فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال سیزدهم / شماره‌ی ۵۲/ بهار ۱۳۹۶/ صفحات ۱۱۸-۸۷

تخمین و پیش‌بینی تقاضای سوخت جت در بخش حمل و نقل هوایی در جهان

مریم کشاورزیان

استادیار مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی، maryam3110@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۱/۱۵

چکیده

صنعت حمل و نقل هر کشور بیانگر وضعیت اقتصادی و میزان توسعه صنعتی آن کشور است. در بین اقسام مختلف حمل و نقل پس از حمل و نقل جاده‌ای، حمل و نقل هوایی بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص می‌دهد ، سوخت جت نیز مهمترین سوخت مورد استفاده در بخش حمل و نقل هوایی می‌باشد. هدف این مقاله پیش‌بینی تقاضای سوخت جت در بخش حمل و نقل هوایی در جهان برای دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۵ می‌باشد. برای این منظور با توجه به رابطه سوخت جت با کارایی و ترافیک هوایی، ابتدا بر اساس مدل، کارایی و ترافیک هوایی پیش‌بینی گردید. سپس بر اساس رابطه تقاضای سوخت در این دو مورد و با توجه به سناریوهای مختلف، تقاضای سوخت جت پیش‌بینی گردید. نتایج پیش‌بینی نشان می‌دهد تقاضا برای سوخت جت در ۲۰۳۰ در کمترین حالت با ۲۵ درصد رشد به ۲۳۲,۲ میلیون تن و در بیشترین حالت با۴۷ درصد رشد به ۲۸۴,۴ میلیون تن در ۲۰۳۰ خواهد رسید. در تخمین مدل‌ها نیز از روش‌های اقتصادسنجی و مدل SURE استفاده شده است

طبقه‌بندی JEL: R41, C01

کلید واژه‌ها: تقاضای سوخت جت، کارایی انرژی، ضریب بار، الگوی تعدیل جزئی، پانل دیتای پویا

۱- مقدمه

صنعت حمل و نقل هر کشور یکی از نمادهـای وضـعیت اقتصـادی و میـزان توسـعه صنعتی آن کشور است، بنحوی که رشد این صنعت را باید یکی از عوامل مهم در توسـعه اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و ...هر جامعه‌ی به شمار آورد. اهمیت ایـن صـنعت چنـان است که‌اندیشمندان اقتصادی دنیا معتقدند اگر کشورهای توسعه نیافته در آغاز قرن ۲۱ به این صنعت توجه لازم را نداشته باشند، رشد و توسعه این کشورها بـه حـداقل خواهـد رسید. آمار حاکی از رشد سریع بخش حمل ونقـل، پیشـرفت‌هـای تکنولـوژی و سـهم بالای آن در فعالیت‌های اقتصادی می‌باشد. خدمات این بخش به گونـه‌هـای مختلفـی از قبیل جاده‌ی، ریلی، هوایی، راه‌آهن، دریایی و خط لوله ارائه می‌گردد که هر یـک از ایـن بخش‌ها به دو دسته بار و مسافر تقسیم می‌گردند. ترکیب استفاده از هرکدام از گونه‌های مختلف این خدمت در هر کشور و نیز بهره‌بردن از ارزش افزوده ناشی از آن‌ها بستگی به ساختار آن کشور دارد.

بخش حمل و نقل هوایی به‌عنوان یکی از ارکان زیر بنایی هرجامعه به شمار مـی‌رود و در فرآیند توسعه و پایداری جامعه نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند. جابجـایی مسـافر و بار که توسط حمل و نقل هـوایی انجـام مـی‌شـود موجبـات افـزایش بهـره‌وری و ارتقـا بنیادهای اقتصـادی، اجتمـاعی و... را فـراهم مـی‌آورد.همچنـین در آمـدهای حاصـل از تولیدات صنعتی، کشاورزی، خدمات و ... را در کشور افزایش می‌دهد و بسـتر شـکوفایی قابل ملاحظه در حوزه‌های مختلف اقتصادی را فراهم می‌آورد.

رشد سریع و شدید تقاضا در این بخش مسلما از عوامـل رشـد اقتصـادی و تسـهیل کننده ارتباطات بین‌المللی و داخلی می‌باشد. در نتیجه افزایش تقاضای حمل و نقل کـه به تبع آن افزایش در تقاضای انرژی را در پی دارد، با توجه بـه اهمیـت مسـأله کمیـابی انرژی در قرن ۲۱ باعث می‌گردد لزوم توجه به سیاست‌های کاهش مصرف انـرژی را پـر اهمیت تر می‌نماید. به همین منظور یکی از سیاست‌های کاهش مصرف که همان ادغـام صنعت حمل و نقل هوایی با طرح مبادله میزان انتشار کربن اتحادیه اروپـا مـی‌باشـد در ژانویه ۲۰۱۲ اجرا گردید. در نتیجه به دلیل افزایش رشد تقاضای حمل و نقـل هـوایی و به تبع آن افزایش تقاضای سوخت جت در کل دنیا، پیش‌بینی و مدل سـازی تقاضـا در این بخش همواره مورد توجه سیاست‌گذاران بوده و در آینده نیز خواهد بود.

از آن جا که در بین فرآورده‌های مختلف نفت، سوخت جت فرآورده مورد استفاده در بخش حمل و نقل هوایی است و نیز مصرف این سوخت وابستگی شـدید و نزدیکـی بـه

تقاضای حمل و نقل هوایی دارد، به همین دلیل و برای بررسی تقاضای سوخت جت ابتدا می‌بایست تقاضای حمل و نقل هوایی پیش‌بینی شود. به همین دلیل در این مقاله به منظور پیش‌بینی تقاضای سوخت جت، تقاضای حمل و نقل هوایی پیش‌بینی شده و سپس به وسیله مدل‌های اقتصادسنجی، کارایی انرژی در بخش حمل و نقل هوایی را مدل سازی نموده و عوامل تأثیرگذار بر کارایی را مورد بررسی قرار می‌دهیم. سپس بر اساس سناریوهایی که در این زمینه ارائه می‌نماییم کارایی انرژی را در این بخش پیش‌بینی می‌کنیم. در مرحله آخر با توجه به تقاضای حمل و نقل هوایی به‌دست آمده در مرحله اول و کارایی انرژی در مرحله دوم، به پیش‌بینی تقاضای سوخت جت پرداخته می‌شود.

۲- پیشینه تحقیق

در تحقیقات پیشین به منظور بررسی و مدل سازی حمل و نقل هوایی از دو روش استفاده می‌شد. نخست مدل سازی توسط مسیر (مدل جاذبه)[1]، و مدل سازی دوم بدون مسیر (تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی ساده) در مدل سازی ترافیک هوایی توسط مسیر، تخمین حمل ونقل هوایی بر اساس مسیرهای مختلف طی شده توسط هواپیما برآورد شده است. در روش دوم به جای بررسی می‌شود مسیرها، تکیه بر روی منطقه مورد نظر خاصی می‌باشد. در روش اول جریان ترافیک هوایی بین مناطق مختلف به‌عنوان مثال پیش‌بینی جریان ترافیک بین آسیا و اروپا. در صورتی که در مدل سازی به روش دوم، جریان ترافیک دریک منطقه (و نه یک مسیر) پیش‌بینی می‌شود.

