فصلنامه پژوهشنامه اقتصادی
سال شانزدهم، شماره ٦٠، بهار ١٣٩٥، صفحات ١٨٢-١٥٣

تخصیص بهینه استانی بودجه نفتی بر پایه یک مدل کنترل بهینه تصادفی

هادی رحمانی‌فضلی* و عباس عرب‌مازار**

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۱

چکیده

این مطالعه فرآیند تخصیص بودجه به استان‌های کشور را از یک سو با تمرکز بر شاخص‌های عمده کلان استان‌ها و از طرفی با تمرکز بر نوسانات تصادفی قیمت نفت در چارچوب معادلات دیفرانسیل تصادفی و روش کنترل بهینه تصادفی طی دوره زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳ مورد بررسی قرار می‌دهد. در این راستا، ضمن محاسبه سهم بهینه استان‌های کشور از کل بودجه با توجه به شاخص‌های عمده استانی مربوط به سال ۱۳۹۰، روند تصادفی قیمت نفت در فرآیند تخصیص بهینه بودجه مورد توجه قرار گرفته است. تحلیل پویای قیمت نفت طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳، گویای روندی پرنوسان و توام با پرش‌های قیمتی در برخی از دوره‌ها است. بر این اساس، مدل‌های متفاوتی از معادلات دیفرانسیل تصادفی و کنترل بهینه تصادفی برای مدل‌سازی قیمت نفت و تخصیص بودجه نفتی در سال‌های مختلف پیشنهاد شده است. نتایج حاصل از حل این مدل‌ها نشان می دهد که سهم بودجه نفتی استانی به پارامترهای تعیین کننده رفتار قیمت نفت بستگی دارد به نحوی که با افزایش میانگین رشد قیمت نفت، سهم بودجه استانی طی زمان افزایش می‌یابد. همچنین افزایش نوسانات قیمت نفت و افزایش سرعت برگشت به میانگین قیمت نفت سبب کاهش سهم بودجه نفتی استان‌ها طی زمان می‌شود. علاوه بر این، بر پایه نتایج حاصل از شبیه‌سازی مدل برای داده‌ها و اطلاعات استانی مربوط به سال ۱۳۹۰، مسیر بهینه پویای سهم بودجه نفتی استان‌های کشور تصادفی است و بر اساس نوسانات و رفتار سری زمانی قیمت نفت شکل می‌گیرد.

طبقه‌بندی JEL: *C6، H6.*

کلیدواژه‌ها: *بودجه‌ریزی بهینه استانی، مدل کنترل بهینه تصادفی، برنامه‌ریزی پویا، معادله همیلتن- ژاکوبی- بلمن.*

* دانشجوی دکتری اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی- نویسنده مسئول Hady.rahmani@gmail.com
** دانشیار دانشکده اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی Ab_arabmazar@sbu.ac.ir

۱- مقدمه

رفع محرومیت از مناطق کمتر توسعه یافته همواره به عنوان یک چالش در راستای تحقق عدالت اقتصادی و اجتماعی کشور مطرح بوده که به دلایلی متعددی از قبیل انزوای جغرافیای، جنگ تحمیلی و ناامنی های ناشی از آن، ناهماهنگی و عوامل محدودکننده امنیت سرمایه‌گذاری محقق نشده است (کلانتری، ۱۳۸۰). عدم تعادل توسعه منطقه‌ای نیز باعث افزایش فرآیند تمرکزگرایی، افزایش بسترهای نارضایتی اقتصادی- اجتماعی، ادامه روند مهاجرت و حاشیه‌نشینی، افزایش احساس تبعیض و فاصله طبقاتی، گسستگی پیوند ارگانیک بین بخش‌های مختلف مختلف اقتصادی و مناطق مختلف کشور، افزایش تخریب محیط‌زیست و فشارهای اکولوژیکی به ویژه در اثر رشد بی‌رویه شهرهای بزرگ، عدم بهبود در وضع اشتغال و ادامه روند بیکاری، توزیع نامتوازن جمعیت و تبعات اقتصادی و اجتماعی فراوان دیگری شده است (میرشجاعیان حسینی و رهبر، ۱۳۹۱).

برنامه‌ریزی و سیاستگذاری‌های کلان کشور برای مقابله با عدم تعادل‌های منطقه و آثار و پیامدهای آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که این مهم با تخصیص بهینه بودجه میان استان‌های کشور محقق خواهد شد. بدون شک بودجه مهم‌ترین و مؤثرین ابزاری است که می‌تواند برای تعیین سیاست‌ها و اولویت‌ها، برنامه‌ریزی، اصلاح و تعدیل فعالیت‌ها مورد استفاده قرار گیرد که توسعه همه‌جانبه کشور با شناخت اصولی و متکی بر دانش این ابزار کلیدی مدیریتی امکانپذیر است.

دو عامل در تخصیص بهینه بودجه میان استان‌های کشور نقش برجسته‌ای ایفا می‌کنند؛ یکی تخصیص بودجه با در نظر گرفتن شاخص‌ها و معیارهایی است که ضمن کاهش عدم تعادل منطقه‌ای، توسعه همه‌جانبه و حداکثر رفاه اجتماعی کشور را تامین کند و از جمله این معیارها می‌توان به نسبت جمعیت استان به کل جمعیت کشور، نسبت مساحت استان به کل مساحت کشور، نرخ اشتغال و بیکاری، نرخ باسوادی، نسبت تولید استان به تولید کل کشور، نسبت ارزش افزوده هر یک از بخش‌های صنعت، کشاورزی و خدمات به کل کشور، تعداد پزشک به ازای هزار نفر، تعدادتخت بیمارستان به ازای هزار نفر، تعداد

کلاس های آموزشـــی، حمل و نقل و مواردی از این قبیل اشـــاره کرد. دیگری، نفت و درآمدهای حاصـــل از آن اســـت. می‌دانیم که بخش عمده‌ای از منابع بودجه‌ای کشـــور را درآمدهای نفتی تشـکیل می‌دهد به نحوی که در سـال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۱ درآمدهای نفتی به طور متوسط سهم ۵۳/۴۵ درصدی از کل درآمدهای دولت داشته است. همچنین قیمت نفت بازارهای جهانی به دلیل تاثیرپذیری شـدید از پارامترهای سـیاسـی و اقتصـادی دچار نوسـانات شـدیدی می‌شـود که این مسـاله باعث می‌شـود درآمدهای نفتی کشـور به عنوان بخش اصـــلی منابع درآمدی دولت فرآیند باثبات و پایداری را نداشـــته و همواره با عدم اطمینان مواجه شود[1]. بنابراین در فرآیند بودجه‌ریزی و تخصیص بهینه بودجه میان استان‌های کشـور باید نوسـانات و نااطمینانی درآمدهای نفتی مورد توجه قرار گیرد تا اهداف «کاهش عدم تعادل منطقه‌ای» و «تامین حداکثر رفاه اجتماعی» محقق شود.

بررسی مطالعات تجربی انجام شده در خصوص بحث بودجه‌ریزی نشان می‌دهد که مطالعات بیشتر پیرامون شهرداری‌ها، دانشگاه‌ها، درون استانی و سایر نهادها و مؤسسات بوده و تاکنون بحث تخصـیص بهینه بودجه کشـور میان اسـتان‌ها مورد مطالعه قرار نگرفته اسـت. همچنین مطالعات انجام شـده بحث قابل تامل نااطمینانی ناشـی از درآمدهای نفتی را در فرآیند تخصـــیص بودجه مدنظر قرار نداده‌اند. علاوه بر این، بخش عمده‌ای از مطالعات تجربی به بررسی عوامل مؤثر و پیامدهای ناشی از تخصیص بودجه اختصاص یافته است.

مطالعه حاضـر در راسـتای مرتفع کردن خلأ تحقیقاتی موجود در ادبیات موضـوع، ضمن استفاده از معیارها و شاخص‌های ساختار اقتصادی، اجتماعی و جغرافیای استان‌های کشـور با تکیه بر الگوی کنترل بهینه تصـادفی[2] و با تمرکز بر نوسـانات و نااطمینانی قیمت

۱- به عنوان مثال، طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ قیمت نفت چند بار دچار نوسانات شدید شد. حملات تروریستی ۱۱ سپتامبر آمریکا در سال ۲۰۰۱، جنگ عراق در سال ۲۰۰۳، رشد اقتصادی چین در سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۷، بحران مالی جهانی در سال ۲۰۰۸ و سیاست های افزایش عرضه نفت از سوی آمریکا و عربستان سعودی در میانه‌های سال ۲۰۱۴ سبب بروز چند شوک قیمت نفت و شکل‌گیری نوسانات شدید در قیمت این کالای استراتژیک جهانی شد (فیلیز و همکاران، ۲۰۰۱، اوپک، ۲۰۱۵).

2- Stochastic Optimal Control

نفت[1] به تخصیص بهینه بودجه میان استان‌های کشور می‌پردازد و همین موضوع، وجه تمایز این مطالعه از مطالعات پیشین است.

با توجه به نوسانات و نااطمینانی ناشی از درآمدهای نفتی کشور، رویکرد کنترل بهینه تصادفی نسبت به سایر روش‌های سنتی و متعارف در تخصیص بودجه استانی ارجحیت دارد.

۲- ادبیات موضوع

میرشجاعیان حسینی و رهبر (۱۳۹۱) با استفاده از مدل داده‌های تلفیقی طی دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۶ به بررسی کمی متغیرهای اقتصادی و سیاسی مؤثر بر شیوه تخصیص بودجه‌های جاری، عمرانی و کل استانی پرداختند که نتایج آن بر کارایی‌محور بودن تخصیص بودجه تاکید کرده و نقش چندانی برای برابری‌محور بودن در تخصیص بودجه در نظر نمی‌گیرد. همچنین به رابطه منفی دو متغیر سرمایه اولیه استانی و تراکم جمعیت با میزان بودجه‌های سرانه تخصیص یافته اذعان دارد.

