مجله‌ی بررسی‌های آمار رسمی ایران
سال ۲۸، شماره‌ی ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶، صص ۷۳– ۸۷

مقایسه‌ی مدل سری زمانی فازی درصدی و مدل سری زمانی کلاسیک: بررسی توان پیش‌بینی کوتاه‌مدت در نوسان‌های شدید

سید مهرداد اسلامی[†] و فاطمه حسن‌تبار درزی[*،‡]

[†] دانشگاه ولایت ایرانشهر
[‡] دانشگاه سیستان و بلوچستان

چکیده: مدل‌های پیش‌بینی سری زمانی فازی در دهه‌های اخیر گسترش زیادی پیدا کرده‌اند. این نوع مدل‌ها برای داده‌های دارای ابهام و ناکامل که ساختار خطی ندارند رفتار مناسبی ارایه داده‌اند. این مقاله به بررسی مدل درصد تغییرات سری‌های فازی پرداخته و با مدل آریما مقایسه کرده است. کارایی مدل پیش‌نهادی برای پیش‌بینی بر روی نفت خام اوپک مورد ارزیابی قرار گرفت و نشان داده شد که این مدل برای داده‌های با نوسان‌های زیاد نسبت به مدل آریما دارای درصد خطای کم‌تری است.
واژگان کلیدی: درصد تغییرات؛ سری زمانی؛ فازی؛ مدل آریما.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر مطالعه‌های زیادی در زمینه‌ی قیمت نفت خام در سراسر دنیا انجام گرفته است، که علت آن را می‌توان از یک‌سو حساسیت زیاد قیمت نفت به مسائل سیاسی، اقتصادی و فرهنگی در سطح جهان و در نتیجه پرتلاطم بودن آن و از سوی دیگر در اثرگذاری قابل توجه این قیمت‌های پرتلاطم برمتغیرهای کلان اقتصادی، جستجو کرد [۳]. نوسان‌های قیمت نفت، دربازارهای مالی نیز بسیار اثرگذار بوده و به

---

* نویسنده‌ی عهده‌دار مکاتبات
دریافت: ۱۳۹۶/۴/۲۶، پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۱۶.

نوعی عامل کلیدی مؤثر برتعیین قیمت‌های اختیار معامله، مدیریت سبد دارایی و اندازه‌گیری مخاطره به شمار می‌رود [۹]. بنا بر این، به‌علت نقش اساسی قیمت نفت در اقتصاد جهانی است که نوسان‌های قیمت این کالا همواره مورد توجه مصرف‌کنندگان، تولیدکنندگان، دولت‌ها و نیز تصمیم‌گیران کلان اقتصادی بوده است [۸]. کشورهای صادرکننده‌ی نفت به‌علت جایگاه ویژه‌ی این محصول در اقتصاد، بیش از سایر کشورها به رصد نمودن قیمت نفت و تحولات بازار این کالا می‌پردازند. در این خصوص، اهمیت این مقوله برای کشورهای صادرکننده‌ی نفت، دوچندان است. زیرا درصد قابل ملاحظه‌ای از GDP آن را درامدهای نفتی تشکیل داده لذا شوک‌های نفتی سهم عمده‌ای در ایجاد تغییرات GDP بر عهده دارند [۴]. از سوی دیگر، برخورداری از سطح تولیدی معادل ۴/۱ میلیون بشکه نفت در روز (۴/۵ درصد تولید جهانی این محصول)، و قرار داشتن در جایگاه دوم میان کشورهای تولیدکننده‌ی نفت [۵]، موجبات تأثیرپذیری اقتصاد این کشور را از تغییرات قیمت این محصول فراهم آورده است. بنا بر این بررسی نوسان‌های قیمت نفت و پیش‌بینی تغییرات آن، برای کشور ایران بسیار ضروری و حیاتی است. به‌طور کلی روند قیمت نفت در طول زمان با نوسان‌های زیاد همراه و شدت آن در دوره‌های مختلف متفاوت بوده است. لذا مدل کردن این نوسان‌ها و پیش‌بینی بازارهای آتی نقش اساسی در ثبات اقتصادی کشورهای مبتنی بر نفت می‌گذارد.

یکی از مدل‌های معروف (مدل آرما) که برای پیش‌بینی سری‌های زمانی تک‌متغیره مورد استفاده قرار می‌گیرد توسط باکس - جنکینز معرفی شده است [۱]. در این الگوها سری‌های زمانی تحت تأثیر گذشته خود و فرایند اغتشاش خالص قرار دارند. سری‌های زمانی فازی مشابه با سری زمانی معمولی مدل‌هایی برای تشریح و توصیف داده‌ها می‌باشند. امروزه بسیاری از داده‌های که برای توصیف شرایط موجود دارند اعداد حقیقی نبوده بلکه مقدارهای کلامی (لفظی) هستند لذا برای مدل‌سازی و پیش‌بینی چنین داده‌هایی نیازمند روش‌هایی هستیم که وابسته به اعداد نباشند که در واقع روش‌های سری زمانی فازی برای پیش‌بینی متغیرهای کلامی استفاده می‌شوند. البته در شرایطی که داده‌های حقیقی دارای نوسان‌های شدید باشند روش‌های سری زمانی فازی پیش‌بینی‌های دقیق‌تری را ایجاد می‌کند. برای به‌کار بردن سری‌های زمانی فازی در چنین شرایطی ابتدا داده‌های حقیقی، باید به‌صورت فازی تبدیل شوند که این