بر طبق متون و تحقیقات گذشته، یافته‌های گرین[2](۱۹۹۲، ۱۹۹۶، ۲۰۰۴) ، آی پک[3] (۱۹۹۹)، لی و دیگران[4] (۲۰۰۱، ۲۰۰۴، ۲۰۰۹) ، ایرس[5] و دیگران (۲۰۰۳)، لی[6] (۲۰۱۰) نشان داد که بهبود کارایی ترافیکی تابعی از بهبود کارایی ضریب بار (استفاده بیشتر از ضرفیت خطوط هوایی) و بهبود کارایی انرژی می‌باشد. در این زمینه خطوط هوایی، کاهش سوخت جت مصرفی خود را با استفاده بیشتر از ظرفیت موجود

1. Gravity Model
2. Green
3. IPCC
4. Lee et al.
5. EYers et al.
6. Lee

هواپیماها حاصل نمودند. اما در بهبود کارایی انرژی ممکن است برخی فرصت‌هایی که برای پیشرفت‌های فنی می‌تواند رخ دهد، وجود داشته باشد. بهبود بهره‌وری انرژی به طیف گسترده‌ی از عوامل، که برخی از آنها به پیشرفت‌های فن آوری (مانند مدیریت ترافیک هوایی) در ارتباط نیست، بستگی دارد. در بهبود بهره‌وری انرژی، تمرکز بر روی عوامل ارتقاء هواپیماهای موجود، و نیز در طراحی بدنه و موتور هواپیما برای نوسازی ناوگان می‌باشد.

به منظور تبدیل ترافیک هوایی به تقاضای سوخت جت، محققان از رویکرد پایین به بالا[1] برای به‌دست آوردن ضریب کارایی (EE) و استنباط در مورد ارزیابی قوائد موجود بر ضریب کارایی استفاده می‌کنند (رجوع شود به کار گرین (۱۹۹۲، ۱۹۹۶، ۲۰۰۴)، IPCC (۱۹۹۹) ایرز و همکاران (۲۰۰۴)). روش پایین به بالا بیشتر در مدل‌سازی براساس مسیر استفاده می‌گردد. بهادرا [2](۲۰۰۳) برای تخمین تقاضای مسافرت هوایی در آمریکا از رویکرد بالا به پایین و پایین به بالا استفاده کرد.

مطالعات زیادی از قبیل بهادا و کی (۲۰۰۸) به تحلیل ساختار و پویایی مبدا و مقصد تقاضای بازاری مسافرت هوایی با استفاده از سری زمانی در دوره ۲۰۰۶-۱۹۹۵ پرداخته‌اند. آنها نشان دادند که تعداد سفرهای رشد قابل توجهی را در سال‌های اخیر به نمایش می‌گذارد. مکینتاش و والاس[3] (۲۰۰۹) به بررسی تولید گازهای گلخانه‌ای در حمل و نقل هوایی بین المللی تا سال ۲۰۲۵ پرداختند. آن‌ها اظهار کردند که بهره‌وری سوخت مرتبط با آخرین نسل از هواپیما برای جبران افزایش در تقاضای بین‌المللی کافی نیست مزرعتی و فقوه[4] (۲۰۰۸) تقاضای سوخت در بخش حمل و نقل هوایی را برای آمریکا مورد بررسی قرار دادند.

ازآن جا که تقاضای سوخت جت به‌صورت مستقیم صورت نمی‌گیرد، یک مرحله مقدماتی مدل‌سازی در این زمینه مدل‌سازی ترافیک هوایی می‌باشد. در حقیقت به دلیل اینکه سوخت جت فقط به خودی خود مصرف نمی‌شود و برای خدماتی از قبیل پرواز برای تفریح و بازرگانی، حمل کالا و خدمات تقاضا می‌شود، بنابراین در مرحله

1. bottom-up approach
2. Bhadra
3. Macintosh and Wallace
4. Mazraati and Faquih

نخست باید خصوصیات خاص تقاضا برای حمل و نقل در بخش هوایی را بر اساس تکامل تدریجی این بخش بررسی نماییم و در مرحله بعد تقاضای این بخش را پیش‌بینی کرده و سپس تقاضای سوخت جت را از این طریق به‌دست می‌آوریم. مطالعات عمده در این زمینه عبارتند از BTE(۱۹۸۶)، گیتلی (۱۹۸۸)[1]، شافر[2] (۱۹۹۸)، و داندام و اپنهامر[3] (۱۹۹۸) ، گراهام (۲۰۰۰)[4]، عابد سراج و دیگران (۲۰۰۱)[5]، باترسبی و همکاران[6] (۲۰۰۱)، لی و دیگران[7] (۲۰۰۱) ، السترن[8] (۲۰۰۱) ، لیم و مکالر[9] (۲۰۰۲)، بهادرا[10] (۲۰۰۳)، ویکراما و سایر همکاران[11] (۲۰۰۳) ، لیا و لو[12] (۲۰۰۵)، بهادرا و کی (۲۰۰۸)[13]، مزرعتی و فاقیه[14] (۲۰۰۸)، دفت[15] (۲۰۰۹).

مدل جاذبه یک مدل عینی است که درآن تکیه بر مدل‌های مسافرت بر اساس مسیرهای خاص می‌باشد، (جرج-کالدرون[16] (۱۹۹۷))، گراهام[17] (۱۹۹۹) ، وجهان[18] (۲۰۰۱)، بکن[19] (۲۰۰۲)، اسوان[20] (۲۰۰۲)، بهادرا[21] (۲۰۰۳)، جویک و هنسن[22] (۲۰۰۳)، نجوگان[23] (۲۰۰۶) ، وی و هنسن[24] (۲۰۰۶) ، گراسچه و دیگران[25] (۲۰۰۷)،

1. Gately
2. Schafer
3. Vedantham and Oppenheimer
4. Graham
5. Abed Seraj et al.
6. Battersby and Oczkowski
7. Lee et al.
8. Olsthoorn
9. Lim and McAleer
10. Bhadra
11. Wickrama et al.
12. Lai and Lu
13. Bhadra and Kee
14. Mazraati and Faquih
15. Dft
16. Jorge-Calderon
17. Graham
18. Wojahn
19. Becken
20. Swan
21. Bhadra
22. Jovicic and Hansen
23. Njegovan
24. Wei and Hansen
25. Grosche et al.

بهادرا و کی[1] (۲۰۰۸)، دفت[2] (۲۰۰۹). این رویکرد به دلایلی توصیه نمی‌گردد اولین دلیل مربوط به‌دسترسی محدود به داده‌ها می‌باشد. داده‌های[3] ICAO براساس مسیر، تنها برای حمل و نقل هوایی برنامه ریزی شده بین‌المللی می‌باشد نه حمل و نقل هوایی محلی. ثانیاً حتی اگر تمام داده‌های مورد نیاز وجود داشته باشد یک مسأله باقی می‌ماند آن هم تجمیع کردن مسافرت‌ها بر اساس مسیر می‌باشد که بسیار وقت‌گیر می‌باشد. اگر چه مدل جاذبه در نگاه اول مدل مناسبی به‌نظر می‌آید اما این مدل برای تقاضای سوخت جت در کل جهان مدل مناسبی نیست.