آذر و قشقایی (۱۳۸۹) با طراحی یک مدل ریاضی به بررسی تخصیص بهینه بودجه حمایتی دولت از شهرداری‌های کشور پرداخته‌اند که در آن ضمن توجه و تعیین اهمیت و وزن شاخص‌های توزیع اعتبار در سطح استانی و شهرداری هر استان، نمره فاصله وضع موجود هر شهرداری تا وضع مطلوب را که رفع محرومیت است، تعیین کرده‌اند. همچنین نمره تخصیص یافته هر شهرداری محاسبه شده و با استفاده از مدل ریاضی طراحی شده، تخصیص اعتبار شهرداری‌ها انجام شده است. نتایج مطالعه بر بهینه نبودن تخصیص بودجه کشور به شهرداری‌های کشور تاکید می‌کند.

انتظاری (۱۳۸۹) به تحلیل عملکرد تخصیص بودجه به دانشگاه‌های ایران از دو منظر درآمد و هزینه برای ۵۲ دانشگاه وابسته به وزارت علوم، تحقیقات و فناوری طی سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ پرداخته است. وی برای این منظور از الگوی رفتاری جدیدی با عنوان

1- Oil Price Volatility

مرز تصادفی بودجه با رویکرد تخصیص مبتنی بر ستانده استفاده نموده است. نتایج مطالعه انتظاری نشان می‌دهد که فرضیه صفر در خصوص ضرایب کمیت و کیفیت بیشتر ستانده‌ها رد نمی‌شود که به معنای آن است که متغیرهای یاد شده نقشی در تخصیص بودجه به دانشگاه‌های کشور ایفا نمی‌کنند.

مطالعات مشابه دیگری در زمینه بودجه‌ریزی صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به مطالعات عابدی و همکاران (۱۳۸۶)، رجبی (۱۳۹۱) و آذر و همکاران (۱۳۹۳) بر مبنای برنامه‌ریزی آرمانی اشاره کرد.

مطالعات تجربی داخلی انجام شده بحث قابل تامل نااطمینانی ناشی از درآمدهای نفتی را در فرآیند تخصیص بودجه مدنظر قرار نداده‌اند. خاطر نشان می‌شود که چند مطالعه محدود داخلی تنها در زمینه مدل‌سازی رفتار تصادفی قیمت نفت در چارچوب معادلات دیفرانسیل تصادفی صورت گرفته است (طیبی و همکاران، ۱۳۹۰، ۱۳۹۲، خداویسی و همکاران، ۱۳۹۲).

مرور ادبیات تجربی خارجی بیانگر چند مطالعه است و از آن جمله می توان به مطالعه وی و همکاران[1] (۲۰۱۱) است که یک مدل برنامه‌ریزی پویای تصادفی را برای بهینه‌سازی جایگزینی تجهیزات با لحاظ نااطمینانی بسط داده‌اند. جاکو[2] (۲۰۱۲) نیز یک مدل برنامه‌ریزی پویای تصادفی را برای تخصیص بهینه منابع در مسائل مدیریت درآمدها توسعه داده است.

لی و وومر[3] (۲۰۱۵) یک مدل برنامه ریزی پویای تصادفی را برای برنامه‌ریزی پروژه برمبنای محدودیت های تصادفی در منابع ارائه داده‌اند. هال[4] (۲۰۱۵) نیز یک مدل برنامه‌ریزی پویای تصادفی را به منظور توسعه یک مدل پویای اقتصادی مورد استفاده قرار داده است.

1- Wei, F. and Randy, M. and Mason, G. and Leonard, B.
2- Jacko, P.
3- Li, H. and Womer, N.K.
4- Hull, I.

در زمینه مدل‌سازی پویایی قیمت نفت در قالب تئوری معادلات دیفرانسیل تصادفی نیز مطالعات داخلی (طیبی و همکاران، ۱۳۹۲، ۱۳۹۰ و خداویسی و همکاران، ۱۳۹۲) و خارجی (عسکری و کرایچین[1]، ۲۰۰۸ و لارسون و نوسمن[2]، ۲۰۱۱) صورت گرفته است. این مطالعات نشان می‌دهند که قیمت نفت دارای رفتار پویا و تصادفی در چارچوب فرآیند حرکت برآونی است و بر اساس نوع رفتار قیمت نفت به لحاظ مانایی یا ریشه واحد، به ترتیب مدل معادلات دیفرانسیل تصادفی OU [3] و حرکت برآونی هندسی (GBM) [4] جهت مدل‌سازی رفتار سری زمانی قیمت نفت مورد استفاده قرار گرفته است.

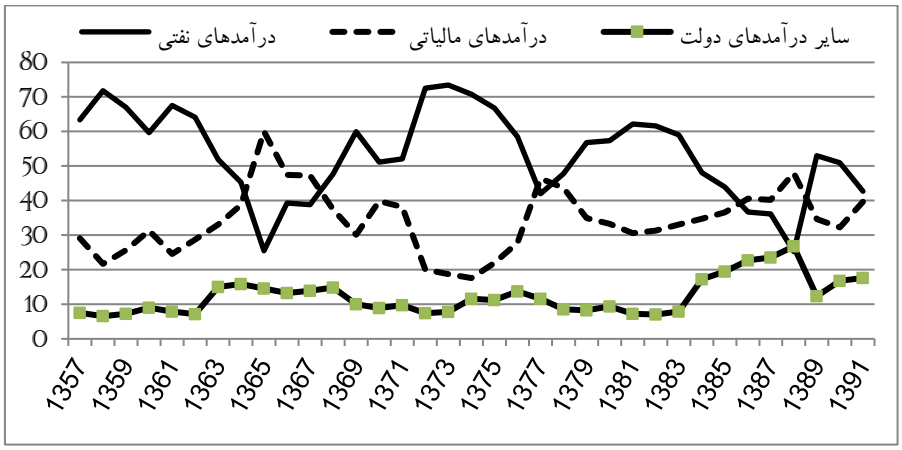
۳- مروری بر ساختار بودجه دولت در اقتصاد ایران

به طور کلی در اقتصاد ایران سه منبع عمده جهت تامین مالی بودجه کل کشور که شامل بودجه جاری و بودجه تملک دارایی‌های سرمایه‌ای است، وجود دارد. بودجه سالانه از محل درآمدهای حاصل از فروش نفت خام، فرآورده‌های نفتی و گاز طبیعی، درآمدهای مالیاتی (شامل مالیات بر شرکت‌ها، مالیات بردرآمد، مالیات بر ثروت، مالیات بر واردات و مالیات بر مصرف و فروش (مالیات بر کالاها و خدمات)) و سایر درآمدهای دولت (شامل درآمدهای حاصل از مالکیت دولت، درآمدهای حاصل از فروش کالا و خدمات دولتی و همچنین درآمد حاصل از جرایم و خسارات و درآمدهای متفرقه) تامین می‌شود.

بر پایه آمارهای رسمی منتشر شده توسط بانک مرکزی، در سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۱ به طور متوسط درآمدهای نفتی، درآمدهای مالیاتی و سایر درآمدهای دولت به ترتیب ۵۳/۴۵، ۳۴/۲۷ و ۱۲/۲۸ درصد از کل درآمدهای دولت را تشکیل می‌دهند. نمودار (۱) روند درآمدهای سه‌گانه دولت در اقتصاد ایران را طی سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۱ نشان می‌دهد. محور افقی زمان و محور عمودی، بیانگر درصدی از کل درآمدهای دولت است.

1- Askari, H. and Krichene, N.
2- Larsson, K. and Nossman, M.
3- Ornstein-Uhlenbeck
4- Geometric Brownian Motion

نمودار (۱)- ساختار درآمدهای دولت طی سال‌های ۱۳۵۷ تا ۱۳۹۱



منبع: بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران

٤- روش تحقیق

فرآیند اجرای این مطالعه شامل دو بخش کلی است؛ بخش اول، بر اساس گروهی از شاخص‌های استانی، بردار تخصیص بهینه ایستای بودجه کل به استان‌ها بر پایه یک مدل کنترل بهینه تعیین می‌شود. وضعیت ایستای بلندمدت تعادلی مدل بیانگر بردار تخصیص بهینه است و شاخص‌های دخیل در محاسبه بردار تخصیص بودجه استانی شامل نسبت مساحت استان به کشور، نسبت جمعیت استان به کشور، نرخ بیکاری استان، نرخ مشارکت اقتصادی استان، ضریب نفوذ اینترنت در استان، نرخ باسوادی استان و نسبت ارزش افزوده کل استان به کشور، نسبت ارزش افزوده استان در بخش‌های عمده خدمات، کشاورزی و صنعت و معدن به کل کشور و دسته‌ای از شاخص‌های سلامت و بهداشت، حمل و نقل و آموزش استانی است[1]. بردار وزن شاخص‌ها نیز بر اساس روش‌های متداول تحقیق در عملیات محاسبه شده است. در این بخش ساختار بودجه و رفتار تصادفی قیمت نفت و به تبع آن نوسانات درآمدهای نفتی مدنظر قرار گرفته نشده است.

۱- داده‌ها مربوط به سال ۱۳۹۰ و برگرفته از نتایج تفصیلی منتشر شده سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۰ از سوی مرکز آمار ایران است.