عمل را فازی‌سازی می‌گویند. سری زمانی فازی دارای روش‌های متفاوتی است که در این مقاله از معادله‌های رابطه‌ای فازی استفاده شده است زیرا مقدارهای سری‌های زمانی فازی مجموعه‌های فازی هستند و فرض می‌شود مشاهدات در زمان t نتایج انباشته شده‌ی مشاهدات در زمان‌های قبلی است. به‌عبارتی یک رابطه‌ی علت و معلولی بین مشاهده‌ها در زمان t و در زمان‌های قبلی وجود دارد. اولین مدل‌ها در زمینه‌ی پیش‌بینی با سری زمانی فازی توسط سانگ و چیسام [۶] مطرح شده است.
مدل مطرح شده برای موضوع پیش‌بینی تعداد ثبت‌نام‌شدگان دانشگاه آلاباما به‌کار گرفته شد. برای این کار از داده‌های ۲۰ساله مربوط به تعداد دانشجویان ثبت‌نام‌شده استفاده شد. این مثال در روند پیشرفت فن‌های پیش‌بینی به‌روش سری‌های زمانی فازی بسیار مورد توجه قرار گرفت و توسط سایر محققین نیز به‌کار گرفته شد [۷].
در این مقاله داده‌های قیمت نفت طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفتند. در بخش ۲ مدل اتورگرسیو میانگین متحرک و روش فازی درصدی معرفی و روی داده‌های واقعی پیاده‌سازی شدند. در بخش ۳ مقدارهای پیش‌بینی دو روش با هم مقایسه و نشان داده شد که روش فازی درصدی برای داده‌های با نوسان زیاد مناسب است.

۲- مدل برازش داده شده و روش براورد

امروزه با وجود روش‌های مختلف برای بررسی‌های نوسان‌های بازارهای مالی و اقتصادی هنوز پیش‌بینی دقیق کار چندان ساده‌ای نیست. در این مقاله از دو روش کلاسیک و فازی درصدی برای پیش‌بینی استفاده شده است. مدل‌های کلاسیک که توسط باکس و جنکینز [۱] معرفی شد در الگوسازی و پیش‌بینی مسائل متعددی استفاده می‌شوند. عملکرد این‌گونه مدل‌ها بر اساس مقدارهای گذشتهو جاری سری می‌باشد. در این مقاله نشان داده شده که در سری‌های دارای نوسان‌های شدید روش پیش‌بینی فازی درصدی عملکرد بهتری نسبت به مدل‌های کلاسیک دارند. در بخش بعدی پس از معرفی دو مدل و برازش آن‌ها به مشاهده‌ها، نتیجه‌های حاصل با هم مقایسه و مدل بهتر معرفی می‌شود.

۱-۲- مدل‌های سری‌زمانی فازی درصدی

سری‌های زمانی فازی اولین بار توسط سانگ و چیسام [۶] برای پیش‌بینی روند ثبت‌نام دانشجویان دانشگاه آلاباما در سال ۱۹۹۳ ارایه شد. سری زمانی فازی با فرض U یک مجموعه مرجع به‌صورت $U = \{u_1 u_2, \dots, u_n\}$ می‌باشد که A_i ($i = 1, \dots, n$) مجموعه فازی بوده و به‌صورت زیر تعریف شده است.

$$A_i = f_{Ai}(u_1)/u_1 + f_{Ai}(u_2)/u_2 + \cdots + f_{Ai}(u_n)/u_n \qquad (1)$$

در رابطه (۱)، f_{Ai} تابع عضویت مجموعه فازی A_i، u_k عضو مجموعه A_i و $f_{Ai}(u_k)$ درجه‌ی عضویت u_k در مجموعه A_i می‌باشد.

تعریف: فرض کنید $Y(t)$ $\left(t = 0, 1, 2, \dots\right)$ زیرمجموعه‌ای از اعداد حقیقی به‌عنوان مجموعه‌ی مرجعی برای مجموعه‌ی فازی A_i باشد، اگر $F(t)$ شامل $A_i = \left(i = 1, 2, \dots, n\right)$ باشد، در آن صورت $F(t)$ را یک سری زمانی فازی روی مجموعه $Y(t)$ می‌نامند. $F(t)$ را می‌توان به‌صورت یک متغیر کلامی در نظر گرفت و $\sum f(t)$ نیز به‌عنوان مقدارهای زبانی آن متغیر در نظر گرفته می‌شود. به‌علت وجود تغییرات زمانی، مقدارهای $F(t)$ نسبت به یکدیگر متفاوت هستند. لذا $F(t)$ تابعی از زمان است. همچنین چون مجموعه‌ی مرجع می‌تواند نسبت به زمان t تغییرکند، $Y(t)$ به‌عنوان مجموعه مرجع در زمان t به‌کار برده شده است. اختلاف اساسی بین سری زمانی معمولی و سری زمانی فازی در آن است که مشاهده‌ها در سری زمانی معمولی به‌صورت اعداد حقیقی بیان می‌شوند ولی در سری زمانی فازی این مشاهدات مجموعه‌های فازی هستند. در این مقاله روش پیش‌نهادی جیلانی و همکاران [۲] بهبود یافته و روش پیش‌نهادی دارای دقت بیش‌تری است به‌طوری‌که در این روش به جای استفاده از داده‌های اولیه، درصد تغییرات داده‌ها برای پیش‌بینی استفاده شده است.

روش پیش‌نهادی دامنه‌ی تغییرات داده‌ها را با توجه به تغییرات سال قبل محاسبه و در نتیجه مقدار آن کوچکتر شده و در بخش ۳ نشان داده می‌شود نتیجه‌های پیش‌بینی که در این روش ایجاد می‌شود دارای نتیجه‌های بهتری است.

۳- داده‌ها و نتیجه‌های تجربی

در سال ۲۰۰۸ با وقوع بحران مالی در آمریکا و سرایت آن به اقتصاد جهانی، کاهش چشمگیری در قیمت جهانی نفت رخ داد، به‌طوری که قیمت آن از حدود ۱۵۰ دلار به حدود ۳۵ دلار در هر بشکه رسید. در سال ۲۰۰۹ متوسط قیمت نفت به ۶۰ دلار رسید و در سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ میلادی افزایش قیمت نفت و عدم افزایش تولید ناخالص دنیا متناسب با قیمت نفت سبب شد تا شاخص هزینه‌ی نفت در سطوحی بالاتر از سال ۲۰۰۸ قرار گیرد. از سوی دیگر انتظار می‌رفت قیمت نفت، به‌علت خطرات ژئوپولتیک متوجه ایران، گسترش بحران یورو و نیز افزایش تقاضای مصرف از سوی بازارهای نوظهور با وجود وخیم‌تر شدن اوضاع اقتصادی جهانی، روند صعودی در سال‌های آتی به خود ببیند.

