق‌تر ارتباط میان قیمت ذرت و گوشت مرغ نیازمند بکارگیری مدل‌های غیرخطی همچون STR است که در این مطالعه سعی شده این مهم فراهم گردد.

برای نمایش یک الگوی STR می‌توان از یک مدل گسسته TR به ترتیب زیر آغاز کرد (۵ و ۱۹):

$$y_t = \sum_{j=0}^{m-1} 1_j(s_t; c; \gamma) \cdot \bar{Z}_t \delta_j + X_t \alpha + \varepsilon_t \quad (1)$$

که در آن  $1_j$  یک شاخص برای نشان دادن رژیم الگو است که وابسته به متغیر قابل مشاهده  $s_t$  به عنوان متغیر گذار یا انتقال است. همچنین  $c$  پارامتر آستانه‌ای یا نقطه تغییر رژیم الگو،  $\gamma$  پارامتر انتقال

در آزمون‌های مطرح شده برای آزمون خطی بودن، فرض شده که متغیر مورد بررسی یک الگوی STR با دو رژیم است. در این شرایط سوالی که مطرح می‌شود این است که آیا بخش غیرخطی مدل نشده‌ای وجود دارد یا خیر. به عبارت دیگر الگوی STR با دو رژیم در مقابل مدل STR با رژیم‌های اضافه (AMRSTR<sup>2</sup>) آزمون شود. معادله (۳) را با در نظر گرفتن سه رژیم می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$y_t = Z_t' \delta_0 + G_1(s_t; c_1; \gamma_1) Z_t' \theta_1 + X_t' \alpha + G_2(s_t; c_2; \gamma_2) Z_t' \theta_2 + \varepsilon_t \quad (11)$$

ایترهیم و تراسویرتا (۷) آزمون LM را برای آزمون مدل LSTAR با دو رژیم را در مقابل AMRSTR بودن آن توسعه دادند. در این شیوه نیز از بسط تیلور همانند آنچه که در قبل توضیح داده شد، استفاده می‌شود.

در این مطالعه به منظور بررسی تأثیر آستانه‌ای قیمت ذرت بر گوشت مرغ از داده‌های ماهیانه برای دوره‌ی زمانی ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۸ موجود در شرکت پیشتیبانی امور دام کشور استفاده شد. همچنین کلیه مراحل تخمین با استفاده از نرم‌افزار Eviews 11 صورت گرفت.

## نتایج و بحث

همان‌گونه که در قسمت روش تحقیق توضیح داده شد، در ابتدا لازم است ایستایی متغیرها مورد بررسی قرار گیرد. برای این منظور از آزمون ریشه واحد فصلی به روش هگی (HEGY<sup>3</sup>) استفاده شد که نتایج آن در جدول ۱ قابل ملاحظه است.

مقایسه مقادیر آماره‌های محاسبه شده با مقادیر بحرانی نشان می‌دهد که تمامی آماره‌های بدست آمده برای قیمت واقعی گوشت مرغ و ذرت حداقل در سطح ۵ درصد معنادار است. بنابراین دو سری قیمت مورد بررسی دارای ریشه واحد فصلی و غیر فصلی نبوده و ایستا هستند. پس از تأیید ایستایی متغیرها آزمون خطی بودن الگو با استفاده از روش لووکونن و همکاران (۱۸) صورت پذیرفت. نتایج حاصل از آزمون خطی بودن در جدول ۲ آورده شده است.

همان‌گونه که در بخش روش تحقیق تشریح شد این آزمون دارای سه بخش است. در قسمت اول نتایج آزمون خطی بودن الگو در مقابل غیرخطی بودن آن را نشان می‌دهد. سطح احتمال برای فرضیه H04 نشان می‌دهد که فرضیه صفر در سطح احتمال ۵ درصد رد می‌شود. بنابراین الگوی غیرخطی در مدل‌سازی رفتار قیمت گوشت مرغ مناسب‌تر است. در این مرحله لازم است که فرم تابع انتقال مشخص گردد. در این راستا نتایج آزمون متوالی تراسویرتا در قسمت دوم جدول ۲ نشان می‌دهد الگوی لاجستیک نسبت به نمای بهتر است. چرا که

الگو، فرضیه نرمال بودن و عدم وجود خودهمبستگی برای جملات پسماند آزمون شود.