در بخش دوم مساله تخصیص بهینه بودجه در چارچوب یک مدل کنترل بهینه تصادفی با تمرکز بر بخش نفتی بودجه و با توجه به رفتار تصادفی و نوسانات قیمت نفت مدل سازی و مورد تحلیل قرار می‌گیرد. فرآیند کار این مرحله به این شیوه است که مساله بهینه سازی رفاه اجتماعی با دو رویکرد رفتار مانا در سری زمانی قیمت نفت و در مقابل رفتار انفجاری یا واگرا در سری زمانی قیمت نفت بر پایه رویکرد برنامه‌ریزی پویا حل می شود. سپس رفتار سری زمانی قیمت نفت سبد نفتی اوپک طی دوره ۱۰ ساله به لحاظ مانایی یا واگرایی بر اساس آزمون‌های ریشه واحد[1] مشخص می‌شود. همچنین وجود پرش‌های یکباره در قیمت نفت با مدل سازی نوسانات یا ریسک رشد قیمت نفت در قالب مدل‌های $GARCH$ [2] و با توجه به نوع توزیع داده‌های سری زمانی رشد قیمت نفت و آماره‌های توصیفی آن، مورد آزمون قرار می‌گیرد. سپس از تئوری معادلات دیفرانسیل تصادفی[3] که چارچوبی برای قیمت گذاری مشتقات نفت[4] و گاز ارائه می‌دهد، برای سری‌های زمانی با رفتار مانا و رفتار واگرا و سری‌های زمانی که پرش‌های ناگهانی را تجربه کرده‌اند، جهت مدل‌سازی قیمت نفت بهره گرفته می‌شود.

۵- ارائه مدل

بخش ارائه مدل شامل دو قسمت است؛ در قسمت اول، یک مدل کنترل بهینه جهت تخصیص بودجه کل کشور به استان‌ها با توجه به شاخص‌های مختلف استانی مطرح شده در بخش روش تحقیق ارائه می‌شود. در این قسمت هدف تعیین بردار سهم بودجه بهینه استان‌های کشور با توجه به شاخص‌ها است. مدل کنترل بهینه طراحی شده بر مبنای معادلات (۱) تا (۳) است.

$$\max \quad W = \int_{0}^{\infty} e^{-\beta t} u(x(t), \dot{x}(t), t)dt \qquad (۱)$$

1- Unit Root Test
2- Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity
3- Stochastic Differential Equation
4- Oil and Gas Derivative Contracts

$$s.t:$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_i(t) = 1 \qquad 0 \le x_i(t) \le 1 \tag{۲}$$

$$\sum_{i=1}^{N} \dot{x}_i(t) = 0 \tag{۳}$$

معادله (۱)، بیانگر تابع رفاه اجتماعی بخش خانوار است که به صورت انتگرالی و طی ادوار زندگی تعریف شده است. معادله (۲) بیانگر آن است که مجموع تسهیم بودجه بین N استان مورد مطالعه برابر با یک است و معادله (۳) نشان می‌دهد مجموع تغییرات سهم بودجه استان‌ها طی زمان باید برابر با صفر باشد.

به بیان ساده‌تر، اگر طی زمان به سهم بودجه استان یا استان‌های افزوده شود به وضوح سهم دیگر استان‌ها کاهش پیدا خواهد کرد. در تابع رفاه رابطه (۱)، β بیانگر عامل تنزیل ذهنی است و $u(.)$ بیانگر تابع مطلوبیت بخش خانوار است که به صورت معادله (۴) تعریف شده است.

$$u(x(t), \dot{x}(t), t) = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i \log(x_i(t) + \dot{x}_i(t)) \tag{۴}$$

که در آن، $\log(.)$ بیانگر لگاریتم طبیعی است. این تابع مطلوبیت یک تبدیل یکنواخت[1] از تابع مطلوبیت کاب- داگلاس است، از این رو تمامی ویژگی‌های آن تابع را داراست. تابع مطلوبیت تعریف شده بیان می‌کند که هر کدام از استان ها به اندازه مجموع سهم بودجه $(x_i(t))$ به علاوه مازاد (کسری) تخصیص یافته بودجه طی دوره جاری $(\dot{x}_i(t) = dx_i(t)/dt)$ مطلوبیت کسب می‌کنند[2]. در تابع مطلوبیت تعریف شده، α_i به عنوان فاکتور نماینده همگی شاخص‌های

1- Uniform Transformation

۲- شیوه متعارف در تصریح تابع مطلوبیت بخش خانوار این است که تابع مطلوبیت بر حسب مصرف و فراغت تصریح می‌شود. تمرکز این مطالعه بر بودجه تخصیص یافته به استان‌ها و متعاقب آن به بخش خانوار است که در قالب کالاهای عمومی متلبور می شود که خود مصرف و فراغت را تحت تاثیر قرار می‌دهد. با این وجود از آنجاکه مصرف و فراغت متغیرهای هدف در مدل طراحی شده نیستند، از این رو حضور این متغیرها در تابع مطلوبیت بر روند فرآیند بهینه‌سازی تاثیر ندارد.

استانی دخیل در بودجه‌ریزی و فرآیند تخصیص بودجه نقش مهمی را بازی می‌کند. این شاخص به صورت ترکیب خطی معادله (۵) تعریف می‌شود.

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^{k} w_{ij}\beta_{ij} \qquad (۵)$$

که در آن، k تعداد فاکتورهای موثر در توزیع و تخصیص منابع بودجه‌ای است. واضح است که هر چه تعداد شاخص‌ها بیشتر باشد، مدل جامع‌تر و دقیق‌تر خواهد بود. ضمن آنکه β_{ij} نشان‌دهنده مقدار شاخص j ام برای استان iام است و w_{ij} وزن شاخص j ام در استان iام است. به منظور محاسبه اوزان استانی شاخص‌ها از تحلیل سلسله مراتبی[1] بهره خواهیم گرفت. در تحلیل سلسله مراتبی برای هر کدام از استان‌ها یک ماتریس مربعی تعریف می‌شود که ماتریس مقایسات زوجی[2] نامیده می‌شود و با Λ_i نشان می‌دهیم که ماتریسی مربعی از مرتبه تعداد شاخص‌هاست و به صورت معادله (۶) تعریف می‌شود (مومنی، ۱۳۸۹).

$$\Lambda_i = [\theta_{ij}]_{i,j=1}^{K} \qquad (۶)$$

در معادله (۶)، θ_{ij} بیانگر ضریب ترجیح شاخص i به j در استان مربوطه است. با توجه به تعریف، درایه‌های روی قطر اصلی این ماتریس یک و سایر درایه‌ها دو به دو نسبت به قطر اصلی معکوس همدیگر هستند. بردار اوزان استانی شاخص‌ها در رابطه (۵) برابر با بردار ویژه مربوط به ماکزیمم مقدار ویژه ماتریس Λ_i است (مومنی، ۱۳۸۹). از این رو، اگر $\lambda_{\max}$ بیانگر بزرگ‌ترین مقدار ویژه ماتریس Λ_i باشد، آنگاه:

$$\Lambda_i w_i = \lambda_{\max} w_i \qquad (۷)$$

نتیجه فرآیند بهینه سازی معادله (۷) در بلندمدت، بردار بهینه سهم استان‌ها از بودجه کل کشور به صورت $(x_1^*(t), x_2^*(t), ..., x_N^*(t)) = (\gamma_1, \gamma_2, ..., \gamma_N)$ است که از رابطه

1- Analytic Hierarchy Process
2- Paired Comparison Matrix

تعادلی (۸) به د ست می‌آید و در فرآیند مدل ارائه شده در قسمت دوم مورد ا ستفاده قرار خواهد گرفت:

$$\frac{\alpha_1}{x_1^*(t)} = \frac{\alpha_2}{x_2^*(t)} = ... = \frac{\alpha_N}{x_N^*(t)} \qquad (۸)$$

این رابطه ،جواب تعادلی بلندمدت مدل کنترل بهینه ارائه شده در روابط (۱) تا (۳) است.

در قسمت دوم، مدل برنامه‌ریزی پویای تصادفی جهت تخصیص پویای بودجه با توجه به ساختار بودجه دولت و با تمرکز بر نوسانات و رفتار تصادفی سری زمانی قیمت نفت ارائه می شود. فرض می شود کل ارزش منابع بودجه‌ای اخت صاص یافته به ا ستان‌ها در دوره tام برابر با B_t با شد. به هر ا ستان بخشی از B_t اختصاص پیدا خواهد کرد که با b_{it} نشان می دهیم به طوری که $i = 1,2,...,N$. اگر بردار سهم استانی از بودجه کل را با x_t نشان دهیم، آنگاه معادله (۹) را داریم:

$$x_t = b_t / B_t \qquad (۹)$$

به طوری که:

$$x_t = (x_{1t},...,x_{Nt}) \quad , \quad b_t = (b_{1t},...,b_{Nt}) \qquad (۱۰)$$

در معادله (۱۰) به وضوح داریم:

$$\sum_{i=1}^{N} b_{it} = B_t \quad , \quad \sum_{i=1}^{N} x_{it} = 1 \qquad (۱۱)$$

کل منابع بودجه ای در ایران، درآمدهای نفتی (oil_t) که شامل فروش نفت خام، فروش فرآورده‌های نفتی و همچنین فروش گاز طبیعی می شود، درآمدهای مالیاتی (tax_t) شامل مالیات بر شرکت‌ها، مالیات بردرآمد، مالیات بر ثروت، مالیات بر واردات و مالیات بر مصرف و فروش (مالیات بر کالاها و خدمات) می‌شود و سایر درآمدهای دولت (etc_t) شامل درآمدهای حاصل از مالکیت دولت، درآمدهای حاصل از فروش کالا و خدمات دولتی و همچنین درآمد حا صل از جرایم و خسارات و درآمدهای متفرقه می شود، ا ست. بنابراین کل ارزش منابع بودجه ای در دوره tام با اتحاد معادله (۱۲) برابر است.

$$B_t = oil_t + tax_t + etc_t \qquad (۱۲)$$

درآمدهای مالیاتی و سایر درآمدهای دولت قابل کنترل و برآورد هستند، اما درآمدهای نفتی دولت، نوسان پذیر و تصادفی است و نمی توان برآورد دقیق از آن ارائه داد، چراکه قیمت نفت از یک فرآیند تصادفی پیروی می کند.

