Relation between Global Crude Oil Prices and Agricultural Production Prices

Page Number
109–127

M. Farahani Nik [1], M. Damankeshideh [2*], M. Keyghobadi [3] and N. Moosavi[4]

1) PhD student in Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2) Assistant Professor, Department of Economics, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
3) Assistant Professor, Department of Industrial Management, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4) Professor, Department of Economics, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Fars, Iran.

*Corresponding author: **m.damankeshideh@iau.ac.ir**

Received date: 2024.12.18 **Accepted date: 2024.08.15**

Abstract

Examining the relationship between crude oil prices and agricultural product prices from the perspectives of food security and energy market efficiency is a critical issue in policymaking. This study aims to analyze the effect of oil price fluctuations on agricultural product prices in three dimensions: long-term, short-term, and price transmission, focusing on the two indicators of grains and raw sugar. In this regard, annual data from 2000 to 2024 and econometric methods based on time-series analysis were employed. To analyze the price transmission mechanism between crude oil and agricultural products, vector autoregressive models and error correction models were used to determine the direction and speed of price transmission across different time horizons. The findings indicate a significant long-term relationship between crude oil prices and agricultural product prices. Additionally, evidence of convergence during the study period suggests the existence of short-term dependencies among these variables. An examination of price trends from 2000 to 2024 shows that severe oil price fluctuations, especially during upward phases, have exerted a considerable upward pressure on agricultural product prices. These results emphasize the importance of simultaneously considering both long-term and short-term dimensions in macroeconomic analyses and policymaking related to food security and the energy market. Based on the study findings, policymakers are advised to manage the effects of oil price fluctuations on the agricultural product market by implementing measures to reduce dependence on energy-intensive inputs in the production process and by supporting efficient technologies. Furthermore, to achieve a more precise understanding, it is suggested that future studies examine the relationships for each agricultural product separately.

Keywords: Energy prices; Grains; Raw Sugar; Food; Autoregressive model

رابطه میان قیمت جهانی نفت خام و قیمت تولیدات کشاورزی

شماره صفحات
۱۲۷-۱۰۹

محمود فراهانی نیک[۱]، مرجان دامن کشیده[۲]*، امیررضا کیقبادی[۳] و سید نعمت اله موسوی[۴]

۱) دانشجوی دکترای اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲) استادیار، گروه اقتصاد، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۳) استادیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۴) استاد، گروه اقتصاد، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، فارس، ایران.

*ایمیل نویسنده مسئول: **m.damankeshideh@iau.ac.ir**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۸

چکیده

بررسی ارتباط بین قیمت نفت خام و قیمت محصولات کشاورزی از جنبه‌های امنیت غذایی و کارایی بازار انرژی، موضوعی حیاتی در سیاست‌گذاری به شمار می‌رود. این پژوهش با هدف تحلیل اثر نوسانات قیمت نفت بر قیمت محصولات کشاورزی در سه حوزه بلندمدت، کوتاه‌مدت و انتقال قیمت، با تمرکز بر دو شاخص غلات و شکر خام انجام شده است. در این راستا از داده‌های سالانه دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ و با بهره‌گیری از روش‌های اقتصادسنجی مبتنی بر تحلیل سری‌های زمانی استفاده گردید. برای تحلیل مکانیسم انتقال قیمت بین نفت خام و محصولات کشاورزی، از مدل‌های خودرگرسیونی برداری و مدل‌های تصحیح خطا بهره‌برداری شد تا جهت و سرعت انتقال قیمت در افق‌های زمانی مختلف مشخص شود. یافته‌های تحقیق حاکی از وجود رابطه معنادار بلندمدت بین قیمت نفت خام و قیمت محصولات کشاورزی است. همچنین شواهد هم‌گرایی در دوره مطالعه، نشان از وجود وابستگی‌های کوتاه‌مدت بین این متغیرها دارد. بررسی روند تغییرات قیمت‌ها در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ نشان می دهد که نوسانات شدید قیمت نفت، به‌ویژه در فازهای صعودی، فشار افزایشی قابل‌توجهی بر قیمت محصولات کشاورزی وارد کرده است. این نتایج بر اهمیت توجه همزمان به ابعاد بلندمدت و کوتاه‌مدت در تحلیل‌های کلان اقتصادی و سیاست‌گذاری های مرتبط با امنیت غذایی و بازار انرژی تأکید دارد. بر اساس یافته‌های پژوهش، به سیاست‌گذاران توصیه می‌شود با اجرای راهکارهای کاهش وابستگی به نهاده‌های انرژی‌بر در فرآیند تولید و حمایت از فناوری‌های کارآمد، اثرات نوسانات قیمت نفت بر بازار محصولات کشاورزی را مدیریت نمایند. همچنین برای دستیابی به درکی دقیق‌تر، پیشنهاد می‌گردد مطالعات آینده به بررسی روابط برای هر محصول کشاورزی به صورت مجزا بپردازند.

واژه‌های کلیدی: قیمت انرژی، غلات، شکر خام، غذا، مدل خودرگرسیونی

مقدمه

نقش نفت در اقتصاد جهانی به‌عنوان یکی از منابع انرژی اساسی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است؛ این ماده جوهره اقتصاد جهانی مدرن را تشکیل می‌دهد. درگذشته، نفت سهم عمده‌ای در تأمین انرژی ایفا می‌کرد و کارشناسان معتقدند که این سلطه ادامه خواهد داشت. از جمله جهش‌های قابل توجه، افزایش قیمت هر بشکه نفت در می ۱۹۷۴ است که متعاقب جنگ اکتبر ۱۹۷۳ رخ داد و قیمت به ۶۹/۶۴ دلار رسید. پس از انقلاب ایران در سال ۱۹۷۹، این قیمت به ۱۱۵/۸۱ دلار در ژانویه ۱۹۸۱ افزایش یافت. همچنین، در سال‌های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ که بحران مالی جهان اوج گرفت، قیمت‌ها در بالاترین سطح خود قرار داشتند و در مارس ۲۰۱۲، قیمت واقعی هر بشکه به ۱۲۶/۱۰ دلار رسید. نفت به‌عنوان ورودی حیاتی اغلب خدمات و کالاها، تأثیر عمیقی بر زندگی مردم دارد و کاربرد آن در بخش‌های مختلف اقتصادی ازجمله کشاورزی، حمل و نقل و صنعت مشهود است. نوسانات قیمت نفت می‌تواند کیفیت زندگی افراد را تحت تأثیر قرار دهد؛ بنابراین، تغییرات قیمت نفت بر قیمت سایر محصولات نیز اثرگذار است.

شکل ۱: تغییرات ماهانه قیمت جهانی نفت خام از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴

مطالعات اخیر بر تأثیر قیمت نفت بر بازار سهام تأکید می‌کنند؛ به‌طوری که پژوهش‌ها نشان می‌دهند که همبستگی بین بازارهای سهام کشورهای مختلف و بازار نفت از نوع ناهمگون است و نسبت همبستگی کوتاه‌مدت بین سوخت و بازار سهام کمتر از همبستگی بلندمدت است. مطالعات متعددی به بررسی ارتباط بین قیمت نفت و متغیرهای کلان اقتصادی، به‌ویژه تغییرات قیمت محصولات کشاورزی پرداخته‌اند. Balcombe and Rapsomanikis (2008) با استفاده از تکنیک‌های بیزی به بررسی روابط بلندمدت پرداختند و به تعادل بلندمدت بین اتانول، قیمت‌های نفت و شکر دست یافتند. نتایج آن‌ها نشان داد که افزایش هزینه‌های تولید می‌تواند منجر به کاهش تولید و افزایش قیمت‌ها گردد. Chen *et al* (2010) در پژوهشی نتیجه گرفتند که

تغییرات قیمت نفت می‌تواند به تغییرات قیمت مواد غذایی منجر شود. به‌طور مشخص، هزینه‌های تولید با افزایش قیمت نفت خام افزایش می‌یابند و در نهایت باعث افزایش قیمت تمام‌شده محصولات و کالاهای کشاورزی می‌شود.