نکته اساسی در بکاربردن الگوی انتقال ملایم اثبات رفتار غیرخطی یا نامتقارن در متغیر مورد بررسی است. برای این منظور کافی است که فرضیه  $H_0: \gamma = 0$  در معادله (۳) مورد بررسی قرار گیرد. چنانچه فرضیه صفر مبنی بر خطی بودن الگو رد شود بایستی از بین الگوهای غیرخطی بالقوه، مناسب‌ترین آن انتخاب و پارامترهای الگو تخمین زده شود. لکن استفاده از روش‌های معمول برای آزمون فرضیه صفر به دلیل غیرقابل شناسایی بودن ضرایب الگو، امکان‌پذیر نیست. بنابراین لووکونن و همکاران (۱۳) به ارائه روشی پرداختند که در آن با استفاده از بسط تیلور برای معادله (۳)، فرضیه صفر قابل آزمون شد. استفاده از بسط تیلور در آزمون این فرضیه علاوه بر تعیین خطی بودن یا غیرخطی بودن الگو، فرم مناسب تابع انتقال را نیز می‌تواند تعیین نماید. برای آزمون فرضیه مذکور رابطه (۳) با تقریب تابع انتقال براساس بسط تیلور به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$y_t = c + \beta_0 x_t + \sum_{i=1}^3 \beta_i x_t \phi_t^i + u_t \quad H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0 \quad (8)$$

که در آن  $y_t$  متغیر وابسته،  $x_t$  متغیر مستقل،  $\beta_i$  ضرایب الگو،  $\phi_t^i$  تابع گذار و  $u_t$  جملات پسماند الگو است. در صورتی که فرضیه  $H_0$  رد شود، غیرخطی بودن الگو پذیرفته می‌شود و بایستی از میان الگوهای غیرخطی مناسب‌ترین آن انتخاب شود. با استفاده از ضرایب بسط تیلور و آزمون متوالی تراسویرتا می‌توان فرم تابع انتقال را بین دو حالت نمایی و لاجستیک مشخص کرد. بدین ترتیب از فروض زیر استفاده می‌شود:

$$H_{03}: b_3 = 0 \\ H_{02}: b_2 = 0 \mid b_3 = 0 \quad (9)$$

چنانچه سطح احتمال برای فرضیه  $H_{02}$  کمترین مقدار باشد، فرم مناسب برای تابع انتقال فرم نمایی است و در غیر این صورت مدل لاجستیک گزینه بهتری خواهد بود. همچنین آزمون دیگری که با استفاده از ضرایب بسط تیلور برای تعیین فرم تابع انتقال می‌توان انجام داد، آزمون اسکیربیانو-جردا<sup>۱</sup> است. که در آن دو فرضیه به ترتیب زیر مورد آزمون قرار می‌گیرد:

$$H_{0L}: b_2 = b_4 = 0 \\ H_{0E}: b_1 = b_3 = 0 \quad (10)$$

در این آزمون فرضیه  $H_{0L}$  آزمون خطی بودن در مقابل لاجستیک و  $H_{0E}$  به تشخیص نمایی بودن در مقابل خطی بودن تابع انتقال می‌پردازد.

مقدار احتمال برای فرضیه H2 کوچکترین مقدار نیست و به عبارتی بزرگتر از سطح احتمال فرضیه H1 است.

جدول ۱- نتایج آزمون ریشه واحد فصلی  
Table 1- Seasonal Unit Root Test results

فراوانی / متغیر Variable/frequency	قیمت گوشت مرغ ( $PM_t$ ) Chicken meat price	قیمت ذرت ( $PC_t$ ) Corn price
0	-2.31***	-2.03**
$\pi$	-4.42**	-3.32***
$\pi/2$	18.67***	6.88*
$2\pi/3$	18.12***	13.30**
$\pi/3$	20.65**	7.30*
$5\pi/6$	23.61**	16.06**
$\pi/6$	16.46**	9.92**
کلیه فراوانی‌های فصلی All seasonal frequencies	23.09**	13.53**
کلیه فراوانی‌ها All frequencies	21.47**	12.94**

\*\*\* و \*\* به ترتیب نشان دهنده رد فرضیه صفر در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشند.

\*\*\* & \*\* represent the rejection of the null hypothesis at the probability level of 1 and 5%, respectively.

جدول ۲- آزمون خطی بودن در مقابل گزینه‌های غیر خطی بودن  
Table 2- Smooth Threshold Linearity Tests against nonlinear alternatives

نام آزمون Tests	فرضیه صفر Null Hypothesis	سطح احتمال p-value
آزمون خطی Linearity Tests	H04: $b_1=b_2=b_3=b_4=0$	0.016
	H03: $b_1=b_2=b_3=0$	0.016
	H02: $b_1=b_2=0$	0.016
	H01: $b_1=0$	0.017
آزمون متوالی تراسورتا Terasvirta Sequential Tests	H3: $b_3=0$	NA
	H2: $b_2=0 \mid b_3=0$	0.2076
	H1: $b_1=0 \mid b_2=b_3=0$	0.0165
آزمون اسکریبانو - جوردا Escribano-Jorda Tests	HOL: $b_2=b_4=0$	0.0428
	H0E: $b_1=b_3=0$	0.0458
آزمون الگوی STR با رژیم در مقابل AMRSTR The two-regime STAR model against the AMRSTR test	H04: $b_1=b_2=b_3=b_4=0$	0.1880

ماخذ: یافته‌های پژوهش

Source: Research findings

رژیم در مقابل الگویی با رژیم‌های اضافه، نشان داده شده است. همانگونه که قابل ملاحظه مقدار آماره F از سطح بحرانی آن بیشتر نبوده و فرضیه صفر پذیرفته است. بنابراین استفاده از الگوی انتقال ملایم با دو رژیم مناسب است.