۳-۱- سری زمانی فازی درصدی

روش‌های فازی برای پیش‌بینی‌های کوتاه مدت سری‌هایی که دارای نوسان‌های شدید هستند روش بهتری برای پیش‌بینی دقیق‌تر ارایه می‌دهد. در روش فازی مقدار پیش‌بینی بسیار تحت تأثیر دامنه تغییرات داده‌ها و تعداد متغیر کلامی در نظر گرفته شده است. روش سری زمانی فازی درصدی، به‌دلیل کاهش دامنه‌ی تغییرات داده‌ها مقدار پیش‌بینی بسیار دقیق‌تری نسبت به سایر روش‌های فازی ارایه می‌دهد. داده‌های قیمت نفت به‌صورت درصد تغییرات (تفاضل داده‌ی هر سال از سال قبل تقسیم بر داده سال قبل در صد) از سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ در جدول ۱ نشان داده شده است.

مرحله‌ی ۱: مجموعه‌ی مرجعی را برای استفاده در تعریف مجموعه‌های فازی معین می‌کنیم. به‌طور معمول در تعریف یک مجموعه‌ی مرجع ابتدا کم‌ترین و بیش‌ترین مقدارهای داده‌ها یعنی $D_{\max}$ و $D_{\min}$ را مشخص می‌کنیم. بر اساس مقدارهای آن‌ها مجموعه‌ی مرجع U را به‌صورت $U =[\ D_{\min} - D_1,\ D_{\max} - D_2]$ تعریف کرده که در آن D_1 و D_2 دو عدد مثبت برای روند کردن مقدارهای حد پایین و بالای مجموعه‌ی مرجع هستند. در جدول ۱ درصد تغییرات قیمت نفت مشخص شده است که $D_{\max} = ۲۶٫۷۶$ و $D_{\min} = -۲۴٫۷۵$ است. برای ساده شدن کران‌ها

مقدارهای D_1 و D_2 را به‌ترتیب ۱٫۲۸ و ۱٫۴۸ انتخاب کرده و در نهایت مجموعه‌ی مرجع را به‌صورت $[-۲۶, ۲۸, ۲۵]$ تعریف کرده‌ایم.

جدول ۱– داده‌های قیمت نفت خام اوپک به‌صورت درصد تغییرات از ۲۰۱۲ الی ۲۰۱۵.

ماه به ماه	تغییرات	ماه به ماه	تغییرات	ماه به ماه	تغییرات
آوریل– مه ۲۰۱۲	-۱۳٫۷۷	آوریل – مه	-۱٫۸۶	آوریل – مه	۱٫۸۹
مه– ژوئن	-۷٫۹۹	مه – ژوئن	۲٫۰۲	مه – ژوئن	۲٫۵۳
ژوئن– ژوئیه	۹٫۹۳	ژوئن – ژوئیه	۴٫۱۶	ژوئن – ژوئیه	-۴٫۶۰
ژوئیه– اوت	۸٫۷۶	ژوئیه – اوت	۶٫۲۷	ژوئیه – اوت	-۳٫۴۸
اوت – سپتامبر	-۱٫۳۴	اوت – سپتامبر	-۵٫۳۲	اوت – سپتامبر	-۵٫۸۲
سپتامبر– اکتبر	-۳٫۲۱	سپتامبر – اکتبر	۱٫۰۸	سپتامبر – اکتبر	-۱۲٫۹۶
اکتبر– نوامبر	۲٫۲۹	اکتبر – نوامبر	۰٫۳۰	اکتبر – نوامبر	-۱۵٫۹۶
نوامبر– دسامبر	-۰٫۷۶	نوامبر – دسامبر	۰٫۸۱	نوامبر – دسامبر	-۲۴٫۵۲
دسامبر–ژانویه	۴٫۲۱	دسامبر –ژانویه	-۳٫۲۳	دسامبر –ژانویه	-۱۳٫۷۹
ژانویه– فوریه ۲۰۱۳	-۳٫۲۸	ژانویه – فوریه ۲۰۱۴	۱٫۴۱	ژانویه – فوریه ۲۰۱۵	۲۶٫۷۷
فوریه– مارس	-۱٫۲۸	فوریه – مارس	-۱٫۷۴	فوریه – مارس	-۱۲٫۱۴
مارس– آوریل	-۶٫۱۴	مارس – آوریل	-۰٫۱۲		

مرحله‌ی ۲: مجموعه‌ی مرجع را به چند فاصله با طول یکسان تقسیم می‌کنیم. تعداد فاصله‌ها با توجه به نظر محقق است، البته برای پیش‌بینی دقیق در بازه‌های بزرگ تعداد فواصل بیش‌تر پیش‌نهاد می‌شود. در این مقاله با توجه به طول بازه‌ی داده‌های درصد تغییرات، مجموعه‌ی U به هفت فاصله با طول برابر $u_1, \ldots, u_7$ تقسیم شده است. سپس فراوانی داده‌هایی که در هر فاصله قرار گرفته‌اند شمرده شده و چنان‌چه فراوانی داده‌هایی که در یک بازه قرار می‌گیرند نسبت به بقیه متفاوت باشد تقسیم‌بندی مجدد صورت می‌گیرد.

جدول۲- تراکم فراوانی داده‌ها در بازه‌ها.