برای مدل‌سازی رفتار سری زمانی قیمت نفت سه مدل با جزء حرکت برآونی یا فرآیند وینر قابل تصور است که در ادبیات موضوع ارائه شده است. مدل اول رفتار نامانا و انفجاری قیمت نفت را در قالب معادله دیفرانسیل تصادفی حرکت برآونی هندسی (GBM) مدل سازی می کند (پوستالی و پیکچتی[1]، ۲۰۰۶ و جمن[2]، ۲۰۰۷). مدل دوم، علاوه بر مدل‌سازی رفتار نامانای قیمت نفت، پرش‌های یکباره در قیمت نفت را با استفاده از فرآیند پوآسن[3] مدل‌سازی می کند و به مدل انتشار با پرش (JD)[4] شهرت دارد. مدل سوم، رفتار میرا و بازگشت‌پذیر به سطح میانگین ثابت قیمت نفت را در چارچوب معادله دیفرانسیل تصادفی OU مدل‌سازی می کند (عسکری و کرایچین، ۲۰۰۸، و لارسن و نوسمن، ۲۰۱۱).

حالت اول: سری زمانی نامانای قیمت نفت

در این حالت قیمت نفت (P_t) از یک پروسه تصادفی با ریشه واحد پیروی می کند و در قالب معادله دیفرانسیل تصادفی حرکت برآونی هندسی به صورت معادله (۱۳) مدل سازی می‌شود (پوستالی و پیکچتی[5]، ۲۰۰۶، جمن[6]، ۲۰۰۷) :

$$dP_t = \mu P_t dt + \sigma P_t dw_t \qquad (۱۳)$$

در معادله (۱۳)، W_t بیانگر فرآیند تصادفی وینر (حرکت برآونی)[7] است. همچنین μ و σ به ترتیب میانگین و انحراف معیار رشد قیمت نفت (درجه نااطمینانی قیمت نفت) را نشان می‌دهند. در صورت وجود پرش‌های ناگهانی در قیمت نفت، به معادله (۱۳) جز

1- Postali, F.A.S and Picchetti , P.
2- Geman, H.
3- Poisson Process
4- Jump Diffusion
5- Postali, F.A.S and Picchetti , P.
6- Geman, H.
7- Wiener Process (Brownian Motion)

فرآیند تصادفی پوآسن به صورت زیر اضافه می‌شود و حاصل آن معادله (۱۴) خواهد بود (مرتن[1]، ۱۹۷۶).

$$dP_t = \mu P_t dt + \sigma P_t dw_t + kP_t dN_t \qquad (۱۴)$$

که در آن، N_t بیانگر فرآیند پوآسن است و k اندازه پرش را نشان می‌دهد. حال اگر میزان تولید نفت در دوره tام با Y_t برابر باشد، آنگاه کل درآمدهای نفتی در دوره tام برابر است با:

$$oil_t = P_t Y_t \qquad (۱۵)$$

از آنجایی که درآمدهای مالیاتی و سایر درآمدهای دولت قابل برآورد و تخمین هستند، عبارت $C_t = tax_t + etc_t$ به عنوان بخش معین از درآمدهای دولت تعریف می‌شود، از این رو کل درآمدهای دولت برابر است با معادله (۱۶):

$$B_t = C_t + P_t Y_t \qquad (۱۶)$$

بر اساس لم ایتو[2]، جواب معادله دیفرانسیل تصادفی GBM به صورت معادله (۱۷) است (آلن، ۲۰۰۷):

$$P_t = P_0 \exp\{(\mu - \frac{\sigma^2}{2})t + \sigma w_t\} \qquad (۱۷)$$

که در آن، P_0 بیانگر قیمت اولیه نفت در ابتدای دوره زمانی مورد مطالعه است.

معادله (۱۵) را همچنین می‌توان به صورت معادله (۱۸) بازنویسی کرد:

$$B_t = C_t + Y_t P_0 \exp\{(\mu - \frac{\sigma^2}{2})t + \sigma w_t\} \qquad (۱۸)$$

بودجه استان iام، یعنی b_{it} به کل درآمدهای دولت بستگی دارد، بنابراین از یک فرآیند تصادفی پیرو خواهد کرد و به صورت $b_{it} = \gamma_i B_t$ که در آن سهم بهینه ایستای استان از کل بودجه کشور بر اساس شاخص‌های استانی است، تعریف می‌شود.

$$b_{it} = \gamma_i B_t = \gamma_i C_t + \gamma_i Y_t P_0 \exp\{(\mu - \frac{\sigma^2}{2})t + \sigma w_t\} \qquad (۱۹)$$

1- Merton, R.C.
2- Ito Lemma

در معادله (۱۹)، γ_i بیانگر سهم استان iام از کل منابع بودجه‌ای است که توسط مقام بودجه ریز بر مبنای فاکتورها و شاخص‌های خاص هر استان و با توجه به سطح توسعه‌یافتگی هر استان در بخش اول مقاله بر اساس رابطه (۸) تعیین شده است. با توجه به تعاریف صورت گرفته رابطه (۲۰) را داریم:

$$b_t = (b_{1t}, ..., b_{Nt}) = (\gamma_1 B_t, ..., \gamma_N B_t) \qquad (۲۰)$$

به این ترتیب بودجه استان iام، یعنی b_{it} نیز از یک معادله دیفرانسیل تصادفی به صورت معادله (۲۱) پیروی خواهد کرد.

$$db_{it} = \gamma_i dB_t = \gamma_i dC_t + \gamma_i d(P_t Y_t) \qquad (۲۱)$$

از ساده‌سازی معادله (۲۱)، معادله (۲۲) به دست می‌آید:

$$db_{it} = \gamma_i dB_t = \gamma_i dC_t + \gamma_i d(P_t Y_t) = \gamma_i dC_t + \gamma_i P_t dY_t + \gamma_i Y_t dP_t \qquad (۲۲)$$

به منظور ساده‌سازی بیشتر، فرض می‌شود تولید نفت ثابت باشد $(dY_t = 0)$ و سایر درآمدهای دولت نیز ثابت بماند، یعنی $dC_t = 0$، بنابراین معادله (۲۳) را خواهیم داشت.

$$db_{it} = \gamma_i dB_t = \gamma_i Y_t dP_t \qquad (۲۳)$$

ترکیب معادلات (۱۳) و (۲۳)، معادله (۲۴) را نتیجه می‌دهد:

$$db_{it} = \gamma_i Y_t \{\mu P_t dt + \sigma P_t dw_t\} \qquad (۲۴)$$

حال مدل کنترل بهینه تصادفی نسبت به قید (۲۴) ارائه می‌شود. تابع رفاه اجتماعی انتظاری طی زمان به بودجه‌های اختصاص یافته استانی بستگی دارد و فرض می‌شود دارای فرم انتگرالی و پیوسته زمان به صورت معادله (۲۵) باشد:

$$\max_{\{P_t\}} \quad W_t = E_t\{\int_0^\infty e^{-\beta t} u(b_t) dt\} \qquad (۲۵)$$

در معادله (۲۵)، β عامل تنزیل ذهنی خانوار عامل نماینده[1] است و $u(.)$ بیانگر تابع مطلوبیت خانوار است. هدف حداکثرسازی تابع رفاه معادله (۲۵) نسبت به قیود (۲۶) است.

$$db_{it} = \gamma_i \mu Y_t P_t dt + \gamma_i \sigma Y_t P_t dw_t \quad for \quad i = 1, 2, ..., N \qquad (۲۶)$$

1- Representative Agent

همچنین فرض می‌شـود تولید نفت ثابت باشـد، یعنی $Y_t = \bar{Y}$ و قیود (۲۷) و (۲) نیز برقرار باشند:

$$\sum_{i=1}^{N} b_{it} = B_t \qquad (۲۷)$$

$$b_{it} \geq 0 \qquad i = 1, 2, ..., N \qquad (۲۸)$$

در معادله (۲۵)، E_t بیانگر عملکر امید ریاضی است. مساله طراحی شده یک مدل کنترل بهینه تصـادفی اسـت. با بهره‌گیری از رویکرد برنامه‌ریزی پویا و معادله دیفرانسـیل مشتقات جزئی همیلتن- ژاکوبی و بلمن (HJB)[1]، مساله طراحی شده را حل خواهیم کرد. برای این منظور تابع بین دوره‌ای ارزش به صورت معادله (۲۹) تعریف می‌شود:

$$V(b_t, t) = \max_{\{P_t\}} E_t\{e^{-\beta t} u(b_t)dt + V(b_t + db_t, t + dt)\} \qquad (۲۹)$$

تابع مطلوبیت بخش خانوار به صورت خطی تعریف می‌شود:

$$u(b_t) = \alpha_1 b_{1t} + ... + \alpha_N b_{Nt} \qquad \sum_{i=1}^{N} \alpha_i = 1 \qquad (۳۰)$$

چون $B_t = C_t + \bar{Y}P_t$ اسـت، از این رو $b_{it} = \gamma_i B_t = \gamma_i C_t + \gamma_i \bar{Y} P_t$. در نهایت، بودجه بهینه پویای تصادفی استان iام بر اساس رابطه (۳۱) به دست می‌آید[2]:

$$b_{it} = \frac{e^{-\beta t}\sum_{i=1}^{N} \alpha_i \gamma_i + \mu \sum_{i=1}^{N} \frac{\partial V}{\partial b_{it}} \gamma_i}{\sum_{i=1}^{N} \frac{\partial^2 V}{\partial b_{it}^2} \gamma_i^2 \sigma^2 + \sum_{i \neq j}^{N} \frac{\partial^2 V}{\partial b_{it} \partial b_{jt}} \gamma_i \gamma_j \sigma^2} \gamma_i + \gamma_i C_t \qquad (۳۱)$$

همچنین بر اسـاس روش‌های موجود در آنالیز عددی[3]، یک جواب کلی معادله HJB در بازه بسته $[0, T]$ ، به صورت معادله (۳۲) است:

$$V(b_t, t) = c + \varphi t + \sum_{i=1}^{\infty} \lambda_i b_{1t}^i + \omega_i b_{2t}^i \qquad (۳۲)$$

1- Hamilton-Jacobi-Bellman Equation

۲- محاسبات ریاضی مربوط به شیوه استخراج سهم بهینه استان‌ها از بودجه کل کشور در اختیار نویسندگان است.