انتخاب متغیر انتقال یکی دیگر از مراحل تخمین رگرسیون انتقال ملایم است. از آنجایی که تعداد وقفه بهینه با استفاده از آماره آکائیک ۳ وقفه انتخاب شد، ۳ وقفه متغیر قیمت گوشت مرغ (PM) و قیمت ذرت (PC) برای تعیین متغیر انتقال مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج جدول ۳ وقفه اول متغیر قیمت گوشت مرغ (PM(-1)) با کمترین مجموع مربعات خطا معادل ۱/۱۳۳۰ به عنوان متغیر انتقال

همچنین در قسمت سوم این جدول نتایج حاصل از آزمون اسکریبانو-جوردا ارائه شده است. اعداد ارائه شده حاکی از آن است که سطح احتمال برای فرضیه HOL از HOE کمتر است. بنابراین فرم پیشنهادی مدل نمایی در مقابل خطی بودن برای الگوی مورد مطالعه است. بنابراین از هر دو فرم نمایی و لجستیک برای تابع انتقال در تخمین الگوی رگرسیون انتقال ملایم استفاده شد و سپس بر اساس معیارهای کمترین مقدار مجموع مربع خطا، نرمال بودن جملات پسماند و عدم خودهمبستگی میان جملات پسماند، فرم مناسب که مدل نمایی برای تابع انتقال بود انتخاب شد. ردیف آخر جدول ۲ نتایج حاصل از آزمون LM را برای آزمون انتخاب الگوی انتقال ملایم با دو



جدول ۳- انتخاب متغیر انتقال

Table 3- Threshold variable chosen

متغیر Variable	PC	PC (-1)	PC (-2)	PC(-3)	PM(-1)	PM(-2)	PM(-3)
مجموع مربع خطا SSR	1.1354	1.1453	1.1499	1.1504	1.1330	1.1434	1.1473

ماخذ: یافته‌های پژوهش

Source: Research findings

با توجه به آزمون‌های انجام شده، تاثیر آستانه‌ای قیمت ذرت بر قیمت گوشت مرغ با استفاده از مدل ESTAR با متغیر PM(-1) به عنوان متغیر گذار برآورد شد و نتایج حاصل از آن در جدول ۴ قابل ملاحظه است:

جدول ۴- نتایج برآورد رگرسیون انتقال ملایم نمایی

Table 4- The Results of Exponential Smooth Threshold Regression

متغیر Variable	ضریب Coefficient	آماره t t Statistics	سطح احتمال Sig
قسمت خطی Linear part	c	-80.75	0.0000
	PC	1.61	0.7011
	PC(-1)	-5.54	0.5272
	PC(-2)	24.47**	0.0424
	PC(-3)	-17.51**	0.0116
	PM(-1)	1.61***	0.0000
	PM(-2)	-0.755***	0.0030
قسمت غیرخطی Nonlinear part	C	82.83***	0.0000
	PC	1.567	0.7297
	PC(-1)	3.406	0.7093
	PC(-2)	-24.19**	0.0483
	PC(-3)	19.48***	0.0056
	PM(-1)	-0.539**	0.0389
	PM(-2)	0.418*	0.0938
شیب Slop	$\gamma$	0.21*	0.097
آستانه Threshold	C	1028.67***	0.000
R-squared=0.88      D-W Stat=1.87      Breusch-Godfrey F Stat=2.16      Jarque-Bera=3.50			

ماخذ: یافته‌های پژوهش

Source: Research findings

سال ۱۳۹۹، معادل ۲۸۸۰۰ تومان می‌باشد. با مقادیر برآورد شده برای پارامتر شیب و آستانه، تابع انتقال به صورت زیر خواهد بود:

$$G(0.21, 1028.6, PM(-1)) = 1 - \exp(-0.21(PM(-1) - 1028.6)^2)$$

که در قسمت خطی الگو مقدار تابع انتقال برابر صفر (G=0) است. بنابراین برای رژیم اول معادله‌ای به ترتیب زیر خواهیم داشت:

$$PM_t = -80.75 + 24.37 PC(-2) - 17.51 PC(-3) + 1.61 PM(-1) - 0.75 PM(-2)$$

مقدار آماره F در آزمون بروج گادفری و آماره جاکو-برا نشان می‌دهد الگوی برآوردی خودهمبستگی میان اجزای اخلاص و عدم نرمال بودن جملات پسماند را ندارد. براساس نتایج ارائه شده در جدول بالا مقدار پارامتر شیب ( $\gamma$ ) برابر ۰/۲۱ می‌باشد و نشان می‌دهد که حرکت رشد قیمت گوشت مرغ از حد آستانه‌ای به بالاتر از آن برابر ۰/۲۱ می‌باشد و مقدار پایین  $\gamma$  نشان از انتقال ملایم بین دو رژیم دارد. همچنین مقدار آستانه‌ای قیمت واقعی گوشت مرغ ۱۰۲۸/۶ می‌باشد که با در نظر گرفتن شاخص قیمت کالا و خدمات مصرفی در