همچنین، Buffs and Haniotis (2010) به بررسی روندهای قیمتی مواد غذایی و ارتباط آن‌ها با نفت پرداختند و نشان دادند که نوسانات قیمت نفت به‌واسطه افزایش هزینه‌های تولید و حمل و نقل، منجر به افزایش قیمت مواد غذایی می‌شود. در ایران، Mohseni (2012) نشان داد که نوسانات قیمت نفت می‌تواند با افزایش هزینه‌های تولید، به‌طور مستقیم امنیت غذایی را تحت تأثیر قرار دهد. Jalali *et al* (2015) نیز نشان دادند که نوسانات قیمت نفت به‌طور مستقیم بر رشد اقتصادی ایران مؤثر است و یافته‌های آنان حاکی از آن است که افزایش قیمت نفت می‌تواند به بهبود سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی کمک کند. Apergis And Miller (2016) نشان دادند که نوسانات قیمت نفت به‌طور مستقیم بر قیمت محصولات کشاورزی تأثیر دارد و این تأثیرات می‌توانند از طریق افزایش هزینه‌های تولید محقق شوند. Cabrera and Schulz (2016) نشان دادند که قیمت‌ها به‌صورت مشترک حرکت می‌کنند و تعادل بلندمدت خود را حفظ می‌کنند. Fernandez-Perez *et al* (2016) نتیجه‌گیری کردند که قیمت‌های نفت بر دانه ذرت، سویا و گندم تأثیر می‌گذارد. Hamulczuk (2016) ارتباط رو به افزایش بین نفت برنت و قیمت‌های شاخص غذایی را تأیید کرد. McFarlane (2016) رابطه بین قیمت کالاهای کشاورزی و نفت در بازار ایالات متحده را بررسی کرد و در سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۵ هم‌انباشتگی معناداری بین متغیرها یافت و همچنین هم‌انباشتگی دوم بین سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۱۲ را شناسایی و بیان کرد. Al-Maadid *et al* (2014) به بررسی نوع روابط بین قیمت‌های غذا و انرژی پرداختند. Taghizadeh-Hesary *et al* (2019) به ارتباطی بین امنیت انرژی و غذا از طریق نوسان‌های قیمتی اشاره کردند. Arabsorkhi *et al* (2019) در تحقیق خود، ارتباط بین قیمت نفت و قیمت محصولات کشاورزی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که افزایش قیمت نفت به افزایش هزینه‌های حمل و نقل منجر می‌شود و این موضوع به نوبه خود می‌تواند موجب افزایش قیمت محصولات کشاورزی گردد. Wang *et al* (2021) در تحقیقات خود به تأثیر معنادار قیمت نفت بر رشد اقتصادی اشاره کرده‌اند. نفت نه تنها منبع اصلی انرژی است، بلکه در تولید سایر اشکال انرژی مانند برق و محصولات پالایشی نیز نقش دارد که به نوبه خود به تولید کالاهای مختلف یا فرآیندهای حمل و نقل کمک می‌کند. Fallahzadeh (2020) با مدل‌های اقتصادسنجی نشان می‌دهد که نوسانات قیمت نفت می‌تواند به‌طور غیرمستقیم و از طریق تأثیر بر نرخ ارز و هزینه‌های تولید، قیمت محصولات کشاورزی را متأثر کند Sarwar and Tivari (2020) نیز درمطالعه‌ای درباره پاکستان، غیرخطی بودن رابطه بین شاخص قیمت مصرف‌کننده غیرغذایی و قیمت‌های نفت را نشان دادند. به طوری که افزایش قیمت‌های نفت به افزایش قیمت‌ها منجر می‌شود، اما در جهت معکوس چنین رابطه‌ای وجود ندارد. در نهایت، Mousavi *et al* (2021) تأکید دارند که نوسانات قیمت نفت می‌تواند تأثیر منفی بر سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی داشته باشد. جمع‌بندی یافته‌های این پژوهش‌ها، رابطه علی مثبت و معنی‌داری بین قیمت نفت و شاخص‌های عملکرد بخش کشاورزی را تأیید می‌کند. اکثر مطالعات پیشین به

رابطه کلی قیمت نفت و محصولات کشاورزی یا شاخص‌های عمومی غذایی پرداخته‌اند و تمرکز همزمان بر غلات و شکر خام در چارچوب یک تحلیل مقایسه‌ای کمتر مشاهده می‌شود. همچنین، بسیاری از تحقیقات موجود به داده‌های تاریخی تا قبل از سال ۲۰۲۰ اکتفا کرده‌اند و دوره‌های شوک قیمتی اخیر را پوشش نداده‌اند. نوآوری این پژوهش در این است که با استفاده از داده‌های به روز تا سال ۲۰۲۴ و با تقسیم‌بندی نمونه به دو دوره قبل و بعد از بحران غذایی ۲۰۰۶، به بررسی دقیق‌تر مکانیسم‌های انتقال قیمت و وابستگی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت بین قیمت نفت خام و شکر خام و دانه ذرت به عنوان نماینده غلات می‌پردازد. این پژوهش از روش‌شناسی اقتصادسنجی پیشرفته‌تری شامل مدل‌های خودرگرسیونی برداری و تصحیح خطا و آزمون‌های علیت گرنجری بهره می‌برد تا نه تنها وجود رابطه، بلکه جهت، سرعت و عدم تقارن در انتقال شوک‌های قیمتی را نیز مورد سنجش قرار دهد.