3- Numerical Analysis

تقریب کوادراتیک از تابع ارزش بر اســاس رابطه (۳۲) به صــورت معادله (۳۳) خواهد بود.

$$V(b_t,t)=c+\varphi t+\sum_{i=1}^{N}\lambda_i b_{it}+\sum_{i=1}^{N}\omega_i b_{it}^{2} \qquad (۳۳)$$

در نهایت مسیر بهینه بودجه استانی به صورت معادله (۳۴) به دست می‌آید:

$$b_{it}=\frac{e^{-\beta t}\sum_{i=1}^{N}\alpha_i\gamma_i+\mu\{\sum_{i=1}^{N}\gamma_i\lambda_i+2\sum_{i=1}^{N}\omega_i b_{it}\}}{2\sigma^{2}\sum_{i=1}^{N}\omega_i\gamma_i^{2}}\gamma_i+\gamma_i C_t \qquad (۳۴)$$

بدون آنکه از کلیت مدل کاسته شود، جهت سادگی می‌توان فرض کرد که ضرایب خطی و کوادراتیک تابع ارزش همگی یک باشــند، در این صــورت معادله (۳۵) را خواهیم داشت:

$$b_{it}=\frac{e^{-\beta t}\sum_{i=1}^{N}\alpha_i\gamma_i+\mu\{\sum_{i=1}^{N}\gamma_i+2\sum_{i=1}^{N}b_{it}\}}{2\sigma^{2}\sum_{i=1}^{N}\gamma_i^{2}}\gamma_i+\gamma_i C_t \qquad (۳۵)$$

حالت دوم : سری زمانی مانای قیمت نفت

در این حالت فرض می‌شود که قیمت نفت از فرآیند معادله دیفرانسیل تصادفی *OU-SDE* از رابطه (۲۶) تبعیت می‌کند (جمن، ۲۰۰۷، طیبی و همکاران، ۱۳۹۲):

$$dP(t)=\eta(\bar{P}-P(t))dt+\sigma dw(t) \qquad (۳۶)$$

در معادله *OU-SDE*، پارامتر η بیانگر ســرعت تعدیل و بازگشــت به میانگین یا مقدار تعادلی بلند مدت قیمت نفت، یعنی $\bar{P}$ اســت. در مدل *OU-SDE* ، ســری زمانی قیمت نفت حول مقدار تعادلی بلندمدت $\bar{P}$ با سرعت ثابت و انحراف معیار (σ) در نوسان

است. با استدلالی مشابه با حالت اول، مقادیر بهینه بودجه استان ها با ساده‌سازی به صورت (۳۷) به دست می‌آید:

$$b_{it} = \frac{e^{-\beta t}\sum_{i=1}^{N}\alpha_i\gamma_i - \eta\sum_{i=1}^{N}\frac{\partial V}{\partial b_{it}}\gamma_i}{\sum_{i=1}^{N}\frac{\partial^2 V}{\partial b_{it}^2}\gamma_i^2\sigma^2 + \sum_{i\neq j}^{N}\frac{\partial^2 V}{\partial b_{it}\partial b_{jt}}\gamma_1\gamma_2\sigma^2}\gamma_i + \gamma_i C_t \qquad (۳۷)$$

چنان که مشاهده می‌شود، سهم بودجه استانی طی زمان با سرعت بازگشت به میانگین قیمت نفت ارتباط معکوس دارد. همچنین افزایش نوسانات قیمت نفت سهم بهینه بودجه استانی را طی زمان کاهش می‌دهد. در این حالت با تقریب کوادراتیک از تابع ارزش، مشابه با حالت اول، می‌توان به مسیر بهینه تصادفی سهم بودجه استان‌ها به صورت معادله (۳۸) دست پیدا کرد.

$$b_{it} = \frac{e^{-\beta t}\sum_{i=1}^{N}\alpha_i\gamma_i - \eta\{\sum_{i=1}^{N}\gamma_i\lambda_i + 2\sum_{i=1}^{N}\omega_i b_{it}\}}{2\sigma^2\sum_{i=1}^{N}\omega_i\gamma_i^2}\gamma_i + \gamma_i C_t \qquad (۳۸)$$

در این حالت بدون آنکه از کلیت مدل کا سته شود، می‌توان تمام ضرایب خطی و کوادراتیک تابع ارزش را برابر با یک قرار دارد که در این صورت مسیر بهینه تصادفی سهم بودجه استان‌ها از رابطه تعادلی (۳۹) به دست می‌آید:

$$b_{it} = \frac{e^{-\beta t}\sum_{i=1}^{N}\alpha_i\gamma_i - \eta\{\sum_{i=1}^{N}\gamma_i + 2\sum_{i=1}^{N}b_{it}\}}{2\sigma^2\sum_{i=1}^{N}\gamma_i^2}\gamma_i + \gamma_i C_t \qquad (۳۹)$$

شیوه برآورد پارامترهای مدل

به منظور برآورد پارامترهای مربوط به معادلات دیفرانسیل تصادفی مورد استفاده در این مطالعه از روش‌های متعارف در ادبیات معادلات دیفرانسیل تصادفی بهره گرفته می‌شود.

آلن (۲۰۰۷) به منظور برآورد پارامترهای مدل GBM روش ناپارامتریک[1] را به صورت معادله (۴۰) و (۴۱) پیشنهاد می‌کند:

$$\mu = \frac{1}{\Delta t}\left(\frac{\sum_{i=0}^{N-1}(P(t_{i+1})-P(t_i))}{\sum_{i=0}^{N-1}P(t_i)}\right) \qquad (۴۰)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{\Delta t}\left(\frac{\sum_{i=0}^{N-1}(P(t_{i+1})-P(t_i))^2}{\sum_{i=0}^{N-1}P(t_i)^2}\right)} \qquad (۴۱)$$

به طوری‌که $\{P(t_i)\}_{i=1}^{N}$ سری زمانی قیمت نفت است و N حجم نمونه تحت بررسی و $\Delta t = \frac{1}{N}$ است. پارامتر اندازه پرش نیز مقدار رشد قیمت نفت در نقطه زمانی وقوع پرش است.

پوستالی و پیکچتی (۲۰۰۶) به منظور برآورد پارامترهای مدل OU روشی را به این صورت ارائه می‌کند که اگر فرض شود $P_t = \log(p_t)$ که در آن p_t نشان‌دهنده قیمت سهام در لحظه t باشد در این صورت برای تخمین پارامترهای η و $\bar{P}$، رگرسیون (۴۲) برآورد می‌شود:

$$\Delta P(t) = \alpha + \beta P(t-1) + \varepsilon(t) \qquad (۴۲)$$

با استفاده از پارامترهای α و β که در رگرسیون بالا تخمین زده شده‌اند، توان η و $\bar{P}$ با استفاده از روابط (۴۳) و (۴۴) برآورد می‌شود.

$$\hat{\eta} = -\log(1+\hat{\beta}) \qquad (۴۳)$$

$$\bar{P} = \frac{\hat{\alpha}+\sigma_{\varepsilon}^2}{\hat{\eta}} \qquad (۴۴)$$

در رابطه (۴۴)، σ_{ε}^2 واریانس سری زمانی پسماندهای معادله رگرسیونی (۴۲) است.

1- Nonparametric Method

٦- تحلیل مقداری

این بخش از مقاله مشتمل بر دو بخش است؛ در بخش اول، بر اساس شاخص‌های استانی و با استفاده از مدل ارائه شده در روابط (۱) تا (۳)، سهم بهینه ایستای استان‌های کشور از بودجه کل محاسبه می‌شود. برای این منظور از شاخص‌های ارائه شده در بخش روش تحقیق بر اساس داده‌ها و اطلاعات استانی مستخرج از مرکز آمار ایران برای سال ۱۳۹۰ بهره گرفته می‌شود. بر اساس رابطه (۵) تا (۸)، مقادیر سهم بودجه ۳۱استان کشور با توجه به شاخص‌های استانی سال ۱۳۹۰ محاسبه و مقادیر در جدول (۱) ارائه شده است[1].