ردیف	بازه	تعداد داده‌ها
۱	$[-۲۶٫۰۰ , -۱۸٫۲۵]$	۱
۲	$[-۱۸٫۲۵ , -۱۰٫۵]$	۵
۳	$[-۱۰٫۵۰ , -۲٫۷۵]$	۹
۴	$[-۲٫۷۵ , ۵٫۰۰]$	۱۶
۵	$[۱۲٫۷۵ , ۲۰٫۵]$	۳
۶	$[۱۲٫۷۵ , ۲۰٫۵]$	۰
۷	$[۲۰٫۵ , ۲۸٫۲۵]$	۱

مرحله‌ی ۳: با توجه به بیش‌ترین فراوانی تا کم‌ترین فراوانی هر بازه در مرحله‌ی ۲ تقسیم‌بندی مجدد به این صورت انجام می‌شود؛ بازه‌ای که بیش‌ترین فراوانی داده‌ها را دارد به چهار زیربازه با طول برابر تقسیم کرده و دومین بازه‌ای که بیش‌ترین فراوانی داده را دارد به سه زیربازه، با طول برابر و سومین بازه را نیز به دو زیربازه تقسیم کرده و بقیه‌ی فواصل پس از آن بدون تغییر باقی می‌مانند. تعریف مجموعه فازی X_iها بر اساس فواصل دوبار تقسیم‌بندی شده‌ی داده‌های درصد تغییرات قیمت نفت در جدول ۳ نشان داده شده است که در آن مجموعه‌ی فازی X_iها نشان‌دهنده‌ی متغیرهای کلامی است.

جدول ۳ - تراکم فراوانی داده‌ها بر اساس تقسیم‌بندی فواصل فازی.

متغیر کلامی	بازه
$X_۱$	$[-۲۶ , -۱۸٫۲۵]$
$X_۲$	$[-۱۸٫۲۵ , -۱۴٫۵]$
$X_۳$	$[-۱۴٫۵ , -۱۰٫۵]$
$X_۴$	$[-۱۰٫۵ , -۷٫۹۲]$
$X_۵$	$[-۷٫۹۲, -۵٫۳۳]$
$X_۶$	$[-۵٫۳۳ , -۲٫۷۵]$
$X_۷$	$[-۲٫۷۵ , ۰٫۸۱۳]$
$X_۸$	$[-۰٫۸۱۳ , ۱٫۱۲۵]$
$X_۹$	$[۱٫۱۲۵ , ۳٫۰۶۲۵]$
$X_{۱۰}$	$[۳٫۰۶۲۵ , ۵٫۰۰۰]$
$X_{۱۱}$	$[۵٫۰۰۰ , ۱۲٫۷۵]$
$X_{۱۲}$	$[۲۰٫۵ , ۲۸٫۲۵]$

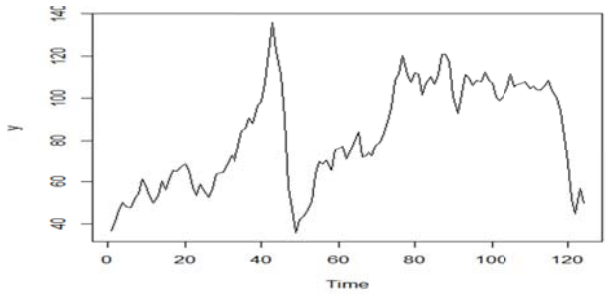
مرحله‌ی ۴: داده‌های فازی‌شده به‌روش درصد تغییرات را با استفاده از فرمول t_j پیش‌بینی می‌کنیم. مقدارهای پیش‌بینی شده در جدول ۴ نشان داده شده است که در آن $a_{j-۱}, a_j, a_{j+۱}$ به ترتیب نقاط میانی فاصله‌های فازی $X_{j-۱}, X_j, X_{j+۱}$ می‌باشد.

$$t_j = \begin{cases} \dfrac{۱٫۵}{\frac{۱}{a_۱}+\frac{۰٫۵}{a_۲}} & \text{اگر؛ } j = ۱ \\ \dfrac{۲٫۵}{\frac{۰٫۵}{a_{j-۱}}+\frac{۱}{a_j}+\frac{۰٫۵}{a_{j+۱}}} & \text{اگر؛ } ۲ \le j \le n-۱ \\ \dfrac{۱٫۵}{\frac{۰٫۵}{a_{n-۱}}+\frac{۱}{a_n}} & \text{اگر؛ } j = n \end{cases} \qquad (۲)$$

جدول ۴- نتایج پیش‌بینی مدل فازی درصدی.