در این مقاله به منظور تخمین و پیش‌بینی مصرف سوخت جت در بخش حمل و نقل هوایی ابتدا در گام اول تقاضای ترافیک هوایی به وسیله سناریوهای مختلف به‌صورت منطقه‌ای تا ۲۰۳۰ پیش‌بینی می‌شود. به این شکل که ابتدا عوامل موثر بر تقاضای حمل و نقل هوایی بررسی می‌شود و سپس بر اساس سناریوهای مختلف پیش‌بینی انجام می‌شود.

در گام دوم به منظور تخمین و پیش‌بینی کارایی، بخش حمل و نقل هوایی به‌تفکیک هر منطقه، ابتدا عوامل موثر بر این متغیر را مشخص نموده و پس از تخمین کارایی در این بخش با کمک سناریوهای مختلف، به پیش‌بینی کارایی انرژی در بخش حمل و نقل هوایی پرداخت می‌شود. یکی از نکات تمایز این مقاله با مطالعات دیگر نیز استفاده از مدلهای اقتصادسنجی به منظور به‌دست آوردن تخمین و پیش‌بینی دقیق تر از کارایی انرژی است.در مطالعات گذشته، کارایی انرژی به صورت برون زا به مدل وارد می‌گردید ولی مزیت تخمین این متغیر با استفاده از مدل‌های اقتصادسنجی این است که اولاً از تأثیر روند متغیرهای تأثیرگذار بر کارایی انرژی استفاده می‌شود و در نتیجه تخمین صحیحی از این متغیر به‌دست می‌آید ثانیا" با اعمال سناریوهای مختلف، امکان ارائه پیش‌بینی‌های دقیق تر فراهم می‌شود.

مقاله حاضر نسبت به سایر مطالعات گذشته از مزایایی برخوردار است که عبارتند از:

- تخمین و پیش‌بینی تقاضای ترافیک هوایی و کارایی سوخت جت بر اساس مدل پانل دیتای پویا :این مدل این امکان را فراهم می‌کند که تأثیرات مناطق بر هم، در کنار

1. Bhadra and Kee
2. DfT
3. International Civil Aviation Organization (ICAO)

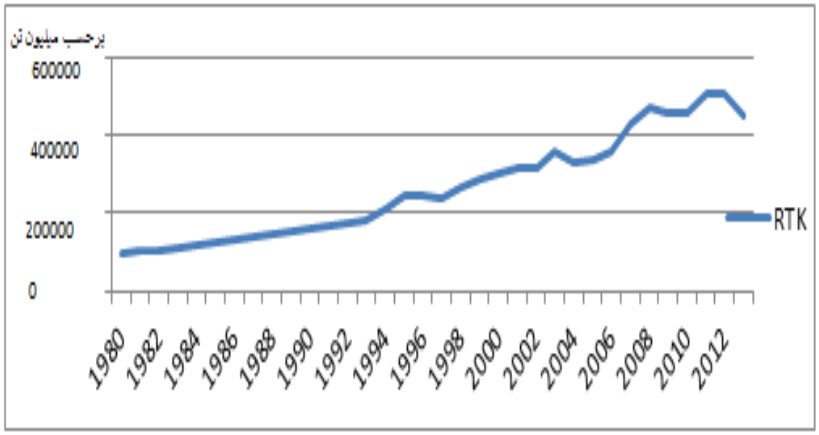
توجه به متفاوت بودن طبیعت هر بازار در هر منطقه بـه لحـاظ شـرایط اقتصـادی و در طول زمان به‌صورت پویا با در نظر گرفتن اثرات شوک‌ها و ... لحاظ گردد.

- تخمین کارایی هر منطقه به تفکیک با توجه به شرایط حاکم بر آن
- پیش‌بینی کارایی هر منطقه به تفکیک و اعمال سناریوهای متناسب با هر منطقه

در گام آخر براساس پیش‌بینی‌های به‌دست آمده از ترافیک هوایی و کارایی برای کل دنیا، پیش‌بینی تقاضای سوخت جت ارائه می‌گردد.

۳- وضعیت مصرف سوخت و کارایی در دنیا

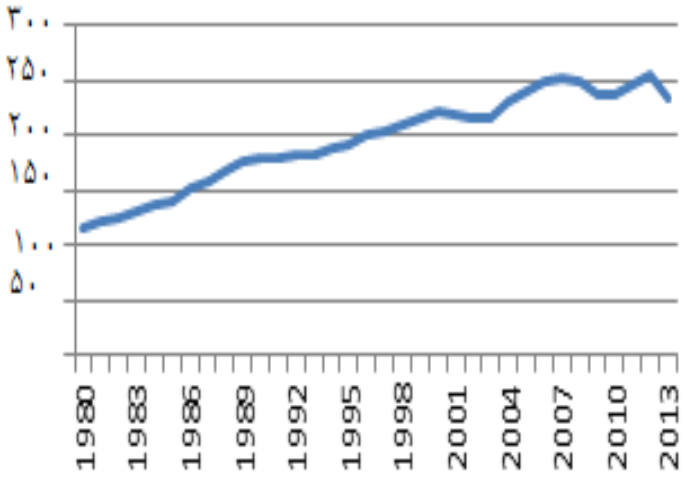
همان طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌گردد یـک رونـد رو بـه افـزایش در تقاضـای حمل و نقل هوایی مشاهده می‌شود به شکلی که در طـی سـال ۱۹۸۰ تـا ۲۰۱۳ مقـدار تقاضا در این بخش از ۹,۴۵ E+۱۰ تـن در کیلـومترطی شـده بـه۴,۴۸ E+۱۱ تـن در کیلومتر طی شده رسیده است. به عبارت دیگر همان طور که آمار و ارقام نشان می‌دهـد تقاضا برای حمل و نقل هوایی به طور متوسط سالانه با رشدی برابـر ۴،۸ درصـد همـراه است.



منبع: داده‌های مستخرج از پایگاه اطلاعاتی ICAO،(۱۹۸۰ الی ۲۰۱۳)

نمودار ۱- ارزیابی تقاضا برای حمل و نقل هوایی از سال۱۹۸۰ الی ۲۰۱۳[1]

۱. حمل و نقل هوایی بار، توسط درآمد تن کیلومتر (RTK)



منبع: داده‌های مستخرج از پایگاه اطلاعاتی EIA، (۱۹۸۰ الی ۲۰۱۳)

نمودار۲- ارزیابی مصرف سوخت جت در کل دنیا طی سال‌های ۱۹۸۰ الی ۲۰۱۳

نمودار (۲) نشان دهنده مصرف سوخت جت در کل جهان طی سال‌های ۱۹۸۰ الی ۲۰۱۳ می‌باشد. همان طور که مشاهده می‌شود مصرف این فرآورده از ۱۱۶,۳ میلیون بشکه در سال ۱۹۸۰ به ۲۳۵,۳ میلیون بشکه در سال ۲۰۱۳ رسیده است، همان طور که مشاهده می‌گردد به طور متوسط نرخ رشد مصرف سوخت طی این سال‌ها حدود ۲,۲ درصد درسال می‌باشد که خود نشان دهنده افزایش تقاضا برای این فرآورده و به تبع آن تقاضای نفت‌خام می‌باشد از طرف دیگر با مقایسه دو نمودار فوق می‌توان دریافت که رشد مصرف سوخت جت کندتر از تقاضای ترافیک هوایی بوده است.