مواد و روش‌ها

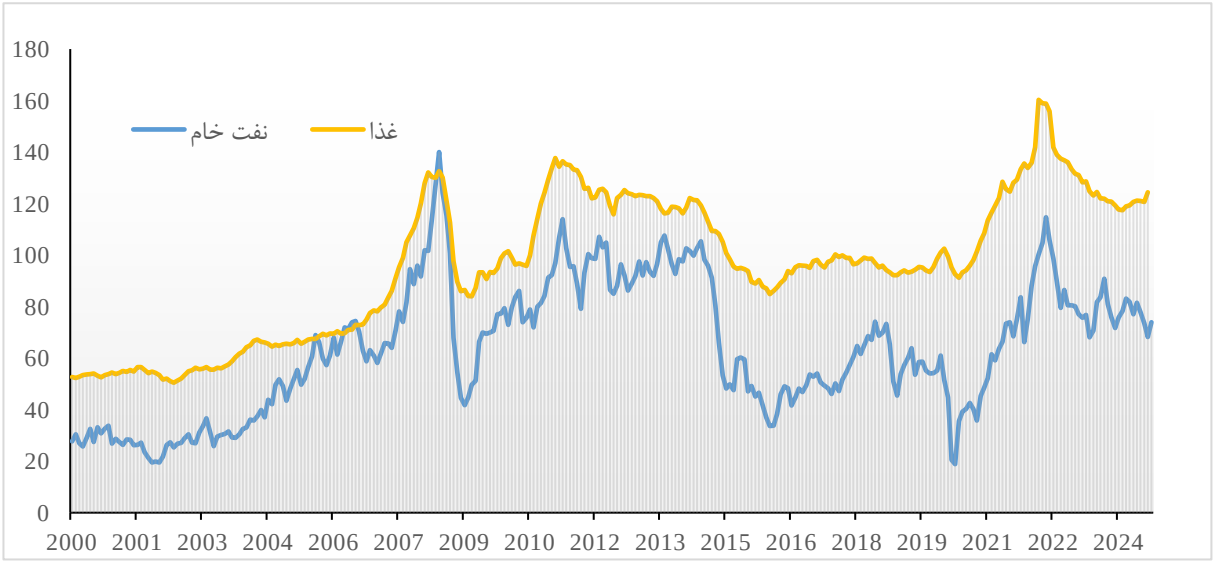
برای شناسایی پیوندها، دوگروه غلات و شکر خام ازمحصولات کشاورزی انتخاب شد. متغیرهای آماری شامل قیمت‌های واقعی نفت خام به صورت ماهانه و از بازار وست تگزاس اینترمدیت و شاخص‌های قیمت واقعی غذا از سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد است. داده‌های سری‌های زمانی در شکل‌های (۱، ۲ و ۳) نشان‌دهنده همبستگی قوی بین قیمت نفت خام و محصولات کشاورزی (ذرت و شکر خام) در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ هستند. افزایش قیمت نفت به دلیل تأثیر بر هزینه‌های تولید، حمل و نقل و تقاضا برای سوخت‌های زیستی، منجر به افزایش قیمت مواد غذایی شده است. همچنین، شاخص غذا روندی مشابه با قیمت نفت دارد که حساسیت بخش کشاورزی به تغییرات قیمت انرژی را نشان می‌دهد. با در نظر گرفتن موضوع دریک چشم‌انداز زمانی (ژانویه ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴) و با پیروی از Vo *et al* (2019) و Al-Maadid *et al* (2017)، دوره کامل پژوهش را به دوزیر دوره ۲۰۰۵-۲۰۰۰ (قبل از بحران غذایی ۲۰۰۶) و ۲۰۲۴-۲۰۰۶ (پس از بحران) تقسیم شد. جدول (۱) نتایج همبستگی پیرسون را با تقسیم به زیردوره‌ها ارائه می‌دهد. باید توجه داشت که در دوره دوم، همبستگی متوسطی را بین قیمت‌های نفت و قیمت غذا و غلات و شکرخام دارد. در تحلیل تفاوت‌های گروه اول، قیمت‌های غذا و شکر خام بالاترین ضریب همبستگی را دارند. در جداول متغیر L_crudeoil همبستگی پیرسون بین سطح لگاریتم قیمت نفت خام (سطح خود متغیر) و سایر متغیرها و نیز DL_Crudedil همبستگی پیرسون بین تفاضل لگاریتم قیمت نفت خام (رشد یا نوسان قیمت نفت) و سایر متغیرها در دوره‌های زمانی مختلف را نشان می دهد و متغیرهای l_Food و l_Cereals و l_sugar به ترتیب نشان‌دهنده سطح لگاریتم شاخص قیمت غذا، غلات و شکر هستند و متغیرهای dl_Food و dl_Cereals و dl_Sugar به ترتیب نشان‌دهنده تفاضل (تغییرات) لگاریتم شاخص قیمت غذا، غلات و شکر هستند. در مرحله اول، به منظور انتخاب رویکرد روش‌شناسی مناسب برای پیمایش و

تحلیل داده‌ها، از آزمون دیکی فولر توسعه‌یافته[۱]، بهره گرفته شد. این آزمون، یکی از روش‌های معتبر و رایج برای بررسی حضور ریشه واحد در سری‌های زمانی است و در ارزیابی استقامت و پایداری داده‌ها نقش اساسی دارد. بر اساس نتایج حاصل از این آزمون، مجموعه‌ای از روش‌های تحلیل مناسب و قابل اجرا برای داده‌ها انتخاب گردید (جدول ۲)، که این فرآیند به منظور اطمینان از سازگاری و کیفیت نتایج تحلیل صورت گرفته است. در فرآیند تعیین تأخیر بهینه برای هر آزمون و تحلیل مورد استفاده، از معیار اطلاعات آکائیک استفاده شده است.

جدول ۱: ضرایب همبستگی بین قیمت های نفت خام ومحصولات کشاورزی

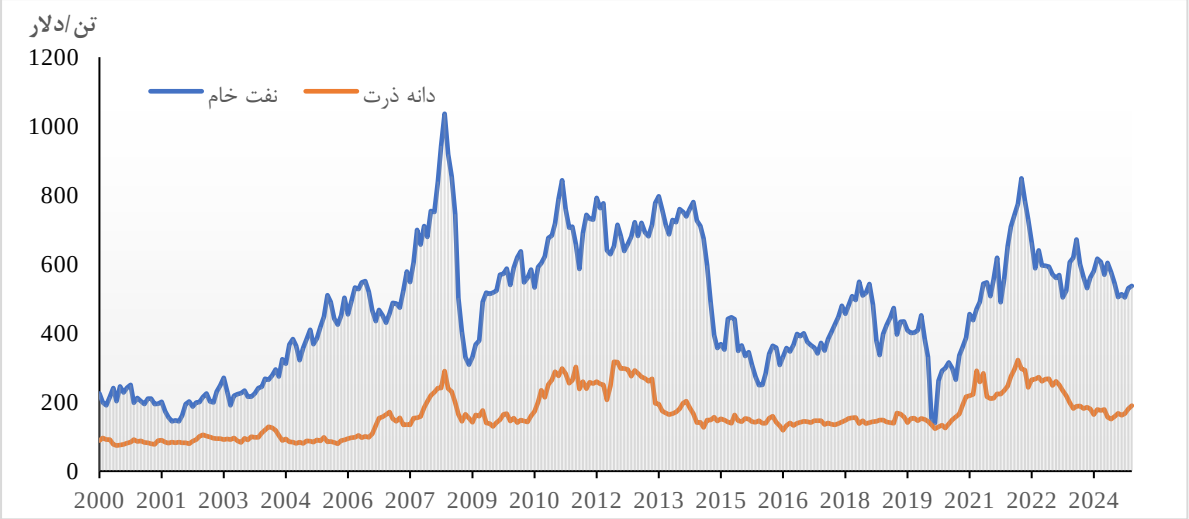
L_crudeoil				DL_Crudeoil			
	۲۰۰۰-۲۰۲۴	۲۰۰۰-۲۰۰۵	۲۰۰۶-۲۰۲۴		۲۰۰۰-۲۰۲۴	۲۰۰۰-۲۰۰۵	۲۰۰۶-۲۰۲۴
l_Food	۰.۷۴۳	۰.۱۲۴	۰.۶۰۱	dl_Food	۰.۱۸۵	-۰,۱۶۵	۰.۳۷۲
l_Cereals	۰.۷۳۲	۰.۱۱۹	۰.۵۸۹	dl_Cereals	-۰,۰۱۱	-۰,۲۴۱	۰.۱۵۷
l_sugar	۰,۵۰۲	۰,۰۶۹	۰.۲۳۴	dl_Sugar	۰.۱۵۷	-۰,۰۱۴	۰.۳۰۶

ماخذ: یافته‌های تحقیق ٪۵ مقدار بحرانی ۰,۱۰۱۱ برای دوره ۲۰۲۴-۲۰۰۰ و مقدار بحرانی ۰,۱۳۵ برای دوره ۲۰۰۵-۲۰۰۰ و ۲۰۲۴-۲۰۰۶ است.