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه افزایش سرمایه‌گذاری در صنعت مرغداری طی سال‌های اخیر و همچنین نوسانات قیمت گوشت مرغ در ایران، در این مطالعه اثر آستانه‌ای تغییرات قیمت ذرت بعنوان یکی از نهاده‌های پر اهمیت در صنعت طیور بر قیمت گوشت مرغ مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور با توجه به اثبات غیر خطی بودن رابطه میان قیمت ذرت و گوشت مرغ و پایین بودن مقدار شیب انتقال، از مدل رگرسیون انتقال ملایم استفاده شد. همچنین داده‌های مورد استفاده شامل قیمت ماهانه ذرت و گوشت مرغ برای دوره ۱۳۷۱ الی ۱۳۹۸ از مرکز پشتیبانی امور دام استخراج گردید.

با توجه به ایستایی داده‌ها بر اساس آزمون ریشه واحد فصلی هگی، خطی و غیر خطی بودن مدل با استفاده از آزمون لوکونن و همکاران (۱۸) بررسی شد. نتایج آزمون حاکی از برتری مدل لوجستیک و نمایی در مقابل مدل خطی است. همچنین بر اساس معیار کمترین مقدار مجموع مربع خطا، نرمال بودن جملات پسماند و عدم وجود خود همبستگی، فرم نمایی برای برآورد مدل انتخاب شد. همچنین آزمون LM نشان داد که انتخاب الگوی انتقال ملایم با دو رژیم برتر از رژیم‌های اضافه است. در ادامه بر اساس کمترین مقدار مجموع مربعات خطا، وقفه اول لگاریتم قیمت گوشت مرغ بعنوان متغیر انتقال انتخاب شد و نهایتاً تاثیر آستانه‌ای قیمت ذرت بر قیمت گوشت مرغ با استفاده از مدل ESTAR برآورد شد.

نتایج برآورد مدل نشان داد که اثرپذیری قیمت گوشت مرغ از قیمت ذرت به صورت غیر خطی و در چهارچوب یک مدل دو رژیمی است که در آن مقدار آستانه‌ای قیمت واقعی گوشت مرغ برابر ۱۰۲۸/۶ ریال (معادل قیمت اسمی ۲۸۸۰۰ تومان) به ازای هر کیلو می‌باشد. همچنین نتایج مطالعه بیانگر آن است که تاثیر قیمت ذرت با دو وقفه زمانی پس از گذار از رژیم اول و مقدار آستانه‌ای، متفاوت از قبل خواهد شد و جهت اثرگذاری تغییر خواهد کرد. بعلاوه آنکه در رژیم اول وقفه دوم قیمت ذرت بیشترین تاثیر را داشته است، اما در رژیم دوم وقفه سوم قیمت ذرت دارای بالاترین تاثیر می‌باشد. علاوه بر این کشش‌پذیری قیمت گوشت مرغ نسبت به تغییرات قیمت ذرت در سطح بالاتر از قیمت آستانه‌ای بسیار بیشتر از سطوح پایین‌تر از آن است.

بر اساس معناداری قیمت ذرت بر قیمت گوشت مرغ تا چند دوره متوالی لزوم اتخاذ سیاست‌های مناسب، از جمله سیاست‌های ارزی و تجاری و بویژه تعرفه‌های گمرکی، ثبات قیمت را در قیمت ذرت بعنوان یکی از مهمترین نهاده‌های صنعت مرغداری نشان می‌دهد. چراکه از این طریق قادر خواهد بود از نوسانات قیمت گوشت مرغ جلوگیری نماید. همچنین عدم تقارن ارتباط قیمتی ذرت و گوشت مرغ نشان می‌دهد که در نظر گرفتن یک نسبت ثابت میان قیمت ذرت و

همانگونه که نتایج مدل حدی اول نشان می‌دهد اثرگذاری قیمت ذرت بر قیمت گوشت مرغ با تأخیر دو دوره‌ای معنادار شده است. علت این امر می‌تواند ناشی از دوره‌ی زمانی فرایند تولید گوشت مرغ باشد که حدود ۵۰ روز نیاز به زمان دارد و دامدار با تهیه نهاده‌ها در ابتدای دوره محصول خود را پس از ۱/۵ ماه بعد به بازار عرضه می‌نماید. در حالی که قیمت گوشت مرغ در دو وقفه اثر معناداری بر قیمت گوشت مرغ در دوره جاری داشته است و بیشترین اثر بر طبق انتظار مربوط به وقفه اول بوده است. البته با توجه به غیرمقارن بودن الگوی تغییرات قیمت گوشت مرغ این ضرایب ثابت نیست و با افزایش قیمت واقعی گوشت مرغ از آستانه ۱۰۲۸/۶ ریال، تغییر خواهد کرد که نتایج آن برای رژیم دوم به شکل معادله زیر است:

$$PM_t = 82.83 - 24.19 PC(-2) + 19.48 PC(-3) - 0.53 PM(-1) + 0.41 PM(-2)$$

ضرایب الگوی رژیم دوم نشان می‌دهد که اثر تغییرات قیمت ذرت بر قیمت گوشت مرغ در قیمت‌های بالاتر از آستانه از نظر علامت با رژیم اول کاملاً متفاوت است اما در الگوی بالاتر از آستانه همانند الگوی خطی وقفه دوم و سوم قیمت ذرت اثر معنادار دارد. این نتیجه با نتایج مطالعه مشایخی و حاجی زاده فلاح (۱۵) همخوانی دارد. چرا که این محققین نیز به این نتیجه رسیدند که نوسانات قیمت ذرت دارای بیشتری تاثیر بر قیمت گوشت مرغ در ایران است. همچنین نتایج مطالعه حاضر بیانگر آن است که اثر قیمت گوشت مرغ با یک وقفه بر قیمت جاری آن کاهش یافته است. بنابراین انتقال تغییرات قیمت ذرت بر قیمت گوشت مرغ نه تنها با تأخیر دو دوره‌ای (دو ماهه) صورت می‌گیرد بلکه در سطوح متفاوت قیمتی گوشت مرغ میزان اثرگذاری متفاوتی دارد. به نحوی که ضرایب محاسبه شده در جدول ۴ نشان می‌دهد که افزایش یک درصدی قیمت واقعی ذرت در دوره جاری با فرض ثابت بودن سایر شرایط موجب افزایش ۰/۴ درصدی قیمت واقعی گوشت مرغ در سه ماه بعد می‌گردد، البته این در شرایطی است که سطح قیمت پایین‌تر از مقدار آستانه‌ای باشد. اگر سطح قیمت بالاتر از حد آستانه‌ای محاسبه شده باشد، افزایش یک درصدی قیمت ذرت موجب افزایش ۱/۲ درصدی قیمت گوشت مرغ می‌گردد. به عبارتی در سطوح قیمتی بالاتر از آستانه تغییرات قیمت گوشت مرغ نسبت به قیمت ذرت بر خلاف قیمت‌های پایین‌تر از آستانه، کشش پذیر است. همچنین نتایج ارائه شده در جدول ۴ نشان می‌دهند که اثر تغییرات قیمت گوشت مرغ با فرض ثابت بودن قیمت ذرت تا دو دوره بعد باقی خواهند ماند. البته میزان چسبندگی قیمت گوشت مرغ در مقادیر بالاتر از آستانه کمتر از مقادیر پایین‌تر از آن است. به این ترتیب که در مقادیر بالاتر از آستانه افزایش یک واحدی قیمت گوشت مرغ در دوره جاری موجب افزایش ۰/۶۹ واحدی قیمت در دو دوره بعد می‌شود که این میزان حدود ۳۳ درصد مقادیر پایین‌تر از آستانه است.

حد آستانه‌ای تاثیر وقفه اول قیمت گوشت مرغ کمتر می شود. لذا در صورت افزایش قیمت در یک دوره انتظار می رود قیمت در دوره آتی نیز تحت تاثیر قرار گیرد. با توجه به وجود چسبندگی قیمت گوشت مرغ لازم است تا دولت با هدف تامین امنیت غذایی، از نوسانات قیمت گوشت مرغ جلوگیری نماید. در این خصوص علاوه بر اجرای سیاست‌های قیمتی مؤثر بر قیمت نهاده‌های صنعت طیور، بر اساس نتایج قسمت قبل، کنترل قیمت ذرت مهمترین عامل است.

قیمت گوشت مرغ صحیح نبوده و موجب انحراف اثرات سیاستی در بازار این محصول خواهد شد. به عبارتی ایجاد ثبات قیمتی در بازار گوشت مرغ در شرایط قیمتی بالاتر از ۲۸۸۰۰ تومان مستلزم حمایت‌های گسترده‌تر در زمینه کنترل قیمت و تامین نهاده ذرت است. چرا که ایجاد شوک در بازار نهاده ذرت می‌تواند قیمت این محصول را تا سه برابر بیشتر از سطوح قیمت پایین‌تر از آستانه تحت تاثیر قرار دهد. یکی دیگر از نتایج مطالعه تاثیر وقفه اول و دوم قیمت گوشت مرغ بر قیمت دوره جاری در هر دو رژیم است. البته با گذار از