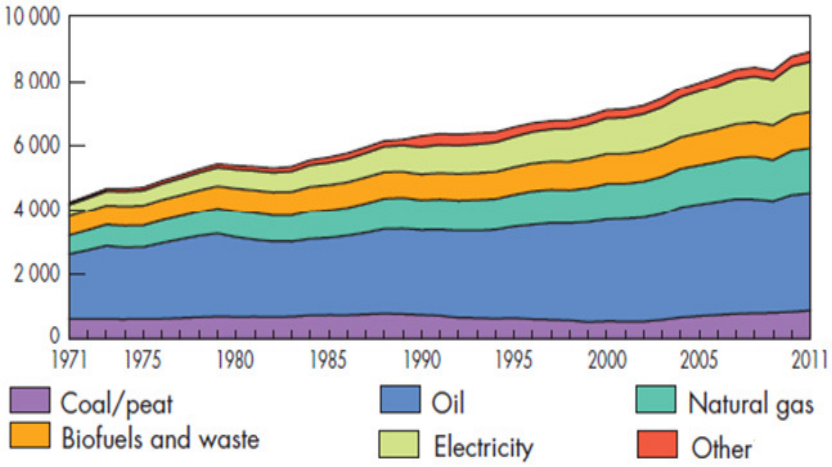
همان‌طور که ازنمودارهای فوق مشاهده می‌گردد از آنجا که ترافیک هوایی افزایش به طور متوسط [1] ۵/۰۳ درصد در سال اضافه شده، تقاضای سوخت جت به دلیل افزایش کارایی انرژی به همان میزان افزایش نیافته و در واقع رشد تقاضای سوخت جت [2] از

۱. براساس داده‌های گزارش شده توسط AO، متوسط RTK بین سال‌های ۱۹۸۰ الی ۲۰۱۳ برابر است با ۵/۰۳ درصد بوده است.

۲. بر اساس داده‌های مستخرج از EIA متوسط رشد تقاضای سوخت جت بین سال‌های ۱۹۸۰ الی ۲۰۱۳ برابر با ۰/۰۲۳۳ بوده است.

رشد تقاضای حمل و نقل هوایی کمتر است، در نتیجه می‌بایست به منظور پیش‌بینی تقاضای سوخت جت، کارایی انرژی را در این بخش پیش‌بینی کنیم.

نمودار (۳) روند مصرف نهایی اتواع حامل‌های انرژی را طی سال‌های ۱۹۷۱ الی ۲۰۱۱ نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده می‌گردد بیشترین مصرف نهایی سوخت‌ها مربوط به نفت بوده است و پس از آن گاز طبیعی و الکتریسیته به ترتیب در مقام دوم و سوم قراردارند. نکته حائز اهمیت این مسأله می‌باشد که نه تنها اهمیت نفت‌خام در تامین سوخت کاهش نیافته، بلکه شاهد افزایش تقاضا برای آن نیز می‌باشیم. افزایش تقاضا برای سوخت‌های جایگزین مانند سوخت‌های زیستی علی رغم عدم کاهش مصرف سایر سوخت ها حاکی از این مسأله است که به دلیل افزایش تقاضای کل، رشد تقاضای این انرژی‌ها کمک به افزایش بیش از اندازه و انفجاری تقاضای سایر سوخت‌ها جلوگیری نموده است.

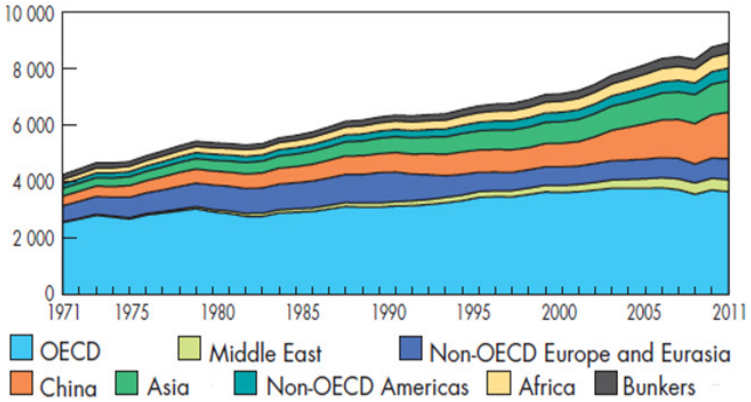


منبع: Key world energy estatistic2013

نمودار ۳- مصرف نهایی انواع حامل‌های انرژی طی سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۱ (میلیون یشکه معادل نفت‌خام)

بررسی میزان مصرف نهایی سوخت‌های مختلف در دنیا طی سال‌های۱۹۷۱ تا ۲۰۱۱ نشان می‌دهد که منطقه OECD بالاترین میزان مصرف را بین مناطق مختلف دنیا دارا می‌باشد. نکته حائز اهمیت این می‌باشد که چین از لحاظ مصرف نهایی سوخت

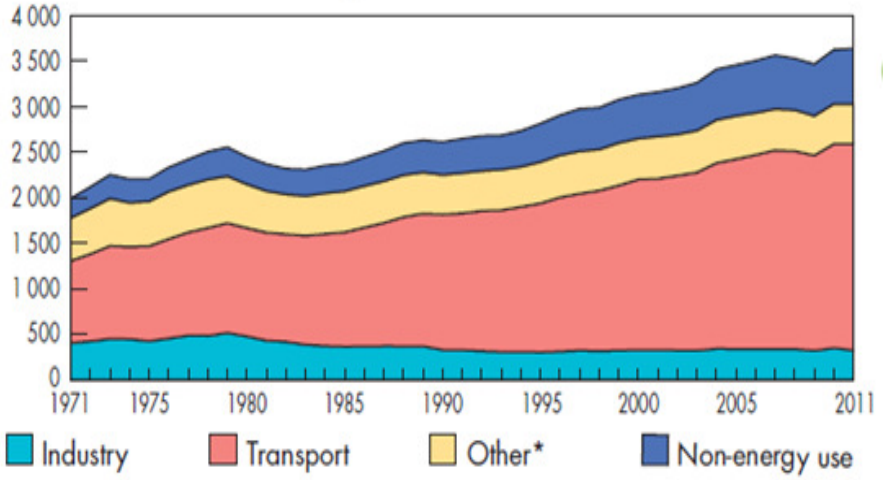
در مرتبه دوم قرار دارد به شکلی که در سال ۲۰۱۱ مصرف این کشور حتـی از منـاطق مختلف دیگر مانند آسیا، خاورمیانه، آفریقا و... بیشتر است. (نمودار ۴).