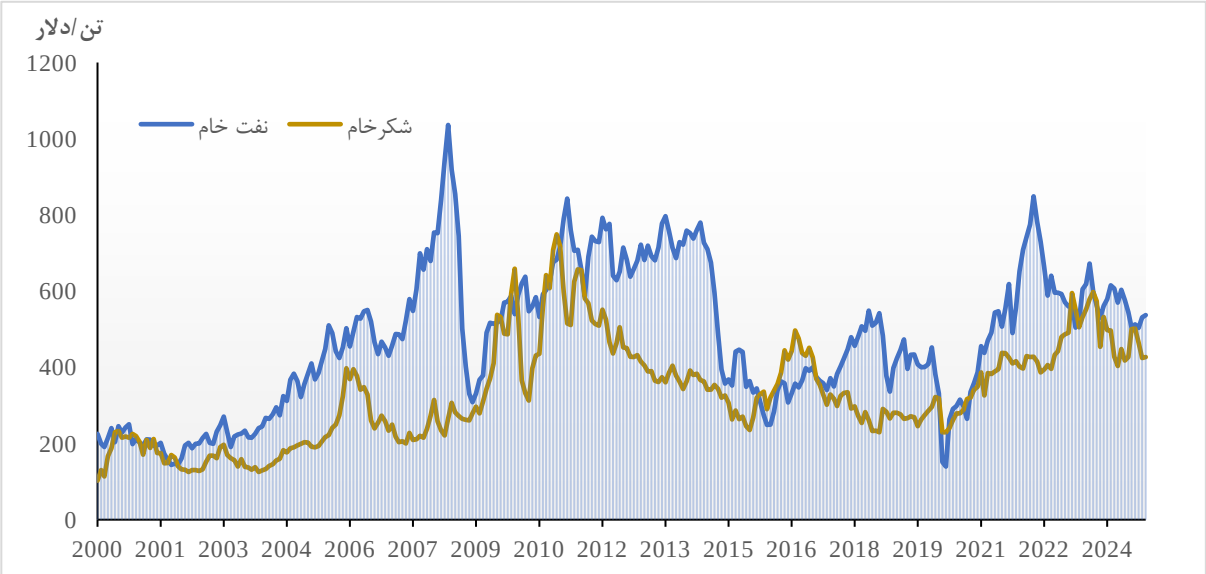


شکل ۱: روند تغییرات شاخص غذا با تغییرات شاخص نفت خام

[۱] Augmented Dickey-Fuller test



شکل ۲: روند تغییرات قیمت شکر خام با تغییرات قیمت نفت خام



شکل ۳: روند تغییرات قیمت دانه ذرت با تغییر قیمت نفت خام

این معیار، یکی از شاخص‌های کارآمد و متداول در انتخاب مدل‌های بهینه است، که با هدف یافتن تعداد تأخیر مناسب، مدل را بر اساس کمینه‌سازی خطای اطلاعاتی ارزیابی می‌کند و در نتیجه به افزایش دقت و اعتبار نتایج کمک می‌نماید. در نهایت، بررسی استقامت سری‌های زمانی نشان داد که تمامی متغیرهای مورد مطالعه، به جز متغیر مربوط به شکرخام در دوره کامل، همگی در وضعیت یکپارچگی یک‌درصدی $I(1)$ قرار دارند. یافته های فوق دلالت بر آن دارد که سری‌های زمانی مورد بررسی، پس از تفاضل‌گیری مرتبه اول، ایستا شده‌اند. این ویژگی که شرط لازم برای برقراری رابطه هم‌انباشتگی بین متغیرها است، امکان

به‌کارگیری روش‌های اقتصادسنجی مبتنی بر مدل‌های تصحیح خطا[1] را فراهم می‌سازد. بر این اساس، ساختار داده‌ها واجد شرایط لازم برای برآورد دقیق روابط تعادلی بلندمدت و همچنین مکانیسم‌های تعدیل کوتاه‌مدت در چارچوب الگوهای پویای اقتصادسنجی است.

جدول ۲: نتایج آزمون ریشه واحد

متغیر	۲۰۰۰-۲۰۲۴	۲۰۰۰-۲۰۰۵	۲۰۰۵-۲۰۲۴
I_Food	-۲.۹	-۱.۷۶۵	-۲.۸۸۴
dl_Food	-۱۴***	-۱۲.۹۷۶***	-۸.۵۲۳***
l_Cereals	-۳.۱	-۳.۰۴۲	-۳.۱۵۲
dl_Cereals	-۱۳***	-۷.۳۸۱***	-۸.۹۶۱***
l_Sugar	-۳**	-۲.۶۷۹	-۲.۴۷۱
dl_Sugar	-۱۳.۲***	-۹.۴۰۸***	-۹.۴۹۴**
l_Crude oil	۳.۲	-۲.۳۳۲	-۲.۵۵۶
dl_Crude oil	-۱۳***	-۸.۹۱۴***	-۹.۲۴۷**

ماخذ: یافته‌های تحقیق ***(p<0.01) و **(p<0.05)

اولین قدم، آزمون هم‌انباشتگی خطی بود. طبق نظر Engle and Granger (1987)، دو سری زمانی هم‌انباشتگی دارند اگر ترکیب خطی آن‌ها یک سری ایستای $I(0)$ باشد. تحلیل هم‌انباشتگی این امکان را می‌دهد که وجود یک ارتباط بلندمدت بین متغیرهای مورد بررسی را بیان شود. به منظور آزمون رابطه بلندمدت، از آزمون هم‌انباشتگی یوهانسن استفاده شد. این آزمون براساس مدل خودرگرسیونی برداری انجام می‌شود:

$$X_t = C + \sum_{i=1}^{p} A_i X_{t-i} + e_t \quad (۱)$$

که درآن X_t بردار متغیرهای درون‌زا، C بردار ثابت، A_i ماتریس ضرایب، e_t بردار نویز تصادفی مستقل با توزیع همگن و میانگین صفر است که به صورت مستقل و به طوریکنواخت توزیع شده است. جاییکه $\sum$ یک ماتریس مثبت معین است $e_t \sim IID(0, \sum)$؛ اگر متغیرهای درون‌زا هم انباشتگی داشته باشند، سپس معادله (۱) را می‌توان در یک مدل تصحیح خطای برداری با مرتبه $p-1$ به شکل زیرنشان داد (Lutkepohl 2004; Neusser, 2016).

[1] Vector Error Correction Model

$$\Delta X_t = C + \Pi X_{t-i} + \sum_{i=1}^{p-1} \tau_i \Delta X_{t-1} + e_t \quad (۲)$$

که در آن $\Pi = \sum_{i=1}^{p-1} A_i - I$ ماتریس همانی I؛ $\tau_i = \sum_{j=i+1}^{p} A_j$ به عنوان ضرایب ماتریس بلندمدت شناخته می‌شود و Π به عنوان ضرایب ماتریس کوتاه‌مدت. برای مطالعه هم‌انباشتگی در روش یوهانسن، مرتبه ماتریس Π استفاده می‌شود واین τ_i معادل مجموع بردارهای مستقل هم‌انباشتگی است. آزمون یوهانسن براساس آزمون اثر[۱] یا آزمون مقدار ویژه حداکثر[۲] بنا شده است، این آزمون‌ها امکان پیش‌بینی تعداد بردارهای هم‌انباشتگی موجود در داده‌ها را فراهم می‌کنند و به تحلیل روابط بلندمدت بین متغیرها کمک می‌کنند.

$$LR_{\text{trace}}(r) = -(T-p)\sum_{i=r+1}^{k} n(1-\lambda_i) \quad (۳)$$

$$LR_{max}(r) = -(T-p)\ln\left(۱ - \lambda_{r+1}\right) \quad (۴)$$

که در آن T اندازه نمونه، $\lambda_i i$ امین بزرگترین همبستگی استاندارد (مقادیر ویژه ماتریس Π) آزمون LR_{trace} فرض صفر (H_0) را بررسی می‌کند که تعداد بردارها برابربا r و در مقابل فرض جایگزین (H_1) که تعداد بردارها برابربا n است. همچنین، آزمون LR_{trace} فرض صفر (H_0) را آزمایش می‌کند که تعداد بردارها برابر با r است و در مقابل فرض جایگزین (H_1) که تعداد بردار ها برابر با $r+1$ است. در نتیجه با استفاده ازروش آزمون یوهانسن، سه گزینه ممکن است ظاهر شود (Kusideł, 2000).