## منابع

- 1- Abdi A., and Rezaei A. 2009. Predicting corn and soybean meal prices using neural-fuzzy network. 6<sup>th</sup> Iranian Agricultural Economics Conference, Mashhad, Iran. (In Persian with English abstract)
- 2- Alizadeh M., Golkhandan A., and Sahebeh Mohamadian M. 2015. Threshold effects of external debt on economic growth of Iran: smooth transition regression (STR) model. Quarterly Journal of Applied Theories of Economics 2(2): 1-24.
- 3- Barboza G., Gavinelli L., Pedo V., Mazzucchelli A., and Di Gregorio A. 2020. A contribution to the empirics of food price behavior: the case of rice price dynamics in Italy. British Food Journal 123(1): 1-22.
- 4- Chen C. 2012. Analysis of the interactive relationship between the vertical market price of the hog industry in China. Price, Theory and Practice 1: 39-40.
- 5- Dick V.D., Tersvirta T., and Franses P.H. 2002. Smooth transition autoregressive models: a survey of recent developments. Econometric Reviews 21(1): 1-47.
- 6- Dick V.D., Tersvirta T., and Franses P.H. 1999. Modeling multiple regimes in the business cycle. Macroeconomic Dynamics 3(3): 311-340.
- 7- Eitrheim Ø., and Teräsvirta T. 1996. Testing the adequacy of smooth transition autoregressive models. Journal of Econometrics 74(1): 59-75.
- 8- Ghadami Kohestani M., Nikoukar A., and Dourandish A. 2011. Threshold Price Transmission Model in Iranian Chicken Market. Journal of Economics and Agricultural Development 24(3): 384. (In Persian with English abstract)
- 9- Ghahremanzadeh M., Dashti GH., and Rassouli Birami Z. 2016. Price Volatility and Conditional Correlation of Livestock and Poultry Vertical Market Levels in Iran: Using Constant and Time varying Conditional Correlation Models. Agricultural Economics 10(3): 19-46. (In Persian with English abstract)
- 10- Gilanupour A., Kohansal M., Permeh Z., and Ismailipour A. 2012. Investigating the effect of government interventions in the chicken meat market. Business Research Journal 63: 168-137. (In Persian with English abstract)
- 11- Hadian E., and Oji Mehr S. 2014. Investigating the behavior of foreign exchange market pressure index in Iran: using a smooth transition autoregressive model (STAR). Quarterly Journal of Applied Economics Studies in Iran 3(10): 247-266.
- 12- Hassouneh I., Serra T., and Gil J.M. 2010. Price transmission in the Spanish bovine sector: the BSE effect. Agricultural Economics 41(1): 33-42.
- 13- Holt M.T., and Craig L.A. 2006. Nonlinear dynamics and structural change in the US. Hog-corn cycle: a time-varying STAR approach. American Journal of Agricultural Economics 88(1): 215-233.
- 14- Jafari M. 2018. Non-linear effects of economic globalization on income inequality in Iran: smooth transition regression (STR) model. Journal of Economic Growth and Development Research 8(29): 61-76. (In Persian with English abstract)
- 15- Jafari Samimi A., Montazeri Shoorekchali J., and Tatar M. 2014. Life Expectancy and Economic Growth in Iran: Smooth Transition Regression (STR) Approach. Journal of Economic Growth and Development Research 4(13): 117-128. (In Persian with English abstract)
- 16- Kim S.W., and Bhattacharya R. 2009. Regional housing prices in the USA: an empirical investigation of nonlinearity. The Journal of Real Estate Finance and Economics 38(4): 443-460.
- 17- Li M., Yang J., and Xu Z. 2012. Impacts of feeding patterns on fluctuations and cycle of pork price: a comparison between china, the United States and Japan. Issues in Agricultural Economy, 12.
- 18- Luukkonen R., Saikkonen P., and Teräsvirta T. 1988. Testing linearity against smooth transition autoregressive models. Biometrika 75(3): 491-499.
- 19- Martin V., Hurn S., and Harris D. 2013. Econometric modelling with time series. Cambridge University Press, New York.
- 20- Mashayekhi S., and Hajizadeh Fallah M. 2011. The study of factors affecting the chicken meat market in Iran