جدول (۱)- ضرایب تخصیص بهینه استانی بودجه بر اساس شاخص‌های استانی

استان	ضرایب تخصیص بهینه بودجه استانی به درصد $(x_i^* = \gamma_i \quad i = 1,2,...,31)$	استان	ضرایب تخصیص بهینه بودجه استانی به درصد $(x_i^* = \gamma_i \quad i = 1,2,...,31)$
آذربایجان شرقی		فارس	
آذربایجان غربی		قزوین	
اردبیل		قم	
اصفهان		کردستان	
البرز		کرمان	
ایلام		کرمانشاه	
بوشهر		کهگیلویه‌وبویراحمد	
تهران		گلستان	
چهارمحال‌وبختیاری		گیلان	
خراسان جنوبی		لرستان	
خراسان رضوی		مازندران	
خراسان شمالی		مرکزی	
خوزستان		هرمزگان	
زنجان		همدان	
سمنان		یزد	
سیستان‌وبلوچستان			

منبع: محاسبه‌های تحقیق

۱- محاسبات مربوط به تعیین بردار ضرایب تخصیص بهینه بودجه استان‌ها در محیط برنامه نویسی Matlab انجام گرفته است.

نتایج ارائه شده در جدول (۱) بودجه کل کشور را به استان‌ها بر اساس شاخص‌های عملکردی و وضعیتی هر استان تخصیص می‌دهد که بر پایه آمارهای رسمی منتشره توسط مرکز آمار ایران، تفاوت معناداری با ارقام واقعی دارد. نتایج حاکی از همگرایی نسبی در بودجه تخصیص یافته میان استان‌های کشور است. از این نتایج استنباط می‌شود که بودجه‌ریزی در کشور بدون توجه به شاخص‌ها و معیارهای عملکردی و وضعیتی هر استان و به شیوه سنتی صورت گرفته است.

پس از تعیین بردار سهم بهینه استان‌ها از بودجه کل کشور، در مرحله دوم مدل مبتنی بر برنامه‌ریزی پویای تصادفی یا تمرکز بر قیمت نفت مورد تحلیل تجربی قرار می‌گیرد. در این راستا، ابتدا به بررسی رفتار سری زمانی قیمت نفت هر بشکه نفت سبد اوپک طی دوره زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳ بر اساس آزمون‌های ریشه واحد و مدل ناهمسان واریانس $GARCH$ تحلیل می‌شود.

به منظور تعیین نوع رفتاری سری زمانی قیمت نفت از نظر مانایی و داشتن خاصیت بازگشت به میانگین از آزمون‌های اقتصادسنجی سری زمانی ریشه واحد دیکی فولر تعمیم یافته، فیلیپس- پرون و آزمون $KPSS$ بهره گرفته شده است. فرضیه صفر دو آزمون دیکی فولر تعمیم‌یافته، فیلیپس- پرون وجود ریشه واحد در سری زمانی است، اما فرضیه صفر آزمون $KPSS$ مانایی سری زمانی است. اگر براساس این آزمون‌ها، سری زمانی قیمت نفت رفتاری انفجاری و نامانا داشته باشد، در قالب مدل معادلات دیفرانسیل تصادفی GBM مدل‌سازی می‌شود. در مقابل اگر سری زمانی قیمت نفت مانا باشد، به منظور مدل‌سازی قیمت نفت از مدل معادلات دیفرانسیل تصادفی OU استفاده می شود. نتایج این آزمون‌ها در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲)- نتایج آزمون های ریشه واحد سری زمانی روزانه قیمت نفت طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳

دوره زمانی	آزمون دیکی‌فولر تعمیم یافته	آزمون فیلیپس- پرون	آزمون *KPSS*	مدل پیشنهادی
سال ۱۳۸۲	-۱/۰۹ (۰/۷۲)	-۱/۲۷ (۰/٦٤)	۱/۵۸ {۰/٤٦}	*GBM*
سال ۱۳۸۳	-۰/۸۸ (۰/۷۹)	-۰/۹۱ (۰/۷۸)	۱/۱۰ {۰/٤٦}	*GBM*
سال ۱۳۸٤	-۱/۹۹ (۰/۲۹)	-۱/٦۹ (۰/٤۳)	۰/۸۸ {۰/٤٦}	*GBM*
سال ۱۳۸۵	-۱/۱۵ (۰/۷۰)	-۱/۲٦ (۰/٦۵)	۱/۲۹ {۰/٤٦}	*GBM*
سال ۱۳۸٦	-۰/٤۹ (۰/۸۹)	-۰/٤۵ (۰/۹۰)	۱/۹۸ {۰/٤٦}	*GBM*
سال ۱۳۸۷	-۰/۲٦ (۰/۹۳)	-۰/۱٦ (۰/۹٤)	۱/۷۵ {۰/٤٦}	*GBM*
سال ۱۳۸۸	-۱/۹۲ (۰/۳۲)	-۱/۸٤ (۰/۳٦)	۱/۵۷ {۰/٤٦}	*GBM*
سال ۱۳۸۹	۰/۲٦ (۰/۹۷)	۰/۳٤ (۰/۹۸)	۱/٤۸ {۰/٤٦}	*GBM*
سال ۱۳۹۰	-۲/۳۳ (۰/۰۳)	-۲/۱۳ (۰/۰۵)	۰/٤۱ {۰/٤٦}	*OU*
سال ۱۳۹۱	-۲/٤۵ (۰/۰۲)	-۲/۲۲ (۰/۰٤)	۰/۱۸ {۰/٤٦}	*OU*
سال ۱۳۹۲	-۲/٦۸ (۰/۰۱)	-۲/۲۹ (۰/۰۲)	۰/٤۳ {۰/٤٦}	*OU*
سال ۱۳۹۳	۰/۳۸ (۰/۹۸)	۰/۳٤ (۰/۹۸)	۱/۸٦ {۰/٤٦}	*GBM*
کل دوره	-۱/۷۳ (۰/٤۲)	-۱/۷۹ (۰/۳۹)	٤/۵۳ (۰/٤٦)	*GBM*

اعداد داخل پرانتز سطح معناداری آماره آزمون‌ها و اعداد داخل {} مقدار بحرانی آماره *KPSS* را در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد. این آزمون‌ها در نرم‌افزار ایویو۸ انجام گرفته‌اند.

منبع: محاسبه‌های نرم‌افزاری تحقیق روی سری زمانی قیمت نفت سبد نفتی اوپک

بر پایه هر سه آزمون ریشه واحد، طی دوره زمانی سال های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳، سری زمانی قیمت نفت در اکثر سال‌ها رفتار نامانا داشته است به نحوی که فقط در سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ رفتار سری زمانی قیمت نفت حول یک میانگین مشخص همگرا و بازگشت‌پذیر بوده است. در واقع فرضیه صفر آزمون‌های دیکی فولر و فیلیپس پرون مبنی بر وجود ریشه واحد (نامانایی)، فقط برای دوره سه ساله رد می شود و برعکس طی این دوره فرضیه صفر آزمون $KPSS$ مبنی بر مانایی سری زمانی، قابل رد نیست. بنابراین با استناد به نتایج آزمون‌های ریشه واحد برای سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۲ مدل معادله دیفرانسیل تصادفی OU جهت مدل‌سازی قیمت نفت پیشنهاد می‌شود. برای سایر سال‌ها، مدل پیشنهادی، GBM است.

پس از تعیین رفتار سری زمانی قیمت نفت، تحلیل پویای نوسانات تصادفی و پرش در این سری زمانی و طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳ مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور از مدل‌های ناهمسان واریانس $GARCH$ بهره گرفته می‌شود. در این راستا ابتدا سری زمانی رشد قیمت نفت بر پایه رابطه (۴۵) محاسبه می‌شود.

$$rp_t = ۱۰۰ \times \Delta \log(P_t) = ۱۰۰ \times (\log(P_t) - \log(P_{t-۱})) \qquad (۴۵)$$

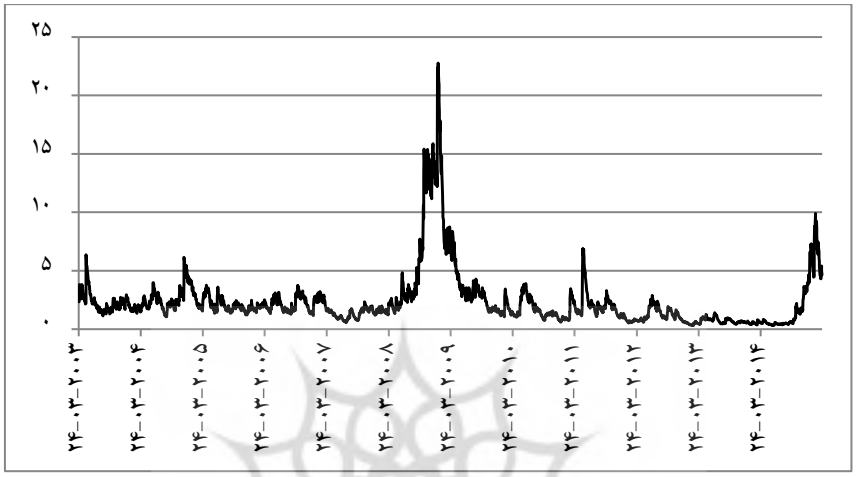
رابطه (۴۵) اشاره به آن دارد که نرخ رشد قیمت نفت برابر با تغییرات لگاریتم قیمت نفت برابر است. حال مدل $GARCH$ به منظور مدل‌سازی واریانس سری زمانی رشد قیمت نفت طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳ مورد استفاده قرار می‌گیرد[۱]. در نمودار (۲) روند واریانس شرطی رشد قیمت نفت طی ۱۳۸۲ التای ۱۳۹۳ مترادف با ۲۲ مارس ۲۰۰۳ تا ۲۱ مارس ۲۰۱۵ که بر پایه مدل‌سازی $GARCH$ به دست آمده، به نمایش درآمده است.