۱. مرتبه ماتریس Π برابربا ۰، دراین صورت مدل (۲) یکی مدل خودرگرسیونی برداری برای تغییرات متغیرها است که وابستگی بلندمدتی وجود ندارد.

۲. مرتبه ماتریس Π بزرگتر از ۰ و کمتراز r، دراین صورت، تعداد بردارهای هم‌انباشتگی برابر با این رتبه خواهد بود.

۳. مرتبه ماتریس Π از مرتبه کامل است، در این صورت، سری متغیرها ایستا بوده و مدل (۲) یکی مدل خودر گرسیونی برداری برای سطوح متغیرها خواهد بود.

در مرحله بعد، این مدل و روش‌های تحلیلی خطای برداری برآورد شدند. اگر در این ارزیابی روابطی وجود داشته باشد، مرحله آخر آزمایش علیت گرنجری و آزمایش تابع پاسخ ضربه[۳] خواهد بود. آزمون علیت گرنجری برای تعیین روابط سبب و اثر استفاده می‌شود، به گونه‌ای که «متغیر X علت گرنجری متغیر Y است زمانی که مقادیر متغیر Y می‌توانند به طور دقیق‌تری پیش‌بینی

---

[۱] Trace

[۲] Maximum Eigenvalue

[۳] Impulse Response Function

شوند، با در نظر گرفتن مقدار آینده متغیر x نسبت به زمانی که این مقادیر نادیده گرفته می‌شوند. درآزمون علیت گرنجری[۱]، فرض صفر (H_0) تست می‌شود و تمام ضریب‌های β_k برابربا صفر بوده که به عنوان عدم وجود علیت تفسیرمی‌شود. آزمون علیت گرنجری بصورت زیرنشان داده می‌شود (Granger, 1969).

$$Y_t = \beta_o + \sum_{j=1}^{m} \beta_j Y_{t-j} + \sum_{k=1}^{n} \beta_k X_{t-k} + u_t \quad (۵)$$

$$X_t = \beta_o + \sum_{j=1}^{m} \beta_j X_{t-j} + \sum_{k=1}^{n} \beta_k Y_{t-k} + u_t \quad (۶)$$

که درآن Y_t مقادیر متغیر Y؛ X_t مقادیر متغیر X، β پارامترهای مدل ساختاری، t متغیر زمانی، u_t عنصر تصادفی مدل است. این معادله به طور کلی رابطه بین دومتغیر Y و X را درطول زمان نشان می‌دهد، که حاوی پارامترهای ساختاری و یک عنصر تصادفی است که ممکن است بر روی مقادیر تاثیر بگذارد.

نتایج و بحث

تحلیل بلندمدت

از آنجا که متغیرها $I(1)$ هستند، ابتدا روش هم‌انباشتگی یوهانسن انجام شد. این آزمون به منظور تأیید رابطه بلندمدت بین قیمت‌های نفت و شاخص‌های قیمت غذا مورداستفاده قرارگرفت. نتایج آزمون هم‌انباشتگی در دو زیردوره در جدول (۳) ارائه شده است. شایان ذکر است که مقادیر آماری دو آزمون کمتر از مقادیر بحرانی مورد نیاز (۰,۰۵) هستند. استثناهایی برای نتایج مربوط به دانه غلات و نفت در دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۴ وجود دارد که نشان‌دهنده وجود ارتباطات بلندمدت بین این متغیرها است. با این حال، در بیشترموارد، رابطه بلندمدت بین سایر متغیرها وجود ندارد. این بدان معناست که قیمت‌های این متغیرها در بلندمدت ازقیمت نفت پیروی می‌کنند. البته ممکن است پیوندهای کوتاه‌مدت وجود داشته باشند.

[۱] Granger Causality Test

جدول ۳: نتایج هم انباشتگی برای قیمت نفت خام و قیمت محصولات کشاورزی

		۲۰۰۰-۲۰۰۵				۲۰۰۶-۲۰۲۴			
	Rank	LR(trace)		LR(max)		LR(trac)		LR(max)	
نام متغیر		Stat.	p-Value	Stat.	p-Value	Stat.	p-Value	Stat.	p-Value
L_Food	۰	۸.۳۹۹	۰.۱۷۱	۸.۹	۰.۱۲۶	۲۲.۳	۰.۱۳۱	۱۱.۲۸۵	۰.۴۹۷
L_Food	۱	۰.۰۹۱	۰.۸۲۸	۰.۰۹۱	۰.۸۱۹	۱۱.۰۱۴	۰.۰۸۸	۱۱.۰۱۴	۰.۰۸۸
L_Cereals	۰	۲۱.۰۰۶	۰.۱۸۲	۱۴.۲۵۶	۰.۲۴۶	۲۴.۶۱۸	۰.۰۷۰	۱۴.۳۴۵	۰.۲۴۰
L_Cereals	۱	۶.۷۴۹	۰.۳۸۲	۶.۷۴۹	۰.۳۸۳	۱۰.۲۷۳	۰.۱۱۷	۱۰.۲۷۳	۰.۱۱۷
L_Sugar	۰	۲۳.۱۷۷	۰.۱۰۴	۱۳.۷۵۹	۰.۲۸۰	۱۹.۱۵	۰.۲۷۸	۱۱.۹۳۶	۰.۴۳۴
L_Sugar	۱	۹.۴۱۷	۰.۱۶۰	۹.۴۷۱	۰.۱۶۰	۷.۲۱۴	۰.۳۳۲	۷.۲۱۴	۰.۳۳۳

ماخذ: یافته‌های تحقیق

تحلیل کوتاه مدت

به دلیل عدم وجود هم‌انباشتگی میان متغیرهای تحلیل‌شده، مدل خودرگرسیونی برداری[۱] برآورد شد. با استفاده از معیار آکائیک، مشخص شد که طول تأخیر مناسب $p=3$ است. از آنجایی که متغیرها $I(0)$ هستند، مدل خودرگرسیونی برآورد شده و نیز طول تأخیر برابر با ($p-1=2$) می شود. اثرات مدل با طول تاخیر۲، دراولین تفاوت نشان داده شده است (جدول۴). براساس ضریب تعیین (R^2)[۲]، می توان نتیجه‌گیری کرد که کیفیت تطابق مدل رضایت‌بخش نیست. به عنوان مثال، حدود ۳۰ درصد از تغییرات قیمت نفت توسط خود قیمت نفت و تنها ۲ درصد از تغییرات توسط قیمت مواد غذایی توضیح داده می‌شود. همچنین نتایج نشان می‌دهند که قیمت نفت تأثیر کوتاه‌مدتی بر نوسانات قیمت مواد غذایی، غلات و شکر در زیردوره دوم ندارد. با این حال، قیمت‌های مواد غذایی و غلات تأثیر مثبت و مطلوبی بر نوسانات قیمت نفت دارند.