- (application of self-regression vector model). *Economic Research Journal* 11(1): 154-131. (In Persian with English abstract)
- 21- Moghaddasi R., and Yousefi Moteghaed H. 2011. Price Discovery in Chicken Market: An Application of Directed Acyclic Graph. *Journal of Agricultural Economics Researches* 3(2): 79-98.
  - 22- Pishbahar E., Ferdosi R., and Assadollahpour F. 2019. Price Transmission of Chicken: Application of Vector Autoregressive Markov-Switching (MSVAR). *Approach, Agricultural Economics* 9(2): 57-72.
  - 23- Rassouli Birami Z., Ghahremanzadeh M., and Dashti Gh. 2012. Analysis of Price Integration in Iran's Broiler Market. *Agricultural Economic and Development* 20(78): 200- 211. (In Persian with English abstract)
  - 24- Skalin J., and Terasvirta T. 2002. Modeling Asymmetries and Moving Equilibria in Unemployment Rates. *Macroeconomic Dynamics* 6(2): 202-41.
  - 25- Teräsvirta T. 1994. Specification, estimation, and evaluation of smooth transition auto regression models. *Journal of the American Statistical Association* 89(425): 208-218.
  - 26- Vajdi F., Ghahremanzadeh M., and Hosseinzad J. 2018. Risk Spillover Effect of Exchange Rate on Chicken Market and its Major Inputs in Iran. *Journal of Economics and Agricultural Development* 32(3): 213-225. (In Persian with English abstract)
  - 27- Van Dijk D., Terasvirta T., and Franses P.H. 2002. Smooth transition autoregressive models - a survey of recent developments. *Econometric Reviews* 21(1): 1-47.
  - 28- Wang G.Y., Si R.X., Li C.X., Zhang G.T., and Zhu N.Y. 2018. Asymmetric price transmission effect of corn on hog: evidence from China. *Agricultural Economics* 64(4): 186-196.
  - 29- Wei J., and He P.M. 2013. Empirical research on the relationship between the pigs lets price and hog price fluctuation. *Feed Industry* 21: 60-64.
  - 30- Zhou J., and Chen L. 2014. Research on the asymmetric price transmission of pork industry chain in China based on threshold model. *Inquiry into Economic* 1: 127-134.

## Assessing the Asymmetric Effect of Corn Price on Chicken Meat Price in Iran

Z. Shokoohi<sup>1\*</sup> - M.H. Tarazkar<sup>2</sup> - F. Nasrnia<sup>3</sup>

Received: 18-04-2021

Accepted: 28-06-2021

**Introduction:** Studying Iran's poultry sector shows that the feed costs account for a large portion of the total cost of poultry production. Besides, corn as the feed for poultry had the largest share of total feed cost. According to the governmental trade policy and exchange rate variability, corn prices fluctuate in Iranian market. However, the demand for chicken meat has increased in recent years. This is due to the relative increase in the price of red meat compared to chicken, as well as promoting the health benefits of consuming white meat (chicken and fish). However, the chicken meat market has been accompanied by price shocks and price increases, and these fluctuations are one of the main challenges of poultry industry in the country. Examining the cost of production inputs in the Iranian poultry industry shows that poultry feed costs, especially corn, accounts for the largest share.

**Materials and Methods:** In this study, the smooth transition autoregressive (STAR) model was used to investigate the threshold effect of corn price, as one of the most important inputs of poultry feed, on the price of chicken meat. This method is a nonlinear approach of time series analysis which evaluates the asymmetric changes in the pattern parameters with a smooth transition by considering one or more thresholds. Nonetheless, this model allows several regimes and the transition among them to examine the relationship among research variables which is more realistic than that obtained using the traditional linear regression model. To estimate the nonlinear STAR model, monthly data of corn and chicken meat prices from 1993 to 2020 were collected from the State Livestock Affairs Logistics (S.L.A.L). Several steps were performed to estimate the STAR model. First, data stationary was tested using the seasonal Hylleberg, Engle, Granger, and Yoo (HEGY) unit root test. After investigating the order of variables, the optimal number of lags was determined using the Akaike information criterion (AIC). Smooth threshold linearity versus nonlinearity test was then performed to ensure that the STAR method was appropriate. Then, the applicable forms of transfer function and transfer variable were determined. Finally, after estimating the model, the hypotheses of normality and non-autocorrelation of residuals were tested.

**Results and Discussion:** HEGY seasonal unit root test indicates that the logarithms of corn and chicken meat prices do not have seasonal and non-seasonal unit roots, and these data are stationary. Then, three lags are selected as the optimal number of lags using the AIC, and the first lag of chicken meat logarithm is determined as the best transition variable based on the minimum sum of squares of error. Besides, nonlinearity tests suggest that the Exponential Smooth Transition Auto-regression (ESTAR) specification with two-regime switching fits the data better. The empirical results imply that the real threshold value of chicken meat price is statistically significant and equal to 1028.6 Rails. According to the consumer price index in 2020, the nominal threshold value of chicken meat price is 28800 Rails. Therefore, 1% increase in the price of corn will increase chicken meat price by 0.4% and 1.2% in the lower and upper regimes, respectively, after three months.

**Conclusion:** In this study, the threshold effect of corn price as one of the most important inputs of poultry feed on the price of chicken meat was investigated using Smooth Transition Regression (STR) model. This study's results show that the effect of corn price on meat price is nonlinear and asymmetric. The asymmetry feature is revealed in three aspects: lagged impact, direct impact, and the strength of influence. Based on the results, it is suggested that the government adopt appropriate policies to establish the stability in corn price as one of the most important inputs of poultry industry via foreign exchange and trade policies. Thus, fluctuations in the price of chicken meat can be prevented. It is also expected that if the chicken meat price increases in one period, the price in the next period will also be affected by the relationship between the first lagged chicken meat prices and its current period prices in both regimes. Therefore, the government should prevent fluctuations in chicken meat prices to ensure food security. In this regard, in addition to implementing pricing policies affecting the price of poultry industry inputs, based on the results of the previous section, controlling the price of corn is the most

1, 2 and 3— Assistant Professor of Agricultural Economics, Shiraz University, Iran

(\*- Corresponding Author Email: z\_shokoohi@shirazu.ac.ir)

DOI: 10.22067/JEAD.2021.69872.1031

important factor.