منبع:Key world energy estatistic2013

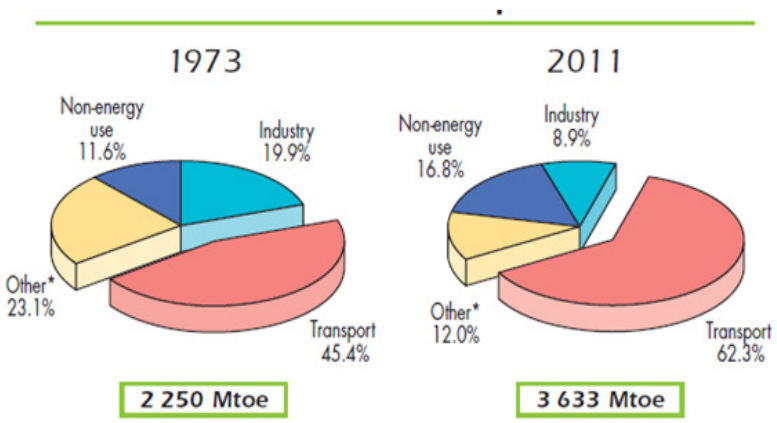
نمودار ۴- مصرف نهایی کل انرژی بین مناطق مختلف دنیا طی سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۱ (میلیون بشکه معادل نفت‌خام

همچنان که در نمودار (۵) مشاهده می‌گردد مصرف نهایی کل نفت طـی سـال‌هـای ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۱ در بخش‌های مختلف در حال افـزایش بـوده و در بـین ایـن بخـش‌هـا، بخش حمل و نقل بالاترین میزان مصرف را به خود اختصاص داده. که این نکتـه حـاکی از اهمیت بالای مصرف نفت‌خام در این بخش می‌باشد. نکته حائز اهمیـت اینکـه همـان طور که ارقام و آمار نشان می‌دهد مصرف نفت‌خام از ۲۲۵۰ میلیون تن معادل نفت‌خام در سال ۱۹۷۳ به ۳۶۳۳ میلیون تن معادل نفت خام در سال ۲۰۱۱ افزایش یافته است، همچنین شاهد افزایش سهم مصرف نفت در بخش حمل و نقل از ۴۵/۴ درصد در سـال ۱۹۷۳ به ۶۲/۳ درصد در سال ۲۰۱۱ می‌باشیم. نمـودار (۶)). البتـه همـان طـور کـه در نمودار نیز مشاهده می‌گردد در سایر بخش‌ها نیز ما شاهد افزایش سهم مصرف نفت‌خـام می‌باشیم.



منبع:Key world energy estatistic2013

نمودار ۵- مصرف نهایی نفت‌خام دنیا در بخش های مختلف طی سال های ۱۹۷۱ تا ۲۰۱۱ (میلیون بشکه معادل نفت)



منبع:Key world energy estatistic2013

نمودار ۶ - سهم مصرف نفت‌خام دنیا دربخش های مختلف طی سال های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۱ (میلیون بشکه معادل نفت‌خام)

به دلیل افزایش قیمت سوخت در دهه‌های اخیر خطوط هوایی به افزایش کارایی سوخت را مد نظر قرار داده‌اند. به همین دلیل یکی از عملکردهای مهم بخش حمل و نقل هوایی توجه به کارایی انرژی به سه شکل می‌باشد:

- بهبود در سوخت موتور در واحد فشار: در حدود ۷۰ درصد
- بهبود آیرودینامیکی: در حدود ۲۵ درصد
- سایر عوامل مانند مقیاس اقتصادی هواپیماهای بزرگ

از اوایل دهه ۷۰ نسل دوم هواپیماهای جت به دنیا معرفی شد که بهبود کارایی موتور و نیز سود ناشی از مقیاس اقتصادی به دلیل افزایش ظرفیت این هواپیماها به ۳۰۰ الی ۴۰۰ مسافر را در پی داشت. از طرف دیگر سیستم‌های جدید کنترل ترافیک هوایی که مانع تاخیر در به زمین نشستن و بلند شدن هواپیما می‌شوند در بهبود کارایی سوخت تأثیر به‌سزایی داشت. بهبود در طراحی‌های جدید هواپیماها، نیروی محرکه و انواع آن از دیگر عوامل موثر در بهبود کارایی سوخت می‌باشد. به علاوه از رده خارج شدن هواپیماهای قدیمی‌تر و جایگزینی آن با انواع جدید تر و کاراتر در این مسأله موثر بوده است.

جدول پتانسیل بهبود کارایی در بخش حمل و نقل هوایی

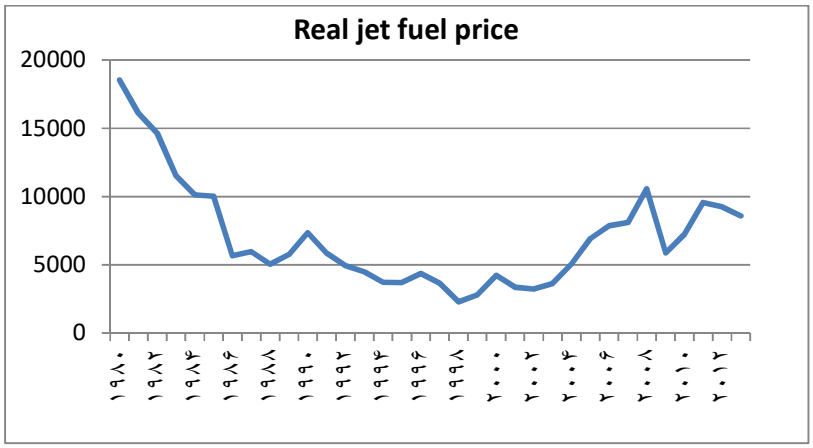
پتانسیل بهبود[1]	معیار اندازه‌گیری	گروه	بخش
٪۵	ارتباطات پیشرفته، ناوبری و نظارت (CNS) و مدیریت حمل و نقل هوایی	عملیاتی	هوایی
٪۳۰	موتورهای توربین کارا، مواد کم وزن پیشرفته، بهبود آیرو دینامیکی و طراحی جدید بدنه هواپیماها	بدنه هواپیما و نیروی محرکه	
٪۲۵	کوتاه‌مدت: سوخت‌های زیستی، بلندمدت: سوخت‌های زیستی و هیدروژنی	سوخت‌های جایگزین	

منبع: اقتباس شده از کار D.McCollum,G.Gould, D.Greene(2009)