بیشترین نوسانات رشد قیمت نفت مربوط به دوره زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ است. همچنین در سال ۲۰۱۱ و انتهای دوره زمانی مورد مطالعه، یعنی سال ۲۰۱۵، نوسانات شدید دیده می‌شود. نمودار واریانس شرطی رشد قیمت نفت بیانگر نااطمینانی بالای رشد قیمت نفت طی سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۰ و همچنین سال ۱۳۹۲ است که از شوک‌های آنی و پرش‌های یکباره نشات

۱- به منظور برآورد این مدل از نرم افزار ایویوز۸ بهره گرفته شده است.

گرفته‌اند. حال جهت بررسی وجود پرش در رشد قیمت نفت، آماره‌های توصیفی این سری زمانی مورد مطالعه قرار می‌گیرد. این آماره‌ها در جدول (۳) ارائه شده است.

نمودار (۲)- روند سری زمانی واریانس شرطی رشد قیمت نفت



جدول (۳)- آماره‌های توصیفی رشد قیمت نفت طی سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۳

دوره زمانی	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
سال ۱۳۸۲	۲۸/۰۵	۲/۰٤	۰/۱٤	۲/٦۹
سال ۱۳۸۳	۳۸/۵۹	٤/٤۲	۰/٤٤	۲/٦۳
سال ۱۳۸٤	۵۳/۷۲	۳/۹٦	-۰/۱٦	۲/۲۳
سال ۱۳۸۵	٦۰/۲۹	٦/۰۳	۰/۱۱	۱/۹٤
سال ۱۳۸٦	۷۷/۳۱	۱۱/۳۵	۰/۲۹	۱/۸۱
سال ۱۳۸۷	۸۳/۷٦	۳۵/۸۵	-۰/۰٤	۱/۳۷
سال ۱۳۸۸	٦۸/۱۷	۸/٦٦	-۰/۹٤	۲/۸۸
سال ۱۳۸۹	۸۲/۳٦	۱۰/٤۵	۱/۰٤	۳/۵۰
سال ۱۳۹۰	۱۱۱/۰۲	۵/۳٦	۰/۵۵	۳/۰٦
سال ۱۳۹۱	۱۰۷/۹۰	٦/٦۹	-۰/۳۷	۳/٦٤
سال ۱۳۹۲	۱۰٤/۷۸	۳/۱۲	-۰/۳۰	۲/۹۸
سال ۱۳۹۳	۸٤/۲۸	۲۲/۹۲	-۰/۵۵	۱/۷۰

منبع: محاسبه های تحقیق روی سری زمانی رشد قیمت نفت سبد نفتی اوپک

بر پایه آماره‌های توصیفی ارائه شده در جدول (۳)، بیشترین متوسط رشد قیمت نفت مربوط به سال ۱۳۹۰ با میانگین ۱۱۱/۰۲ درصد و کمترین آن مربوط به سال ۱۳۸۲ با متوسط ۲۸/۰۵ درصد است. بیشترین نوسان در رشد قیمت نفت به دوره زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ مصادف با دوره زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۰ میلادی است و کمترین آن مربوط به سال ۱۳۹۲ است. همچنین در سال ۱۳۹۳، نوسانات قابل ملاحظه‌ای در روند رشد قیمت نفت دیده می‌شود. به طور کلی نگاهی به آماره‌های توصیفی متغیر رشد قیمت نفت در سال‌های مختلف از یک سو و تحلیل روند واریانس شرطی این سری زمانی از سوی دیگر، بیان می‌کند که سری زمانی قیمت نفت در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۹ و نیز سال ۱۳۹۳ از یک رفتار نامتعارف و توزیع غیر نرمال توام با پرش‌ها و شوک‌های یکباره در روند مواجه بوده است.

به پیروی از مطالعات عسکری و کرایچین (۲۰۰۸) و لارسن و نوسمن (۲۰۱۱)، طبق تحلیل صورت گرفته، در این سال‌ها از مدل معادلات دیفرانسیل تصادفی توام با پرش یا مدل انتشار پرش (JD) جهت مدل‌سازی قیمت نفت استفاده خواهد شد.

در ادامه این بخش به برآورد پارامترهای مدل‌های پیشنهادی پرداخته خواهد شد. پارامترهای مدل GBM شامل میانگین رشد قیمت نفت و نوسان‌پذیری رشد قیمت نفت است. مدل JD دارای پارامترهای میانگین رشد قیمت نفت، نوسان‌پذیری رشد قیمت و پارامتر اندازه پرش است. همچنین پارامترهای مدل OU شامل سطح میانگین بلندمدت قیمت نفت و سرعت بازگشت به میانگین است[1]. این نتایج در جدول (۴) ارائه شده است.

پرتال جامع علوم انسانی

[1]- این پارامترها بر اساس روش‌های ناپارامتریک ارائه شده در کتاب آلن (۲۰۰۷) محاسبه شده است. به منظور رعایت اختصار از ارائه جزئیات خودداری شده است.

جدول (٤)- برآورد پارامترهای مدل های معادلات دیفرانسیل تصادفی برای قیمت نفت

دوره زمانی (سال)	پارامتر میانگین رشد قیمت نفت (μ)	پارامتر انحراف معیار رشد قیمت نفت (σ)	پارامتر سطح میانگین بلند مدت قیمت نفت ($\bar{P}$)	پارامتر سرعت بازگشت به میانگین (η)	پارامتر اندازه پرش (k)
۱۳۸۲	۰/۱۰	۱/۵۳	–	–	–
۱۳۸۳	۰/۱۷	۱/۷۱	–	–	–
۱۳۸٤	۰/۰۵	۱/٤۷	–	–	–
۱۳۸۵	۰/۰۰	۱/٤٦	–	–	–
۱۳۸٦	۰/۲۱	۱/۱۵	–	–	–
۱۳۸۷	-۰/۲۸	۲/۸۹	–	–	۰/٤٦
۱۳۸۸	۰/۱۷	۱/٦۹	–	–	۲/۵۹
۱۳۸۹	۰/۱۳	۱/۳۰	–	–	۰/٦
۱۳۹۰	–	–	۱۱۱/۱۷	۰/۰۲۸	–
۱۳۹۱	–	–	۱۰۷/۹	۰/۰۲۱	–
۱۳۹۲	–	–	۱۰٤/۷۸	۰/۰۳۳	–
۱۳۹۳	-۰/۲۸	۱/۵۹	–	–	۱/٦٦

منبع: محاسبه‌های تحقیق روی سری زمانی قیمت نفت سبد نفتی اوپک

با بهره‌گیری از پارامترهای برآورد شده معادلات دیفرانسیل تصادفی در جدول (۴)، پارامترهای محاسبه شده در جدول (۱) که مربوط به سهم استان‌ها از بودجه (γ_i) بر اساس شاخص‌های استانی است، پارامترهای ضرایب در تابع مطلوبیت (α_i) که بر اساس رویکرد سلسله مراتبی ارائه شده در روابط (۵) تا (۸) قابل محاسبه هستند و با قرار دادن فاکتور تنزیل β برابر با ۰/۹۸، وان مسیر بهینه پویای بودجه قابل تخصیص به استان‌های کشور را با توجه به نوع رفتار سری زمانی قیمت نفت بر اساس روابط تعادلی (۳۵) و (۳۹) و در طول زمان شبیه سازی نمود و پس از همگرا کردن روندهای شبیه‌سازی شده، مسیر حرکت این متغیر را بر اساس فرآیند حرکت برآونی برای پیش‌بینی‌های آتی به دست آورد.[1]

[1]- شبیه‌سازی فرآیند حرکت برآونی و معادلات دیفرانسیل تصادفی ارائه شده در این مطالعه و ایجاد همگرایی در روند مسیر حرکت متغیرها در محیط برنامه‌نویسی Matlab امکانپذیر بوده که نزد نویسندگان مقاله محفوظ است.

خاطرنشان می‌شود شبیه‌سازی فرآیند های تصادفی بر اساس الگوریتم مونت کارلو برای تولید اعداد تصادفی از یک توزیع خاص آماری صورت می‌گیرد.

۷- نتیجه‌گیری

این مطالعه فرآیند تخصیص استانی بودجه کل کشور را با در نظر گرفتن شاخص‌های کلان استانی از یک طرف و رفتار تصادفی قیمت نفت و تاثیر آن در بخش نفتی بودجه کل از طرفی دیگر، در قالب یک مدل کنترل بهینه تصادفی مورد مطالعه قرار داد. مهم‌ترین نتایج این مطالعه به این شرح است: مدل پیشنهادی قابلیت تعیین بردار سهم بهینه بودجه استانی را با توجه به شاخص‌های عمده وضعیتی و عملکردی هر استان دارد و بر پایه آمارهای رسمی مرکز آمار ایران، ارقام بهینه تخصیص یافته با مقادیر واقعی بودجه تفاوت معنادار دارند.

نتایج همچنین نشان می‌دهد که قیمت نفت به عنوان هسته بخش نفتی بودجه در چارچوب تئوری معادلات دیفرانسیل تصادفی قابل مدل سازی است و بر اساس آن، مسیر حرکت سهم بهینه استان‌ها از کل بودجه در حالت‌های مختلف قابل دستیابی است.

علاوه بر این، پارامترهای تعیین‌کننده رفتار قیمت نفت شامل درجه نااطمینانی قیمت نفت، متوسط رشد قیمت نفت و سرعت بازگشت‌پذیری به میانگین قیمت نفت در تعیین سهم بهینه پویای تصادفی استان‌ها از بودجه نفتی دخیل هستند.