**Keywords:** Corn price, Chicken meat price, Smooth transition autoregressive model



## Contents

<b>Potato Energy and Material Flow Cost Accounting in Hamadan Province, Iran</b>	119
M. Dekamin	
<b>Investigating Rice Consumers' Preferences for Payment for Ecosystem Services of Sefidrood River</b>	132
P. Tonakbar - H. Amirnejad- S. Shirzadi Laskookalayeh	
<b>Data Envelopment Analysis in Uncertainty Conditions to Improve the Energy Consumption in Mazandaran Kiwi Orchards</b>	146
M. Sabaghi Alamshiri - M. Taki- M. Mardani Najafabadi- A. Marzban	
<b>Nutrient Consumption, Diversity and Food Security of the Income deciles of Tehran Province</b>	160
<b>M. Rafaati - M. Shabanzadeh-Khoshrody- E. Javdan</b>	
<b>Water Shortage Risk Assessment Using an Interactive Two-stage Stochastic Programming Model (Case Study: Marand Basin)</b>	178
J. Hosseinzad - M. Raei	
<b>Risk Management of Iran's Corn Import</b>	191
F. Fathi - E. Ghorbanian	
<b>Assessing the Asymmetric Effect of Corn Price on Chicken Meat Price in Iran</b>	204
Z. Shokoohi - M.H. Tarazkar - F. Nasrnia	



# Agricultural Economics & Development

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol. 35

No. 2

2021

**Published by:** Ferdowsi University of Mashhad (College of Agriculture)Iran.

**Editor in charge:** Valizadeh, R. (Ruminant Nutrition)

**General Chief Editor:** Shahnoushi, N(Economics & Agricultural)

## Editorial Board:

Akbari, A	Agricultural Economics	Prof. University of Sistan & Baluchestan.
Bakhshoodeh, M	Agricultural Economics	Prof. Shiraz University.
Daneshvar Kakhki, M	Agricultural Economics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Dourandish, A	Agricultural Economics	Asso Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Homayounifar, H	Economics	Asso Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Karbasi, A.R	Agricultural Economics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Mahdavi Adeli, M.H	Economics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Najafi, B	Agricultural Economics	Prof. Shiraz University.
Shida Rastegari Henneberry	Agricultural Economics	Prof. Oklahoma State University
Sadr, K	Agricultural Economics	Prof. University of Shahid Beheshti.Tehran.
Salami, H	Agricultural Economics	Prof. Tehran University.
Shahnoushi, N	Agricultural Economics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Sabouhi sabouni, M	Agricultural Economics	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Saghaian, S.H	Agricultural Economics	Prof. Department of Agricultural Economics, University of Kentucky, UK.
Zibaei, M	Agricultural Economics	Prof. Shiraz University.

**Publisher:** Ferdowsi University of Mashhad (College of Agriculture).

**Printed by:** Ferdowsi University of Mashhad, press.

**Address:** College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

**P.O.BOX:** 91775- 1163

**Fax:** +98 -0511- 8787430

**E-Mail:** Jead2@um.ac.ir

**Web Site:** <https://jead.um.ac.ir/>



Ferdowsi University  
of Mashhad

Vol.35

No.2

2021

# Journal of Agricultural Economics & Development

(Agricultural Sciences and Technology)

ISSN:2008-4722

## Contents

- Potato Energy and Material Flow Cost Accounting in Hamadan Province, Iran ..... 119**  
M. Dekamin
- Investigating Rice Consumers' Preferences for Payment for Ecosystem Services of Sefidrood  
River ..... 132**  
P. Tonakbar - H. Amirnejad- S. Shirzadi Laskookalayeh
- Data Envelopment Analysis in Uncertainty Conditions to Improve the Energy  
Consumption in Mazandaran Kiwi Orchards ..... 146**  
M. Sabaghi Alamshiri - M. Taki- M. Mardani Najafabadi- A. Marzban
- Nutrient Consumption, Diversity and Food Security of the Income deciles of Tehran Province  
M. Rafaati - M. Shabanzadeh-Khoshrody- E. Javdan..... 160**
- Water Shortage Risk Assessment Using an Interactive Two-stage Stochastic Programming  
Model (Case Study: Marand Basin) ..... 178**  
J. Hosseinzad - M. Raei
- Risk Management of Iran's Corn Import ..... 191**  
F. Fathi - E. Ghorbanian
- Assessing the Asymmetric Effect of Corn Price on Chicken Meat Price in Iran..... 204**  
Z. Shokoohi - M.H. Tarazkar - F. Nasrnia