۱. مقدار انتظار صرفه‌جویی انرژی در بخش حمل و نقل هوایی تا سال ۲۰۵۰ می باشد

۴- داده‌ها و متغیرهای مدل

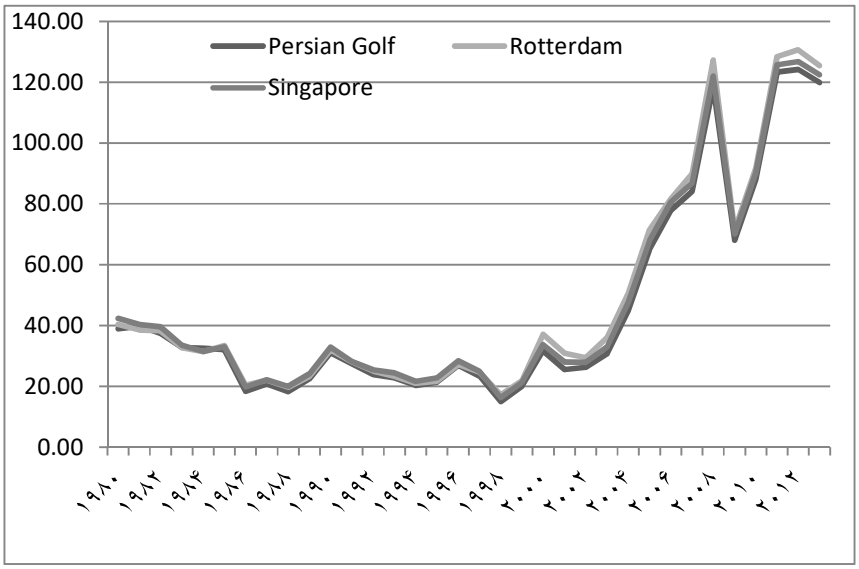
داده‌های مصرف سوخت جت از اطلاعات منتشر شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) گرفته شده‌اند. داده‌های ترافیک هوایی نیز به صورت کشوری توسط ICAO منتشر می‌گردد از اینرو، می‌توان داده‌های هر منطقه را با تجمیع داده‌های کشوری به‌دست آورد. در این مقاله ۱۲منطقه شامل OECD آمریکا، OECD اروپا، OECD آسیا، کشورهای با اقتصاد در حال گذار، کشورهای آسیایی غیر OECD، آفریقا، خاورمیانه، آمریکای مرکزی و جنوبی و کشورهای روسیه، چین، هند و برزیل بررسی شده‌اند.



نمودار ۷- قیمت واقعی سوخت جت دوره ۲۰۱۲-۱۹۸۰ (در هر هزار تن بر حسب دلار)

قیمت سوخت جت برحسب دلار آمریکا به صورت قیمت ثابت سال ۲۰۰۵ در هر هزار تن (KT) و بر اساس که قیمت FOB[1] در سه بازار خلیج فارس، روتردام و سنگاپور و در سایت پلتس[2] بیان می‌شوند.. همان طور که در نمودار ۸ مشاهده میشود این سه قیمت بسیار به هم نزدیک بوده به همین منظور انتخاب هر یک از این قیمت ها تأثیر متفاوتی بر نتایج نخواهد داشت.

1. Free on Board
2. PLLATS



نمودار ۸- قیمت‌های اسمی سوخت جت در سه بازار خلیج فارس، رتردام و سنگاپور ۲۰۱۳-۱۹۸۰ (بر حسب دلار در هر لیتر)

داده‌های مربوط به تولید ناخالص داخلی(GDP) و CPI به صورت کشوری از بانک جهانی اخذ شده است. دوره زمانی مورد بررسی در این مقاله سال‌های ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۳ است.

۵- روش برآورد تقاضای سوخت در حمل و نقل هوایی

همان طور که توضیح داده شد، تنها منبع مصرف سوخت جت، موتور هواپیما می‌باشد به همین دلیل تقاضای این سوخت به شدت وابسته به تقاضای سفر هوایی می‌باشد. هرقدر تعداد این سفرها بیشتر باشد، تقاضا برای سوخت جت نیز بیشتر خواهد شد. به همین دلیل در این مقاله پایه و اساس پیش بینی تقاضای سوخت جت، پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی است.

به منظور تخمین و پیش‌بینی مصرف سوخت جت در بخش حمل و نقل هوایی، ابتدا می‌بایست در گام اول تقاضای ترافیک هوایی به وسیله سناریوهای مختلف تا ۲۰۳۰

پیش‌بینی به این شکل که ابتدا به بررسی عوامل تأثیر گذار بر تقاضای حمل و نقل هوایی پرداخته می‌شود و سپس در مرحله دوم به وسیله مدل‌های اقتصادسنجی کارایی انرژی در بخش حمل و نقل هوایی را مدل سازی نموده و عوامل تأثیرگذار بر کارایی را مورد بررسی قرار می‌دهیم. سپس بر اساس سناریوهای متصور، کارایی انرژی را در این بخش پیش‌بینی می‌نماییم. در مرحله آخر با توجه به تقاضای حمل و نقل هوایی به‌دست آمده در مرحله اول و کارایی انرژی در مرحله دوم تقاضای سوخت جت پیش‌بینی می‌شود.

داده‌های تقاضای ترافیک هوایی بر حسب دو واحد مختلف RTK و ATK بیان می‌شوند. RTK ظرفیت واقعی حمل و نقل هوایی را اندازه‌گیری می‌کند در حالی که ATK واحدی برای اندازه‌گیری ظرفیت استفاده شده از یک خط هوایی است. به منظور اندازه‌گیری ظرفیت واقعی حمل و نقل هوایی (RTK) ابتدا ، WLF[1] که همان درصد تن -کیلومتر موجود یک خط هوایی که به صورت کارا در طی یک پرواز اشغال می شود را در ATK[2] که همان تن -کیلومتر موجود یک خط هوایی می‌باشد، ضرب می‌نماییم. بدیهی است که در صورت استفاده از حداکثر ظرفیت ناوگان هوایی (WLF=100%)، RTK با ATK برابر می‌شود اما در واقع به دلیل عدم استفاده از ظرفیت کامل خطوط هوایی RTK از ATKکوچک‌تر است

نتایج تخمین و پیش‌بینی تقاضای ترافیک هوایی (RTK که همان ظرفیت واقعی حمل و نقل هوایی می‌باشد) در پروژه "تخمین و پیش‌بینی تقاضای سوخت جت در بخش حمل و نقل هوایی دنیا" که در مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی انجام گردیده قابل مشاهده است. در ذیل به اختصار روش تخمین و مدل مورد استفاده در این کار تحقیقی توضیح داده می‌شود.

از آنجا که تقاضای حمل و نقل هوایی هر دوره متاثر از دوره قبل خود می‌باشد وقفه این متغیر به‌عنوان متغیر توضیحی در سمت راست مدل وارد می‌گردد و الگو به‌صورت داده‌های پانل پویا تصریح می‌گردد.