[۱] Vector Autoregressive Model

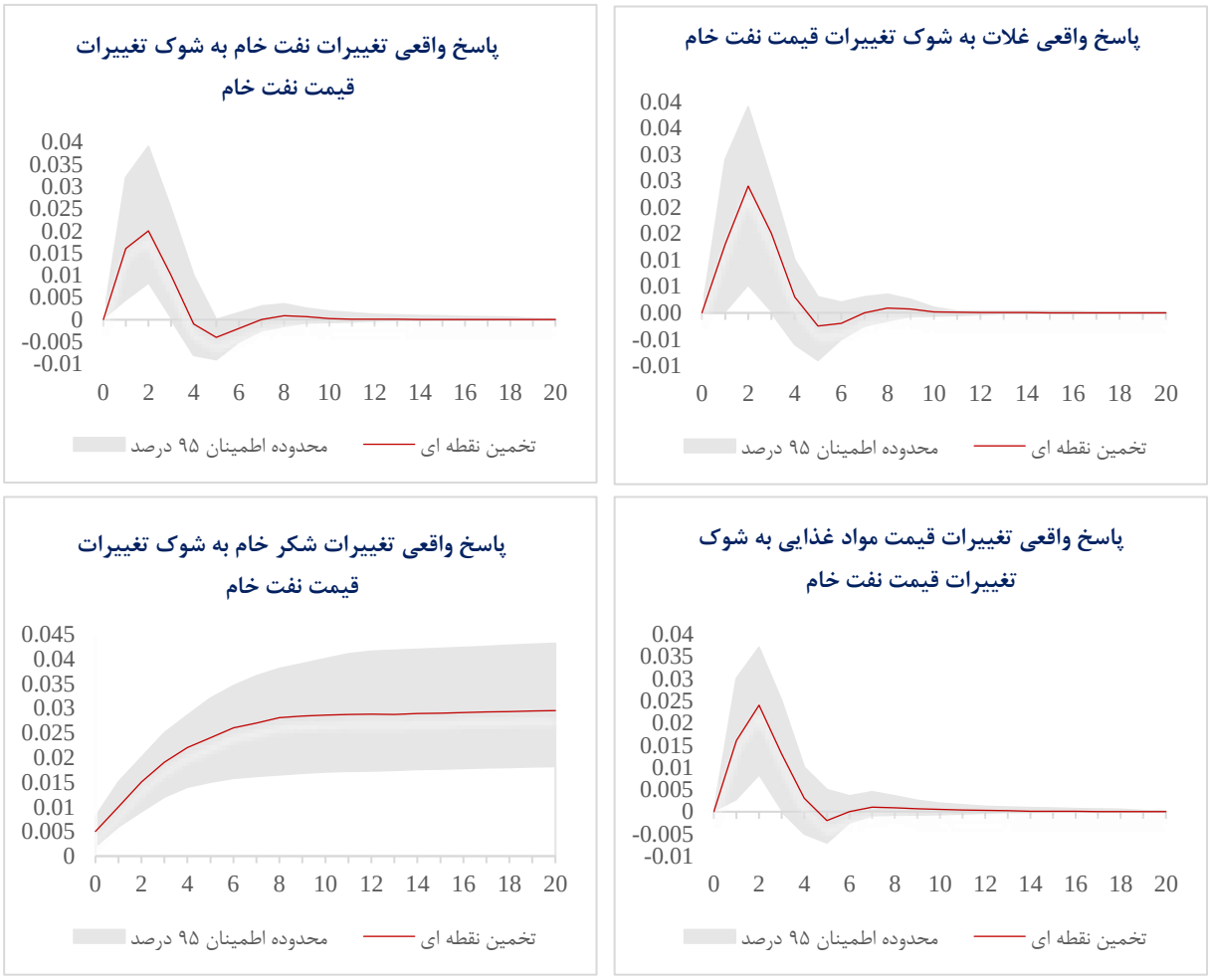
[۲] Coefficient of determination

جدول ۴: نتایج برآورد مدل رگرسیونی برداری

Coef.		Coef.	
متغیر وابسته	dl_Crude Oil		dl_Food
dl_Crude Oil(-1)	۰.۴۹۹**	dl_Crude Oil(-1)	۰.۰۰۱
dl_Crude Oil(-2)	-۰.۳۲۸**	dl_Crude Oil(-2)	-۰.۰۰۴
dl_Food(-1)	۰.۶۴۴**	dl_Food(-1)	۰.۳۴۲**
dl_Food(-2)	۰.۳۸	dl_Food(-2)	۰.۱۰۵
Constant	-۰.۰۰۴	Constant	۰.۰۰۱
R^2	۰.۳۲	R^2	۰.۱۵۳
	dl_Crude Oil		dl_Crude Oil
dl_Crude Oil(-1)	۰.۵۵۱**	dl_Crude Oil(-1)	-۰.۰۳۱
dl_Crude Oil(-2)	-۰.۲۹۸**	dl_Crude Oil(-2)	۰.۰۲۴
dl_Cereals(-1)	۰.۲۸۳*	dl_Cereals(-1)	۰.۳۳۴**
dl_Cereals(-2)	۰.۲۶۱	dl_Cereals(-2)	۰.۰۳۶
Constant	-۰.۰۰۴	Constant	۰.۰۰۲
R^2	۰.۳۰۸	R^2	۰.۱۱۸
	dl_Crude Oil		dl_Sugar
dl_Crude Oil(-1)	۰.۶۰۳**	dl_Crude Oil(-1)	۰.۰۱۳
dl_Crude Oil(-2)	-۰.۲۸۸**	dl_Crude Oil(-2)	-۰.۰۳۱
dl_Sugar(-1)	-۰.۰۵۲	dl_Sugar(-1)	۰.۳۱۳**
dl_Sugar(-2)	-۰.۰۷۴	dl_Sugar(-2)	-۰.۰۷۷
Constant	-۰.۰۰۴	Constant	-۰.۰۰۱
R^2	۰.۳۲۲	R^2	۰.۰۹۷

ماخذ: یافته های تحقیق

شواهد بیشتری از وجود ارتباط کوتاه‌مدت بین قیمت‌های تحلیل‌شده می‌تواند از آزمون تابع پاسخ ضربه برداشت شود (شکل۴). تنها پاسخ‌های ضربه‌ای معنادار از لحاظ آماری را نشان می‌دهد. واکنش قیمت نفت به قیمت‌های مواد غذایی، غلات و شکر خام مثبت است. تغییرات در نتیجه تأثیر نوسانات قیمت نفت پس از طی ماه پنجم برای مواد غذایی و غلات رخ می‌دهد. در رابطه بین قیمت‌های محصولات کشاورزی و نفت خام در زیردوره دوم، یک رتبه هم‌انباشتگی وجود دارد، به عبارتی، قیمت‌ها می‌توانند با یک ترکیب خطی از هم، پیوستگی داشته باشند، بدون اینکه به فضای بزرگتری از پیچیدگی نیاز باشد. لذا از مدل خودرگرسیونی برداری استفاده شد. نتایج برآورد در جدول (۴) ارائه شده است. ضریب در پیوند بلندمدت دراین مدل برابر با ۶/۱۶ است، که به این معناست که یک افزایش یاکاهش ۱٪ در قیمت نفت منجر به افزایش یا کاهش ۶/۱۶٪ درقیمت غلات می‌شود.



شکل۴: پاسخ ضربه‌ای معنادار متغیرها به لحاظ آماری

بنابراین، قیمت نفت یک متغیر برون‌زا برای قیمت‌های غلات است. این موضوع باضریب تصحیح خطا[1]، بطور معناداری در معادله قیمت غلات تایید می‌شود. ضریب برای عبارت تصحیح خطا در معادله قیمت غلات برابر با ۰/۰۲۷ و برای قیمت نفت برابر با ۰/۰۰۸- است. بنابراین، عدم تعادل در سیستم قیمت‌ها در یک ماه به میزان ۲/۷ درصد ازطریق واکنش قیمت غلات و ۰/۸درصد از طریق واکنش قیمت نفت اصلاح می‌شود. علاوه براین، واکنش قیمت غلات مثبت و در طول کل دوره پایداراست (شکل ۴). پس از تخمین مدل، به منظور بررسی روابط علّی بین متغیرهای قیمت، آزمون علیت گرنجر انجام شد (جدول ۵). جهت روابط علّی درزیردوره دوم با استناد به نتایج (جدول ۴) قابل استنباط است. یافته‌ها حاکی از وجود رابطه علّی یک‌طرفه کوتاه‌مدت بین قیمت نفت و قیمت مواد غذایی در هر دو زیردوره است. در زیردوره اول و دوم، براساس رویکرد آزمون‌های انجام‌شده، می‌توان

[1] Error Correction

تعیین کرد که نفت موجب ایجاد علیت برای قیمت‌های آینده مواد غذایی، غلات و شکر خام هستند. به عبارت دیگر، هر افزایش یا کاهش درقیمت نفت بر قیمت موادغذایی و شکر خام تأثیر می‌گذارد. این موضوع به وضوح مشخص است که قیمت‌های نفت در هر دو زیردوره علت گرنجری برای قیمت‌های غلات هستند.