ماه	درصد پیش‌بینی	مقدار پیش‌بینی	ماه	درصد پیش‌بینی	مقدار پیش‌بینی
آوریل ۲۰۱۲			اکتبر	۰٫۳۴۴۷	۱۰۵٫۹۷۴۰
مه	-۱۵٫۱۶۶۸	۹۹٫۴۲۴۵	نوامبر	۰٫۳۴۴۷	۱۰۷٫۱۱۸۰
ژوئن	-۱۱٫۱۵۷۱	۸۹٫۷۸۴۶	دسامبر	۰٫۳۴۴۷	۱۰۷٫۴۳۹۱
ژوئیه	۹٫۷۲۳۲	۱۰۲٫۰۳۱۶	ژانویه ۲۰۱۴	-۵٫۳۹۶۵	۱۰۲٫۱۱۵۰
اوت	۹٫۷۲۳۲	۱۱۲٫۱۵۹۱	فوریه	۰٫۶۵۷۶	۱۰۵٫۱۳۶۹
سپتامبر	۰٫۸۹۴۲	۱۱۲٫۱۶۴۱	مارس	۰٫۸۹۴۲	۱۰۶٫۸۶۷۱
اکتبر	-۵٫۳۹۶۵	۱۰۳٫۷۶۱۱	آوریل	۰٫۳۴۴۷	۱۰۴٫۴۳۸۸
نوامبر	۰٫۶۵۷۶	۱۰۶٫۸۵۸۱	مه	۰٫۶۵۷۶	۱۰۴٫۶۳۳۶
دسامبر	۰٫۳۴۴۷	۱۰۸٫۹۶۴۳	ژوئن	۰٫۶۵۷۶	۱۰۶٫۶۰۶۵
ژانویه ۲۰۱۳	۴٫۶۰۲۳	۱۱۲٫۷۱۹۴	ژوئیه	-۵٫۳۹۶۵	۱۰۲٫۷۲۹۹
فوریه	-۵٫۳۹۶۵	۱۰۶٫۲۳۹۷	اوت	-۵٫۳۹۶۵	۹۸٫۰۰۹۲
مارس	۰٫۸۹۴۲	۱۰۹٫۵۹۱۳	سپتامبر	-۷٫۵۹۹۶	۹۲٫۳۹۱۲
آوریل	-۷٫۵۹۹۶	۹۹٫۰۸۰۹	اکتبر	-۱۵٫۱۶۶۸	۷۹٫۸۸۷۴
مه	۰٫۸۹۴۲	۱۰۱٫۵۵۰۰	نوامبر	-۲۰٫۲۱۵۴	۶۵٫۳۹۹۴
ژوئن	۰٫۶۵۷۶	۹۹٫۴۲۹۶	دسامبر	-۱۹٫۸۰۶۶	۵۵٫۲۴۵۲
ژوئیه	۴٫۶۰۲۳	۱۰۵٫۴۱۸۲	ژانویه ۲۰۱۵	-۱۵٫۱۶۶۸	۴۴٫۱۱۳۳
اوت	۹٫۷۲۳۲	۱۱۵٫۱۷۶۴	فوریه	۱۵٫۴۳۹۳	۵۱٫۷۵۱۴
سپتامبر	-۵٫۳۹۶۵	۱۰۵٫۵۳۰۲	مارس	-۱۵٫۱۶۶۸	۴۸٫۲۱۰۷

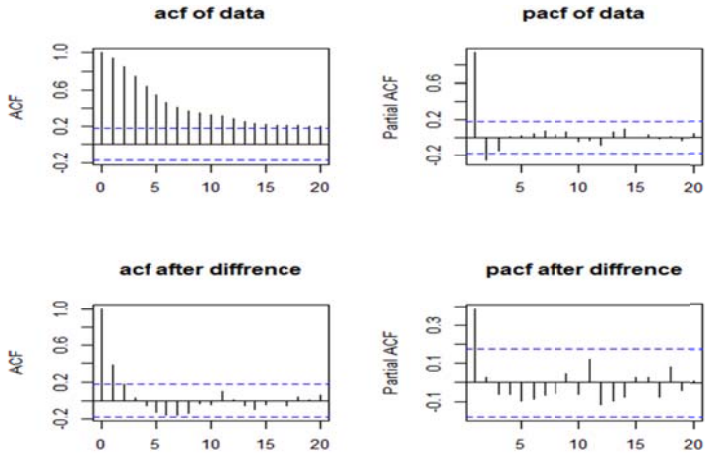
نوسان‌های قیمت نفت خام اوپک در شکل ۳، نشان داده شده است که این نوسان‌های می‌تواند بیانگرعوامل گوناگون باشد. در سال ۲۰۰۷ اوپک اعلام کرد که از روز ۲۰۰۷/۱۱/۱ تولید خود را به میزان ۵۰۰ هزار بشکه در روز افزایش خواهد داد. افزایش تولید نفت به‌دلیل مقابله با اثرات منفی قیمت ۷۷ دلاری نفت بر اقتصاد جهانی و کاهش ذخایر جهانی نفت اتخاذ شد و این ۵۰۰ هزار بشکه بر تولید واقعی کشورهای عضو اضافه شد. به این ترتیب تولید واقعی ده کشور غیر از عراق و آنگولا از روز ۲۰۰۷/۱۱/۱ به ۲۷/۲ میلیون بشکه در روز رسید. ولی علی‌رغم اعلام افزایش تولید اوپک بهای یک بشکه نفت خام برای اولین بار از مرز ۸۱ دلار عبور کرد. هم‌زمان با نشست شورای امنیت (گروه ۱+۵) برای بررسی وضعیت ایران، قیمت نفت در بازارهای آمریکا با افزایش دو و نیم درصدی به حدود ۸۴ دلار در هر بشکه رسید. در آستانه‌ی فصل سرما بهای نفت در بازارهای جهانی به رکورد کم سابقه‌ی ۹۳ دلار برای هر بشکه رسید و این در حالی است که قیمت این ماده‌ی خام در بازارهای خاور دور به بالای ۹۳ دلار رسید. بازارهای جهانی خود را برای افزایش بهای قیمت نفت تا رسیدن به صد دلار در هر بشکه آماده کردند. در آخرین روز سال ۲۰۰۷ میلادی قیمت هر بشکه نفت به بالای ۹۶ دلار آمریکا رسید، در حالی‌که در آغاز سال ۲۰۰۷ میلادی قیمت هر بشکه نفت در حدود ۶۰ دلار آمریکا بود. به این ترتیب قیمت نفت در سال ۲۰۰۷ با افزایشی ۵۸ درصدی، بیش‌ترین افزایش قیمت را در یک دهه‌ی گذشته داشته است. تنش‌های موجود در خاورمیانه، کاهش قدرت دلار آمریکا و کمبود گنجایش ظرفیت کاری پالایشگاه‌ها از عوامل مؤثر در این افزایش قیمت بوده‌است. افزایش قیمت نفت بر قدرت خرید مصرف‌کنندگان در بسیاری از کشورها تأثیر محسوسی داشت. قیمت محصولات نفتی با افزایش نسبتاً چشمگیری در سال ۲۰۰۸ میلادی مواجه شد. قیمت نفت در اوایل تابستان ۲۰۰۸ به رقم بی‌سابقه‌ی ۱۴۸ دلار رسید اما در اوج گرمای تابستان ۲۰۰۸ با آشکار شدن بحران مالی ۲۰۰۹- ۲۰۰۷ در اقتصاد جهانی، قیمت نفت روند نزولی گرفت و به زیر ۴۰ دلار در هر بشکه سقوط کرد. قیمت محصولات نفتی با افزایش نسبتاً چشمگیری در سال ۲۰۱۰ میلادی مواجه شد. قیمت نفت در اوایل سال ۲۰۱۱ مجدداً به رقم ۱۲۰ دلار رسید که این تغییرات را در شکل ۳ مربوط به داده‌های قیمت ماهانه‌ی نفت ایران طی ده سال اخیر (۲۰۱۵-۲۰۰۵) نشان داده شده است.