تصریح الگوی اقتصادسنجی در نظر گرفته شده در این مقاله به شرح ذیل می‌باشد:

---

1. weight-load-factor
2. Available Tonne Kilometres

$$Lrtk_{it} = \lambda_i Lrtk_{it-1} + \beta_{1i} LGDP_{it} + \beta_{2i} LJetfuelP_{it} + \beta_{3i} DUM_{1,it} + \beta_{4i} DUM_{2,it} + \beta_{5i} DUM_{3,it} + \beta_{6i} DUM_{4,it} + \mu_i + e_{it} \quad (۱)$$
$$i = 1,2,\dots,12 \qquad t = 1,\dots,34$$

$Lrtk_{it}$ لگاریتم تقاضای حمل و نقل هوایی، $LGDP_{it}$ لگاریتم GDP، $LJetfuelP_{it}$ لگارتیم قیمت سوخت جت i امین منطقه در زمان t می‌باشد. $DUM_{1,it}$ یک متغیر مجازی برای شوک‌های وارد بر حمل و نقل هوایی در نتیجه کاهش GDP است و $DUM_{2,it}$ یک متغیر مجازی برای واکنش‌های بعدی حمل و نقل هوایی به شوک‌های ناشی از کاهش GDP می‌باشند. $DUM_{3,it}$ متغیر مجازی برای شوک های خاص بخش هوایی، $DUM_{4,it}$ متغیر مجازی برای واکنش‌های بعدی حمل و نقل هوایی به شوک‌های خاص هوایی می‌باشند. با توجه به تأثیر متفاوت هر یک از این متغیرها در مناطق مختلف، کل دنیا به ۱۲ منطقه که در بخش قبل توضیح داده شد، تقسیم گردیده است.

از طرف دیگر افزایش تقاضای حمل و نقل هوایی با توجه به کارایی سوخت جت هیچ گاه باعث افزایش تقاضای سوخت جت به همان اندازه نخواهد شد. به‌عنوان مثال اگر تقاضای حمل و نقل هوایی ۶ درصد افزایش یابد هیچ گاه تقاضای سوخت جت به همان میزان افزایش نمی‌یابد زیرا افزایش کارایی باعث کاهش مصرف سوخت خواهد شد. به همین منظور برای پیش‌بینی تقاضای سوخت جت می‌بایست کارایی سوخت جت نیز مورد بررسی و پیش‌بینی قرارگیرد.

از آنجا که کارایی سوخت از تقسیم مصرف سوخت جت (T) بر ATK به‌دست می‌آید، به منظور محاسبه پیش‌بینی تقاضای سوخت (T) کافی است تا مقادیر پیش‌بینی کارایی انرژی (EE) را در پیش‌بینی ATK ضرب نماییم. از طرف دیگر پیش‌بینی ATK از حاصل ضرب پیش‌بینی ضریب بار WLF در پیش‌بینی RTK (تقاضای ترافیک هوایی) به‌دست می‌آید.

$$EE = T/ATK \Rightarrow T = ATK \times EE \quad (۱)$$

$$ATK = WLF \times RTK \quad (۲)$$

به همین دلیل در ابتدا می‌بایست پیش‌بینی از ضریب بار انجام دهیم و سپس براساس پیش‌بینی ترافیک هوایی به‌دست آمده از مرحله اول، پیش‌بینی از ATK به‌دست می‌آوریم.

به منظور محاسبه پیش‌بینی ضریب بار Wlf تا سال ۲۰۳۰ فرض می‌شود که ضریب بار هر منطقه به ۷۵ درصد خواهد رسید. (ای فرض براساس مقاله[1] می‌باشد از اینرو، میانگین نرخ رشد سالانه ضریب بار برای زیردوره ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ محاسبه می‌گردد و در مقدار ضریب بار در سال ۲۰۱۳ ضرب می‌شود تا جایی که ضریب بار هر منطقه به سطح ۷۵ درصد برسد.

گام بعد برای به‌دست آوردن پیش‌بینی تقاضای سوخت جت، پیش‌بینی کارایی سوخت (EE) می‌باشد.کارایی ناوگان هوایی متأثر از عوامل متعددی می‌باشد. به‌عنوان مثال بهره برداری از ترکیبات مختلف هواپیماها در خطوط هوایی، بهبود هواپیماهای موجود، خرید هواپیماهای جدید و خارج کردن هواپیماهایی قدیمی از ناوگان. تصمیم گیری در مورد کارایی ناوگان هوایی بستگی به عواملی همچون قیمت سوخت جت، ATK (ظرفیت یک خط هوایی)، هزینه بهبود ناوگان، و هزینه های مربوط به هواپیمای جدید و قدیمی و تکنولوژی دارد. اما به دلیل در دسترس نبودن اطلاعات مربوط به هزینه‌ها، کارایی تنها تابعی از کارایی دوره قبل، تکنولوژی، که به‌دلیل عدم دسترسی به داده‌های آن از روند زمانی به‌عنوان شاخصی از این متغیر استفاده می‌شود و قیمت واقعی سوخت جت می‌باشد. کارایی سوخت از یک الگوی تعدیل جزئی تبعیت می‌کند. استفاده از این الگو به دلیل تعدیل شدن آهسته کارایی به سمت سطح مطلوب در طول زمان می‌باشد.

$$lef_t - lef_{t-1} = \mu(lef^* - lef_{t-1})$$

که در آن سطح کارایی مطلوب ef^* به صورت زیر می‌باشد:

$$a + bLJetfuelP_{it} + c(t) = lef^*$$

که در آن $LJetfuelP_{it}$ لگاریتم قیمت سوخت جت و t متغیر روند زمانی می‌باشد.

با جایگذاری کارایی مطلوب در معادله تعدیل جزئی خواهیم داشت:

$$\mu a + \mu b(LJetfuelP_{it}) + \mu c(t) + (1-\mu)\, lef_{t-1} = lef_t$$

پس از تخمین کارایی سوخت نوبت به پیش‌بینی آن بر اساس سناریوهای ذیل می‌رسد:

سناریو اول: قیمت بالای سوخت جت مطرح شده توسط IMF

1. DEMAND UNTIL 2025 FORECASTING AIR TRAFFIC AND CORRESPONDING JET-FUEL

سناریو دوم: قیمت پایین سوخت جت مطرح شده توسط IMF

سناریو سوم : قیمت بالای سوخت جت مطرح شده توسط IMF و رشد کارایی سبز

سناریوی چهارم : قیمت پایین سوخت جت مطرح شده توسط IMF و رشد کارایی سبز

قبل از تخمین مدل به روش داده‌های تلفیقی(داده‌های ما شامل ۱۲ منطقه و ۳۴ سال می‌باشد) باید نوع داده‌ها از جهت پانل و یا پول بودن مشخص گردد که برای این منظور از آزمون لیمر[1] استفاده خواهد شد که دارای آماره F می‌باشد. آزمون f به منظور تشخیص بین مدل اثرات مشترک و اثرات ثابت یا تصادفی استفاده می‌گردد. در این جا دو حالت وجود دارد یا داده‌های ما از نوع پولینگ[2] می‌باشند که باید با استفاده از روش اثرات مشترک تخمین زده شوند و یا داده‌ها از نوع پانل هستند که باید با استفاده از یکی از دو روش اثرات ثابت و یا اثرات متغیر که در ادامه ارائه شده‌اند تخمین زده شوند.[3] بر اساس آزمون لیمر مشخص گردید داده‌های معادلات فوق از نوع پانل دیتا می‌باشند از طرفی با توجه به این که مقدار تاخیری متغیر وابسته به‌عنوان متغیر توضیحی در مدل قرار دارد الگو مدل مور نظر پانل دیتای پویا می‌باشد. به دلیل مزیت برآوردگر SURE نسبت به سایر برآوردگرها بر اساس داده‌های موجود، روش تخمین مورد استفاده در معادلات این مقاله SURE می‌باشد. به دلیل اینکه جمله خطا بین معادلات به طور همزمان همبستگی دارند و نیز برای افزایش کارایی و به تبع آن افزایش دقت در پیش‌بینی‌ها از این روش در تخمین پانل دیتای پویا استفاده می‌گردد.