نتایج جدول (۵) نشان می دهدکه قیمت جهانی نفت درکوتاه‌مدت نسبت به نوسانات قیمت محصولات کشاورزی، به‌ویژه غلات و شکر خام واکنش دارد. مقاله حاضر نشان می‌دهد که قیمت‌های نفت به‌طور مستقیم بر برخی از محصولات غذایی اثر می‌گذارند و وجود روابط علیّت در کوتاه‌مدت و بلندمدت بین این متغیرها احساس می‌شود؛ بدین‌جهت در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی می‌بایست این روابط مدنظر قرار گیرد. توجه به این روابط می‌تواند به بهینه‌سازی استراتژی‌های قیمت‌گذاری و تصمیم‌گیری‌های مربوط به تولید در صنعت کشاورزی کمک موثری کند. زیرساخت‌های موجود در مزارع همراه با ماشین‌آلات و تجهیزات لازم، نقش حیاتی در فرایند تولید دارند. به‌کارگیری شیوه‌های نوین و استاندارد در تولید، مصرف سوخت، کودها و بذور مورد نیاز را کاهش می‌دهد و در بلندمدت می‌تواند وابستگی به انرژی را نیز کاهش دهد. این سازوکار توضیحی منطقی برای ارتباط قوی میان قیمت‌های نفت و محصولات کشاورزی ارائه می‌دهد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که پیشرفت در فرآیند مکانیزه‌سازی می‌تواند به افزایش هم‌زمان تقاضا برای محصولات کشاورزی و نفت منجر شود. افزایش تقاضا برای غذا می‌تواند بر نوسانات قیمت‌های نفت تأثیرگذار باشد. علاوه بر ماشین‌آلات کشاورزی، نفت به‌دلیل کارکردهای گسترده‌اش در تولید کودها، محصولات حفاظتی و هزینه‌های حمل و نقل نیز می‌تواند به‌طور غیرمستقیم بر قیمت مواد غذایی اثرگذار باشد.

جدول ۵: آزمون علّیت گرنجر

۲۰۰۰-۲۰۰۵			۲۰۰۶-۲۰۲۴		
Hypothesis	Test Statistic	p-value	Causality	Test Statistic	p-value	Causality
dl_Crude oil=>dl_Food	۴.۳۵۸	۰.۰۲۰	Crude	۵.۲۷۶	۰.۹۴۰	Crude
dl_Food=>dl_Crude oil	۱.۳۲۱	۰.۴۲۱	oil←Food	۰.۰۴۰	۰.۰۰۷	oil←Food
dl_Crude oil=>dl_Cereals	۲.۴۲۵	۰.۰۳۵	Crude	۳.۷۰۱	۰.۰۲۳	Crude
dl_Cereals=>dl_Crude oil	۱.۲۳۰	۰.۴۱۳	oil←Cereals	۰.۴۹۲	۰.۶۰۵	oil←Cereals
dl_Crude oil=>dl_Sugar	۰.۷۴۲	۰.۲۸۶	Crude	۰.۵۴۶	۰.۵۶۱	Crude
dl_Sugar=>dl_Crude oil	۰.۳۵۱	۰.۵۹۸	oil←Sugar	۰.۱۴۷	۰.۷۹۴	oil←Sugar

ماخذ: یافته‌های تحقیق جهت علیت ←

عامل دیگری که در این میان نقش‌آفرینی می‌کند، استفاده از برخی گروه‌های محصولات کشاورزی در تولید بیودیزل است. تغییرات قابل توجهی در نسبت استفاده از سوخت و غذا از زمان اجرای استانداردهای استفاده از سوخت‌های تجدیدپذیر در ایالات متحده درسال ۲۰۰۵ مشاهده شده است. بنابراین، روابط روشن‌تری بین قیمت‌های نفت خام و نوسانات کالاهای کشاورزی که به‌طور مستقیم با تولید بیودیزل مرتبط هستند، می‌تواند تبیین شود. Vacha *et al* (2013); Coronado *et al* (2018) در مارس۲۰۲۰ شاخص قیمت محصولات کشاورزی به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت و این افت قیمت در مقایسه با فوریه همان

سال مشاهده شد. با این وجود، این کاهش به علت افت تقاضای ناشی ازمحدودیت‌های اجتماعی به‌وجود آمده توسط ویروس کرونا نبود، بلکه عمدتاً نتیجه سقوط قیمت نفت در بازارهای جهانی بود. بخش وسیعی از محصولات زراعی درسطح جهانی، از جمله شکر خام در برزیل، دانه ذرت در ایالات متحده و روغن کلزا در لهستان، به‌عنوان منبع انرژی جایگزین برای تولید بیودیزل مورد توجه قرار می‌گیرند. بنابراین، هنگامی که قیمت نفت به‌طرز چشمگیری کاهش یافت، تولیدکنندگان بیودیزل ناگزیر به تعدیل قیمت‌های محصولات خود شدند. نتایج این تحقیق حاکی از وجود ارتباطات کوتاه‌مدت بین قیمت‌های نفت و قیمت‌های غلات است. علاوه براین، عدم وجود وابستگی‌های بلندمدت بین قیمت‌های نفت و بیشتر گروه‌های تحلیل‌شده از قیمت‌های محصولات کشاورزی توسط پژوهشگران مختلفی شناسایی شده است. Fowowe (2016); Zhang *et al* (2010); Pasrun (2018) *et al* درمقابل، برخی از محققان وجود رابطه بلندمدت بین قیمت نفت وکالاهای کشاورزی تایید کرده‌اند. این مطالعات براساس تحلیل های فردی از محصولات خاص انجام شده است. Mawejje (2016); Cabrera and Schulz, (2016) در حالیکه تحلیل حاضر به جنبه‌های گروهی ازمحصولات کشاورزی می‌پردازد و از این رو، مقایسه مستقیم این نتایج غیرممکن است. Mawejje (2016) به درستی، درتحلیل گروه‌های محصولات کشاورزی، بیان می‌کند که قیمت‌های انرژی و قیمت‌های غذایی دارای روابط هم‌انباشتگی بلندمدت هستند، یافته‌های این تحقیق از اهمیت جهانی قابل‌توجهی برخوردار است. ابتدا، نتایج حاصل‌شده می‌تواند برای سرمایه‌گذاران فعال در بازارهای نفت و مشتقات آن و محصولات کشاورزی و کالاهای وابسته مفید باشد و به آن‌ها اطلاع دهد که ریسک‌های موجود در بازارهای غذایی به‌طور مستقل از ریسک‌های بازار نفت عمل می‌کنند. همچنین، میزان تأثیر سطح قیمت نفت بر نوسانات قیمت‌های کشاورزی نشان‌دهنده این نکته است که سیاست‌های کشاورزی برای کاهش نوسانات قیمت‌های غذایی می‌بایست عوامل موثر دیگر نیز مورد بررسی قرار گیرد.