شکل ۳- پراکنش داده‌های قیمت ماهانه‌ی نفت خام ایران طی سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۱۵.

درامدهای نفتی که سهم قابل ملاحظه‌ای از صادرات و درامدهای دولتی را فراهم می‌کنند، شدیداً تحت تأثیر قیمت نفت قرار دارند که یک متغیر برون‌زا محسوب می‌شود. بی‌ثباتی این درامدها نتایج بسیار منفی در اقتصاد کشور ایجاد می‌کند. جالب توجه است که اثر بی‌ثباتی خواه ناشی از افزایش قیمت نفت، خواه به‌علت کاهش قیمت آن باشد در بلندمدت بر رشد اقتصادی تأثیری منفی دارد.

برای بررسی تولید نفت خام در طی این سال‌ها شکل خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. پس از تبدیلات تفاضلی برای رفع ناایستایی داده‌ها که در شکل ۴ نشان داده شده است، مدل آریما به داده‌ها برازش داده شده است.



شکل ۴- خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی داده‌ها.

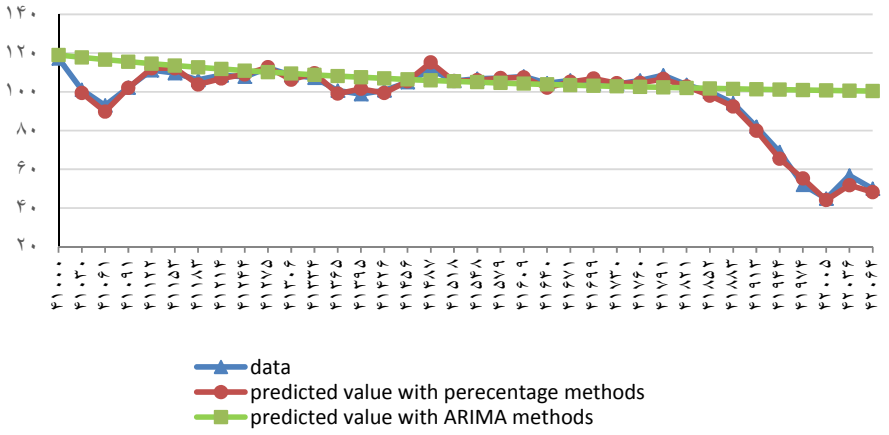
مدل برازش داده‌شده به داده‌ها و براورد ضریب‌های مدل ARIMA(۱,۱,۲) در جدول ۵ ارایه شده است.

جدول ۵- برازش مدل آریما و براورد پارامترهای مدل.

	AR1	MA1	MA2
Coeff.	۰٫۹۴۱۸	۰٫۶۱۷۴	۰٫۳۴۸۳
S.e	۰٫۰۶۴۷	۰٫۰۷۵۹	۰٫۰۹۲۱

۴- مقایسه‌ی مدل‌های آریما و فازی درصدی

با توجه به این‌که مدل‌های مختلفی را می‌توان برای پیش‌بینی مقدارهای آتی داده‌ها استفاده کرد این پرسش مطرح می‌شود که کدام مدل برازش بهتری را ایجاد می‌کند و به‌عبارتی مقدارهای پیش‌بینی دقیق‌تری را ایجاد می‌کند. مقدارهای پیش‌بینی که توسط مدل‌های آریما و فازی درصدی ایجاد شده در شکل ۵ نشان داده شده است. برازش مدل آریما به داده‌ها باتوجه به این‌که ماهیت مدل‌های آریما خطی است در شکل ۵ یک خط راست را نشان می‌دهد، در صورتی که در روش فازی درصدی برازش بسیار بهتری به داده‌ها داده شده، بنا بر این مدل فازی درصدی برای داده‌ها بسیار مناسب‌تر از مدل آریما است.



شکل ۵- مقایسه‌ی مدل‌های آریما و فازی درصدی.

همان‌طور که در شکل ۵ مقایسه‌ی دو روش نشان داه شده روش فازی درصدی برازش بهتری ایجاد کرده است اما بیان دقت هر روش با معیارهای دیگری مانند خطا نیز ممکن است. به‌عبارتی در پیش‌بینی مقدارهای مشاهدات هر چه خطای مقدار پیش‌بینی از مقدار واقعی کم‌تر باشد مدل قابلیت برازش بهتری دارد. لذا یکی از اساسی‌ترین موضوعات در پیش‌بینی تعیین مقدار این خطا می‌باشد. معیارهای زیادی برای این مهم وجود دارد که در این مقاله از درصد میانگین قدرمطلق خطا (MAPE) و میانگین مربع خطا (MSE) استفاده شده است. شاخص میانگین درصد قدر مطلق خطا نیز با استفاده از رابطه‌ی ۷ قابل محاسبه خواهد بود.