از نتایج استنباط می‌شود که با توجه به پیچیدگی فرآیند بودجه‌ریزی و منابع تامین مالی آن، بودجه استان‌ها یک مسیر تصادفی را طی می‌کند و پارامترهای تعیین‌کننده رفتار سری زمانی قیمت نفت بر آن تاثیر دارند. بنابراین فرآیند بودجه‌ریزی استانی باید به شیوه‌ای باشد که از یک سو با توجه به شاخص‌ها و فاکتورهای وضعیتی و عملکردی هر استان باشد و از سوی دیگر پارامترهای تعیین کننده رفتار قیمت نفت را مدنظر قرار داده و انعطاف لازم را با توجه به رفتار آتی سری زمانی قیمت نفت داشته باشد.

بدون تردید نااطمینانی قیمت نفت، ضمن اثرگذاری بر شاخص‌های کلان اقتصادی نظیر رشد اقتصادی، سرمایه گذاری، نرخ ارز و تورم، بودجه نفتی تخصیص یافته به استان‌های کشور را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

نتایج این مطالعه به صورت اکید بر نقش رفتار سری زمانی قیمت نفت و به ویژه نااطمینانی و نوسانات قیمت نفت، سرعت بازگشت به میانگین سری زمانی قیمت نفت و همچنین میانگین رشد قیمت نفت در بودجه بهینه قابل تخصیص به استان‌های کشور تاکید دارد.

از آنجا که از یک طرف، قانون بودجه به صورت سالانه و در چارچوب یک برنامه از پیش تعیین و برآورد شده توسط دولت تهیه و برای تصویب تقدیم مجلس می شود و از طرف دیگر بر پایه نتایج این مطالعه، چون رفتار آتی قیمت نفت بر ساختار و نحوه تعیین سهم استان‌های کشور از بودجه تاثیر می گذارد، از این‌رو در تدوین قانون بودجه باید ضمن توجه به سطح توسعه‌یافتگی و شاخص‌های وضعیتی و عملکردی هر استان، برآوردها و تحلیل های کارشناسی از روندهای آتی قیمت نفت مورد توجه قرار گیرد.

همچنین اگرچه رفتارهای آتی قیمت نفت از پارامترهای بین المللی برونزای اقتصادی تبعیت می کند با این وجود کنترل نوسانات و تلاش برای پایداری در رفتار قیمت نفت با بهره‌گیری از تعمیق همکاری‌ها در چارچوب سازمان اوپک، ایجاد یکپارچه سازی در سیاست‌های نفتی اعضای اوپک و افزایش کارایی این سازمان امکانپذیر است. علاوه بر این بهره‌گیری از مشتقات مالی ابزار مناسبی در راستای کاهش ریسک نوسانات قیمت نفت در تخصیص بودجه نفتی هستند به طوری که با استفاده از قراردادهای مشتقه در حوزه نفت و گاز می‌توان درآمدهای قابل حصول را برآورد و ثبات را در درآمدهای نفتی دولت تضمین کرد.

منابع

الف- فارسی

آذر، عادل و قشقایی، علی (۱۳۸۹)، «طراحی مدل ریاضی تخصیص بهینه بودجه، با رویکردMADM بودجه حمایتی دولت از شهرداری‌های کشور»، *اندیشه مدیریت راهبردی*، ۴(۲): ۱۰۱-۱۲۸.

آذر، عادل، امینی، محمدرضا، احمدی، پرویز (۱۳۹۳)، » استفاده از برنامه ریزی آرمانی فازی در بودجه ریزی دانشگاهی»، *فصلنامه پژوهش و برنامه ریزی در آموزش عالی*، ۷۲: ۱-۲۴.

انتظاری، یعقوب (۱۳۸۹)، «تحلیل عملکرد تخصیص بودجه به دانشگاه های دولتی»، *پژوهش و برنامه‌ریزی در آموزش عالی*، ۳(۵۷): ۱-۲۱.

خداویسی، حسن، حسینی، رضا و ملابهرامی، احمد (۱۳۹۲)، «مقایسه عملکرد مدل‌های ARFIMA-GARCH، شبکه عصبی و معادلات دیفرانسیل تصادفی در پیش‌بینی قیمت جهانی نفت خام»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۱۰ (۳۶): ۱۰۳-۱۳۷.

رجبی، احمد (۱۳۹۱)، «برنامه‌ریزی آرمانی، رویکردی اثربخش در بودجه‌ریزی و تخصیص بهینه منابع مالی (مطالعه موردی: تخصیص بودجه وزارت بهداشت و درمان به استان‌های کشور)»، *فصلنامه حسابداری سلامت*، ۱(۲و۳): ۱-۱۶.

طیبی، سیدکمیل ، خوش اخلاق، رحمان و فراهانی، مریم (۱۳۹۰)، «برآورد نااطمینانی در قیمت نفت سنگین ایران و سبد اوپک: کاربرد معادلات دیفرانسیل تصادفی»، *فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی*، ۸ (۳۱): ۱-۲۴.

طیبی، سیدکمیل ، خوش اخلاق، رحمان و فراهانی، مریم (۱۳۹۲)، «الگوسازی نااطمینانی در قیمت نفت ایران با استفاده از فرآیند تصادفی برگشت به میانگین»، *پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران*، ۳(۹): ۱۷۵-۱۹۷.

کلانتری، خلیل (۱۳۸۰)، *برنامه‌ریزی و توسعه منطقه‌ای*، تهران: انتشارات خوشبین و انوار دانش، چاپ اول.

عابدی، قاسم و دیگران (**۱۳۸٦**)، «ارائه مدل برنامه‌ریزی آرمانی جهت تخصیص منابع در بخش آموزشی، دانشگاهی وزارت بهداشت درمان و آموزش پزشکی»، *مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران*، ۱۷(۵۷): ۸۲-۸۷

مومنی، منصور (۱۳۸۹)، *مباحث نوین تحقیق در عملیات*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

میرشجاعیان حسینی، حسین، رهبر، فرهاد (۱۳۹۱)، «تحلیل کمی الگوی اقتصاد سیاسی تخصیص بودجه‌های استانی در ایران»، *جستارهای اقتصادی ایران*، ۹(۱۷): ۱۰۷-۱۳۸.

ب- انگلیسی

Allen, E. (2007, *Modeling with Ito Stochastic Differential Equations*, University of Texas, Published by Springer.

Askari, H. and Krichene, N. (2008), Oil Price Dynamics (2002-2006) , *Energy Economics*, 30: 2134-2153.

Bardi, M. and Dolcetta, I.C 77777777Optimal Control and Viscosity Solutions of Hamilton-Jacobi-Bellman Equations , Original Published in the Series Systems & Control.

Caputo, M.R. (2005), *Foundations of Dynamic Economic Analysis Optimal Control Theory and Applications*, Cambridge University Press.

Dixit, A.K., and Pindyck, R.S. (1994), *Investment under Uncertainty*, (Princeton, New Jersey), Princeton University Press.

Geman, H. (2007), Mean Reversion Versus Random Walk in Oil and Natural Gas Prices , *Applied and Numerical Harmonic Analysis*, pp. 219-228.

Hansen, F.B. (2006), *Applied Optimal Control with Emphasis on the Control of Jump-Diffusion Stochastic Processes*, Cambridge University Press.

Hamilton, J. (2013), Historical oil shocks, *Handbook of Major Events in Economic History*, Routledge Taylor and Francis Group, New York, NY, pp. 239˚265.

Hull, I. (2015), Approximate yy namic Programing with Post-decision States as a Solution Method for yy namic Economic Models , *Journal of Economic Dynamic and Control*, Accepted Manuscript.

Jacko, P. (2012), Resource Capacity Allocation to Stochastic Dynamic Competitors: Knapsack problem for Perishable Items and Index-Knapsack Heuristic , Annals of Operation Research.

Kamien, M. I., and Schwartz, N. L., (1991), *Dynamic Optimization: The Calculus of Variations and Optimal Control in Economics and Management*, North Holland, Amsterdam, Holland.

Larsson, K. and Nossman, M. (2011), Jumps and Stochastic Volatility in Oil Price: Time Series Evidence , *Energy Economics*, 33, pp. 504-514.

Li, H. and Womer, N.K. (2015), Solving Stochastic Resource-constraint Project Scheduling Problems by Closed-loop Approximate Dynamic Programing , *European Journal of Operation Research*, 2140, pp. 20-33.

Merton, R.C. (1976), Option Pricing when Underyynrg Stock Returns and Discontinues, *Journal of Financial Economics*, 3, pp.125-144.

Neck, R. and Karbuz, S. (1995), Optimal Budgetary and Monetary Policies under Uncertainty: A Stochastic Control Approach , *Annals of Operations Research*, 58(5), pp. 379-402.

Padgett, J.F. (1981), Hierarchy and Ecological Control in Federal Budgetary Decision Making , *American Journal of Sociology*, 87(1), pp. 75-129.

Pindyck, R. S. (1999), The Long-run Evolution of Energy Prices , *The Energy Journal* 20, pp.1 ˚ 27.

Postali, F.A.S and Picchetti , P. (2006), Geometric Brownian Motion and Structural Break in Oil Prices: A quantitative analysis , *Energy Economics*,28, pp.506-522.

Wei, F. and Randy, M. and Mason, G. and Leonard, B. (2014), A Stochastic Dynamic Programing Approach for the Equipment Replacement Optimal under Uncertainty, *Journal of Transportation, System Engineering and Information Technology*, 14(4), pp. 76-84.

Yong, J. and Zhou, X.Y. (1999), Dynamic Programming and HJB Equations , *Applications of Mathematics* , 43, pp. 157-215.

Zhang, X. and Yu, L. and Wang, Sh. (2009), The Impact of Financial Crisis of 2007-2008 on Crude Oil Price,, *Lecture Notes in Computer Science* , 5545, 2009, pp. 643-652.