نتیجه‌گیری کلی

این پژوهش، بررسی اثر نوسانات قیمت نفت خام بر قیمت‌های محصولات کشاورزی با تمرکز بر سه بُعد کلیدی بلندمدت، کوتاه‌مدت و فرآیند انتقال قیمت به دو شاخص منتخب غلات و شکر خام است. با توجه به وابستگی اقتصاد جهانی به نفت و تأثیر مستقیم آن بر هزینه‌های تولید و حمل ونقل محصولات کشاورزی، تحلیل رابطه بین قیمت نفت و قیمت مواد غذایی برای تدوین سیاست‌های امنیت غذایی و مدیریت ریسک بازارهای کشاورزی ضروری است. این پژوهش با استفاده از داده‌های ماهانه قیمت نفت خام و قیمت محصولات کشاورزی و شاخص قیمت مواد غذایی طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ و با بهره‌گیری از مدل‌های اقتصادسنجی شامل مدل خودرگرسیونی برداری، مدل تصحیح خطای برداری، آزمون هم‌انباشتگی یوهانسن و آزمون علیت گرنجری به تحلیل روابط بلندمدت و کوتاه‌مدت بین متغیرها پرداخته است. براساس تحلیل‌های انجام‌شده، رابطه همبستگی قوی و معناداری بین قیمت نفت خام و قیمت محصولات کشاورزی وجود دارد، به گونه‌ای که نوسانات و شوک‌های قیمت نفت تأثیر

مستقیم و قابل توجهی بر بازارهای کشاورزی و قیمت نهایی محصولات دارد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که بازار نفت و بازار کشاورزی به صورت زنجیره‌وار و مرتبط عمل می‌کنند، و به همین دلیل، در تدوین سیاست‌های استراتژیک باید هر دو بازار را به صورت همزمان مدنظر قرار داد. با توجه به چالش‌های موجود در تأمین امنیت غذایی و توسعه پایدار کشاورزی، سیاست‌گذاری های کلان و مدیریت ریسک در این حوزه باید به درک عمیق تری از این رابطه توجه داشته باشند تا بتوانند اثرات منفی احتمالی نوسانات قیمتی در بازارهای جهانی را کاهش دهند و امنیت غذایی و ثبات اقتصادی را تضمین کنند. همچنین برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر، پیشنهاد می‌شود که محققان در تحقیقات آتی، تحلیل‌های مربوط به کالاهای کشاورزی خاص را به‌جای گروه‌های کلی آن‌ها مورد پژوهش و تحقیق قراردهند. این رویکرد می‌تواند درک عمیق‌تری از روابط میان قیمت‌های نفت و محصولات کشاورزی فراهم آورد و به بهینه‌سازی استراتژی‌های سرمایه‌گذاری و سیاست‌گذاری کمک کند.

منابع

Apergis, N., & Miller, S. M. (2016). Oil price shocks and agricultural commodity prices. *Energy Economics. 55*, 1–8.

Al-Maadid, A., Caporale, G. M., Spagnolo, F., & Spagnolo, N. (2017). Spillovers between food and energy prices and structural breaks. *International Economics. 150*, 1–18.

Arabsorkhi, M., Mohammadi, T., & Hosseini, S. S. (2019). Relationship between oil prices and agricultural products prices. *Journal of Agricultural Economics Research*, *41*(4), 78–92. (In Persian)

Balcombe, K., & Rapsomanikis, G. (2008). Bayesian estimation and selection of nonlinear vector error correction models: The case of the sugar-ethanol-oil nexus in Brazil. *American Journal of Agricultural Economics. 90*(3), 658–668.

Buffs, & Haniotis. (2010). Placing the 2006/08 commodity price boom into perspective. *World Bank Policy Research Working Paper No. 5371*.

Cabrera, B. L., & Schulz, F. (2016). Volatility linkages between energy and agricultural commodity prices. *Energy Economics. 54*, 190–203

Chen, J., et al. (2010). Modeling the relationship between the oil price and global food prices. *Energy. 35*(6), 2517–2525.

Coronado, S., Rojas, O., Romero-Meza, R., Serletis, A., & Chiu, L. V. (2018). Crude oil and biofuel agricultural commodity prices. In *Expectations, Uncertainty and Asset Price Dynamics.*

Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association. 74*(366), 427–431.

Engle, R. F., & Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and error correction: Representation, estimation, and testing. *Econometrica. 55*(2), 251–276.

Fallahzadeh, M. (2020). Modeling the impact of oil price fluctuations on agricultural prices via exchange rates and production costs. *Econometrics Journal. 15*(1), 66–80.

Fernandez-Perez, A., Frijns, B., & Tourani-Rad, A. (2016). Contemporaneous interactions among fuel, biofuel and agricultural commodities. *Energy Economics. 58*, 1–10. Food and Agriculture Organization. (2020). Food Price Index.

Fowowe, B. (2016). Do oil prices drive agricultural commodity prices? Evidence from South Africa. *Energy. 104*, 149–157.

Golestani, S. (2016). The effects of oil price volatility on private investment in agriculture sector.

Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, *46*(4), 687–696. (In Persian)

Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica. 37*(3), 424–438.

Hamulczuk, M. (2016). Energy prices vs agri-food prices – energy security and food security. *Humanities and Social Sciences. 23*, 37–51.

Jahangir, S. R., & Dural, B. Y. (2018). Crude oil, natural gas, and economic growth: Impact and causality analysis in Caspian Sea region. *International Journal of Management and Economics.* 54, 169–184.

Jalali, A., Ghasemi, M., & Karimi, F. (2015). Impact of oil price fluctuations on Iran's Economic growth. *Journal of Economic studies*, 12(3), 45-60. (IN Persian)

Kusideł, E. (2000). *Modelowanie Wektorowo-Autoregresyjne VAR*. Lodz: Absolwent.

Lutkepohl, H. (2004). Vector Autoregressive and Vector Error Correction Models. In *Applied Time Series Econometrics* (pp. 86–108). Cambridge University Press.

Mawejje, J. (2016). Food prices, energy, and climate shocks in Uganda. *Agricultural and Food Economics. 4*(1), 1–18.

McFarlane, L. (2016). Agricultural commodity prices and oil prices: Mutual causation. *Outlook on Agriculture. 45*(2), 87–93.

Mohseni, S. (2012). Effects of oil price volatility on food security. *Iranian Journal of Agricultural Economics. 8*(2), 23–35.

Neusser, K. (2016). *Time Series Econometrics* (pp. 305–310). Springer International Publishing.

Pasrun, A., Rosnawintang, R., Saidi, L. D., Tondi, L., & Sani, L. O. A. (2018). The causal relationship between crude oil price, exchange rate, and rice price. *International Journal of Energy Economics and Policy. 8*(1), 90–94.

Sarwar, S., & Tivari, A. (2020). Analyzing volatility spillovers between oil market and Asian stock markets. *Resources Policy, 66*, 101608.

Taghizadeh-Hesary, F., Rasoulinezhad, E., & Yoshino, N. (2019). Energy and Food Security: Linkages through Price Volatility. *Energy Policy. 128*, 796–806.

Vacha, L., Janda, K., Kristoufek, L., & Zilberman, D. (2013). Time-frequency dynamics of biofuel-fuel-food system. *Energy Economics. 40*, 233–241.

Vo, D. H., Vu, T. N., Vo, A. T., & McAleer, M. (2019). Modeling the Relationship between Crude Oil and Agricultural Commodity Prices. *Energies, 12*(8), 1344.

Wang, J., Shao, W., & Kim, J. (2021). Analysis of the impact of COVID-19 on the correlations between crude oil and agricultural futures. *Energy***,** 225, 120260.

Zhang, Z., Lohr, L., Escalante, C., & Wetzstein, M. (2010). Food versus fuel: What do prices tell us? *Energy Policy. 38*(1), 445–451.