$$MSE = (A_i - F_i)^2$$

$$MAPE = \frac{|A_i - F_i|}{A_i}$$

هرچه مقدارهای مربوط به معیارهای MAPE و MSE کم‌تر باشند، مدل مناسب‌تر است. مقدارهای مذکور در جدول ۶ قابل ملاحظه است. با توجه به نتیجه‌های مربوط به MAPE و MSE در جدول ۶ مدل فازی درصدی کم‌تر از مدل آریما است لذا مدل فازی درصدی مدلی بهتر و مناسب‌تر برای پیش‌بینی است.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نفت، نقش اساسی در اقتصاد جهانی به ویژه در کشورهای صادرکننده‌ی نفت (از جمله ایران) دارد. اهمیت و جایگاه ویژه‌ی این کالا، توجه بسیاری از محققان را به سوی خود جلب کرده و به همین علت در سال‌های اخیر مطالعه‌های زیادی در زمینه‌ی پیش‌بینی بازارهای نفت انجام پذیرفته است. در این مقاله دو مدل برای بررسی نوسان‌های قیمت نفت و پیش‌بینی آن معرفی شد که با توجه به معیارهای مقایسه (MAPE و MSE) مدل بهتر برای تخمین نوسان‌های قیمت نفت ایران، مدل فازی درصدی بوده است. روش‌های پیش‌بینی فازی درصدی به‌طور معمول برای پیش‌بینی‌های کوتاه‌مدت و داده‌هایی که دارای نوسان شدید هستند روش‌های بهتری نسبت به مدل‌های کلاسیک هستند.

جدول ۶- مقایسه‌ی نتایج پیش‌بینی مدل‌های فازی درصدی و آریما.

ماه	قیمت	مقدارهای پیش‌بینی به روش درصدی	MSE	MAPE	مقدارهای پیش‌بینی به روش ARIMA	MSE	MAPE
آوریل[۲۰۱۳]	۱۱۷٫۲				۱۱۹٫۰۰۹	۳٫۲۷	۰٫۰۲
مه	۱۰۱٫۰۶	۹۹٫۴۲۴۵	۲٫۶۷	۰٫۰۲	۱۱۷٫۷۷۳	۲۷۹٫۳۲	۰٫۱۷
ژوئن	۹۲٫۹۹	۸۹٫۷۸۴۶	۱۰٫۲۷	۰٫۰۳	۱۱۶٫۶۰۹	۵۵۷٫۸۵	۰٫۲۵
ژوئیه	۱۰۲٫۲۲	۱۰۲٫۰۳۱۶	۰٫۰۴	۰٫۰۰	۱۱۵٫۵۱۳	۱۷۶٫۶۹	۰٫۱۳
اوت	۱۱۱٫۱۷	۱۱۲٫۱۵۹۱	۰٫۹۸	۰٫۰۱	۱۱۴٫۴۸۰	۱۰٫۹۶	۰٫۰۳
سپتامبر	۱۰۹٫۶۸	۱۱۲٫۱۶۴۱	۶٫۱۷	۰٫۰۲	۱۱۳٫۵۰۸	۱۴٫۶۵	۰٫۰۳
اکتبر	۱۰۶٫۱۶	۱۰۳٫۷۶۱۱	۵٫۷۵	۰٫۰۲	۱۱۲٫۵۹۲	۴۱٫۳۷	۰٫۰۶
نوامبر	۱۰۸٫۵۹	۱۰۶٫۸۵۸۱	۳٫۰۰	۰٫۰۲	۱۱۱٫۷۳۰	۹٫۸۶	۰٫۰۳
دسامبر	۱۰۷٫۷۶	۱۰۸٫۹۶۴۳	۱٫۴۵	۰٫۰۱	۱۱۰٫۹۱۸	۹٫۹۷	۰٫۰۳
ژانویه[۲۰۱۳]	۱۱۲٫۳	۱۱۲٫۳	۰٫۱۸	۰٫۰۰	۱۱۰٫۱۵۳	۴٫۶۱	۰٫۰۲
فوریه	۱۰۸٫۶۲	۱۰۸٫۶۲	۵٫۶۷	۰٫۰۲	۱۰۹٫۴۳۳	۰٫۶۶	۰٫۰۱
مارس	۱۰۷٫۲۳	۱۰۷٫۲۳	۵٫۵۸	۰٫۰۲	۱۰۸٫۷۵۴	۲٫۳۲	۰٫۰۱
آوریل	۱۰۰٫۶۵	۱۰۰٫۶۵	۲٫۴۶	۰٫۰۲	۱۰۸٫۱۱۶	۵۵٫۷۴	۰٫۰۷
مه	۹۸٫۷۸	۱۰۱٫۵۵۰۰	۷٫۶۷	۰٫۰۳	۱۰۷٫۵۱۴	۷۶٫۲۸	۰٫۰۹
ژوئن	۱۰۰٫۷۸	۹۹٫۴۲۹۶	۱٫۸۲	۰٫۰۱	۱۰۶٫۹۴۸	۳۸٫۰۴	۰٫۰۶
ژوئیه	۱۰۴٫۹۷	۱۰۵٫۴۱۸۲	۰٫۲۰	۰٫۰۰	۱۰۶٫۴۱۴	۲٫۰۸	۰٫۰۱
اوت	۱۱۱٫۵۵	۱۱۵٫۱۷۶۴	۳٫۱۵	۰٫۰۳	۱۰۵٫۹۱۱	۳۱٫۷۹	۰٫۰۵
سپتامبر	۱۰۵٫۶۱	۱۰۵٫۵۳۰۲	۰٫۰۱	۰٫۰۰	۱۰۵٫۴۳۸	۰٫۰۳	۰٫۰۰
اکتبر	۱۰۶٫۷۵	۱۰۵٫۹۷۴۰	۰٫۶۰	۰٫۰۱	۱۰۴٫۹۹۳	۳٫۰۹	۰٫۰۲
نوامبر	۱۰۷٫۰۷	۱۰۷٫۱۱۸۰	۰٫۰۰	۰٫۰۰	۱۰۴٫۵۷۳	۶٫۲۴	۰٫۰۲
دسامبر	۱۰۷٫۹۴	۱۰۷٫۴۳۹۱	۰٫۲۵	۰٫۰۰	۱۰۴٫۱۷۸	۱۴٫۱۶	۰٫۰۳
ژانویه[۲۰۱۴]	۱۰۴٫۴۵	۱۰۲٫۱۱۵۰	۵٫۴۵	۰٫۰۲	۱۰۳٫۸۰۵	۰٫۴۲	۰٫۰۱
فوریه	۱۰۵٫۹۲	۱۰۵٫۱۳۶۹	۰٫۶۱	۰٫۰۱	۱۰۳٫۴۵۵	۶٫۰۸	۰٫۰۲
مارس	۱۰۴٫۰۸	۱۰۶٫۸۶۷۱	۷٫۷۷	۰٫۰۳	۱۰۳٫۱۲۵	۰٫۹۱	۰٫۰۱
آوریل	۱۰۳٫۹۵	۱۰۴٫۴۳۸۸	۰٫۲۴	۰٫۰۰	۱۰۲٫۸۱۴	۱٫۲۹	۰٫۰۱
مه	۱۰۵٫۹۱	۱۰۴٫۶۳۳۶	۱٫۶۳	۰٫۰۱	۱۰۲٫۵۲۱	۱۱٫۴۹	۰٫۰۳
ژوئن	۱۰۸٫۵۹	۱۰۶٫۶۰۶۵	۳٫۹۳	۰٫۰۲	۱۰۲٫۲۴۵	۴۰٫۲۶	۰٫۰۶
ژوئیه	۱۰۳٫۶	۱۰۲٫۷۲۹۹	۰٫۷۶	۰٫۰۱	۱۰۱٫۹۸۵	۲٫۶۱	۰٫۰۲
اوت	۹۹٫۹۹	۹۸٫۰۰۹۲	۳٫۹۲	۰٫۰۲	۱۰۱٫۷۴۱	۳٫۰۷	۰٫۰۲
سپتامبر	۹۴٫۱۷	۹۲٫۳۹۱۲	۳٫۱۶	۰٫۰۲	۱۰۱٫۵۱۰	۵۳٫۸۸	۰٫۰۸
اکتبر	۸۱٫۹۷	۷۹٫۸۸۷۴	۴٫۳۴	۰٫۰۳	۱۰۱٫۲۹۴	۳۷۳٫۴۰	۰٫۲۴
نوامبر	۶۸٫۸۹	۶۵٫۳۹۹۴	۱۲٫۱۸	۰٫۰۵	۱۰۱٫۰۸۹	۱۰۳۶٫۷۹	۰٫۴۷
دسامبر	۵۲	۵۵٫۲۴۵۲	۱۰٫۵۳	۰٫۰۶	۱۰۰٫۸۹۷	۲۳۹۰٫۹۱	۰٫۹۴
ژانویه [۲۰۱۵]	۴۴٫۸۳	۴۴٫۱۱۳۳	۰٫۵۱	۰٫۰۲	۱۰۰٫۷۱۶	۳۱۲۳٫۲۱	۱٫۲۵
فوریه	۵۶٫۸۳	۵۱٫۷۵۱۴	۲۵٫۷۹	۰٫۰۹	۱۰۰٫۵۴۵	۱۹۱۱٫۰۱	۰٫۷۷
مارس	۴۹٫۹۳	۴۸٫۲۱۰۷	۲٫۹۶	۰٫۰۳	۱۰۰٫۳۸۴	۲۵۴۵٫۶۵	۱٫۰۱
			۴٫۲۱۴۵۱	۰٫۰۲۰	۱۱۹٫۰۰۹	۳۵۶٫۵۷۴۹	۰٫۱۶۸۳

مرجع‌ها

[1] Box, G., Jenkins, G., Reinsel, G. and Ljung, G.M. (2015). Time Series Analysis-Forecasting and Control. Wiley.

[2] Jilani, T.A., Burney, S.M.A. and Ardil, C. (2008). Fuzzy Metric Approach for Fuzzy Time Series Forecasting based on Frequency Density based Partitioning. International Journal of Computational Intelligence, **4**, 112-117.

[3] Kang, S.H., Kang, S.M. and Yoon, S.M. (2009). Forecasting Volatility of Crude oil Markets. Energy Economics, **31**, 119-125.

[4] Mehrara, M. and Mohaghegh, M. (2011). Macroeconomic Dynamics in the Oil Exporting Countries: a Panel VAR Study. International Journal of Business and Social Science, **2**, 288-295.

[5] Shirinbakhsh, S. and Bayat, M.M. (2011). An Evaluation of Asymmetric and Symmetric Effects of Oil Exports Shocks on Nontradable Sector of Iranian Economy. Romanian Journal of Economic Forecasting, **1**, 106-124.

[6] Song, Q. and Chissom, B.S. (1993). Forecasting Enrollments with Fuzzy Time Series-part I. Fuzzy sets and systems, **54**, 1-9.

[7] Stevenson, M. and Porter, J.E. (1972). Fuzzy Time Series Forecasting using Percentage Change as the Universe of Discourse. Change, 1971 (3.89).

[8] Wang, Y., Wu, C., and Wei, Y. (2011). Can GARCH-class Models Capture Long Memory in WTI Crude Oil Markets? Economic Modelling, **28**, 921-927.

[9] Wei, Y., Wang, Y. and Huang, D. (2010). Forecasting Crude Oil Market Volatility: Further Evidence using GARCH-class Models. Energy Economics, **32**, 1477-1484.

فاطمه حسن‌تبار درزی
فوق‌لیسانس آمار ریاضی
زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده ریاضی، گروه آمار.
رایانشانی: hasantabar_f@math.usb.ac.ir

سیدمهرداد اسلامی
فوق‌لیسانس فناوری و اطلاعات
سیستان و بلوچستان، ایرانشهر، کیلومتر ۵ بزرگراه شهید مرادی، دانشگاه ولایت.
رایانشانی: m.eslami@velayat.ac.ir