۶- نتایج برآورد و پیش‌بینی مدل حمل و نقل هوایی

در جدول (۱) نتایج ضرایب تخمین زده شده مربوط به متغیرهای GDP، وقفه RTK، قیمت سوخت جت، شوک‌های در نظر گرفته شده در حمل و نقل هوایی در ۱۲ منطقه مورد بررسی مشاهده می‌گردد. تمام متغیرها در سطوح احتمال ۵ و ۱۰ درصد معنادار بوده و علامت‌های این ضرایب مطابق با انتظار می‌باشند. بدین ترتیب وقفه

1. Lymer Test
2. Pooling Model
۳. آزمون f (تشخیص بین مدل اثرات مشترک و اثرات ثابت یا تصادفی) و آزمون هاسمن (تشخیص بین اثرات ثابت و تصادفی)

RTK و GDP دارای علامت مثبت و شوک‌های برون‌زا و قیمت سوخت جت دارای علامت منفی می‌باشند که نشان می‌دهند تغییرات GDP اثر مستقیم بر روی حمل و نقل هوایی داشته در صورتی که افزایش قیمت سوخت جت به دلیل افزایش هزینه‌های حمل و نقل و بالارفتن قیمت بلیط، باعث کاهش تقاضای حمل و نقل هوایی شده و نیز شوک‌های موثر بر حمل و نقل هوایی همچون شوک‌های اقتصادی و هوایی که در بخش پیشین به آن‌ها اشاره شد، به دلیل تأثیر معکوس بر تقاضای حمل و نقل هوایی، دارای علامت منفی هستند. در آزمون بریوش- پاگان ضریب کای- دو در سطح احتمال ۵ درصد معنادار بوده که نشان دهنده همبستگی بالا بین ۱۲ منطقه مورد نظر است. از اینرو تخمین همزمان معادلات در ۱۲ منطقه با استفاده از رویکرد SURE قابل توجیه است. ضریب R2 نیز در تمامی مناطق بالای ۹۰ درصد می‌باشد که خود نشان دهنده خوبی برازش مدل می‌شد.

تست دروش باگان به منظور بررسی همبستگی معادلات:

Breusch-Pagan test of independence: chi2(۷۸) = ۱۲۴/۹۳۶, Pr = ۰/۰۰۰۶

نتایج مربوط به پیش‌بینی حمل و نقل هوایی تا سال ۲۰۳۰

پس از تخمین مدل و به‌دست آوردن ضرایب متغیرهای در نظر گرفته شده در مدل در مرحله بعد به پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی براساس سناریوی زیر می‌پردازیم:

- نتایج پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی براساس رشد GDP گزارش شده توسط EIA

- نتایج پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی براساس رشد GDP گزارش شده توسط IEA

- نتایج پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی براساس قیمت بالا و پایین سوخت جت بر اساس گزارش IMF

جدول ۱. نتایج پیش‌بینی تقاضای ترافیک هوایی کل دنیا بر اساس چهار سناریو

Time	RTK (سناریو ۱)	RTK (سناریو۲)	RTK (سناریو ۳)	RTK (سناریو ۴)
۲۰۱۴	۴.۷۲ E+۱۱	۴.۷۵ E+۱۱	۶.۳۱ E+۱۱	۶.۲۷ E+۱۱
۲۰۱۵	۵.۲۷E+۱۱	۵.۳۷ E+۱۱	۸.۱۹ E+۱۱	۸.۰۵ E+۱۱
۲۰۱۶	۵.۹۵ E+۱۱	۶.۱۶ E+۱۱	۱.۰۲ E+۱۲	۹.۸۵ E+۱۱
۲۰۱۷	۶.۶۶ E+۱۱	۷.۰۴ E+۱۱	۱.۲۵ E+۱۲	۱.۱۸ E+۱۲
۲۰۱۸	۷.۳۷ E+۱۱	۸ E+۱۱	۱.۵۳ E+۱۲	۱.۳۹ E+۱۲
۲۰۱۹	۸.۱۱ E+۱۱	۹.۰۵ E+۱۱	۱.۸۸ E+۱۲	۱.۶۴ E+۱۲
۲۰۲۰	۸.۸۵ E+۱۱	۱.۰۲ E+۱۲	۲.۳۶ E+۱۲	۱.۹۵ E+۱۲
۲۰۲۱	۹.۶۰ E+۱۱	۱.۱۵ E+۱۲	۳.۰۲ E+۱۲	۲.۳۲ E+۱۲
۲۰۲۲	۱.۰۴ E+۱۲	۱.۳ E+۱۲	۳.۹۷ E+۱۲	۲.۷۸ E+۱۲
۲۰۲۳	۱.۱۱ E+۱۲	۱.۴۷ E+۱۲	۵.۳۷ E+۱۲	۳.۳۶ E+۱۲
۲۰۲۴	۱.۲۰ E+۱۲	۱.۶۷ E+۱۲	۷.۴۸ E+۱۲	۴.۰۹ E+۱۲
۲۰۲۵	۱.۲۹ E+۱۲	۱.۹۱ E+۱۲	۱.۰۷ E+۱۳	۵.۰۳ E+۱۲
۲۰۲۶	۱.۳۸ E+۱۲	۲.۲۱ E+۱۲	۱.۵۸ E+۱۳	۶.۱۹ E+۱۲
۲۰۲۷	۱.۴۷ E+۱۲	۲.۵۶ E+۱۲	۲.۳۷ E+۱۳	۷.۶۸ E+۱۲
۲۰۲۸	۱.۵۷ E+۱۲	۳ E+۱۲	۳.۶۴ E+۱۳	۹.۵۶ E+۱۲
۲۰۲۹	۱.۶۸ E+۱۲	۳.۵۴ E+۱۲	۵.۷۰ E+۱۳	۱.۱۹ E+۱۳
۲۰۳۰	۱.۷۹ E+۱۲	۴.۲۳ E+۱۲	۹.۰۸ E+۱۳	۱.۴۹ E+۱۳

منبع: یافته‌های تحقیق

۷- نتایج مربوط به پیش‌بینی ضریب بار

همان‌طورکه اشاره شد به منظور محاسبه پیش‌بینی ضریب بار Wlf تا سال ۲۰۳۰ فرض می‌شود که ضریب بار هر منطقه به ۷۵ درصد خواهد رسید. از اینرو، میانگین نرخ رشد سالانه ضریب بار برای زیردوره ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ محاسبه می‌گردد و در مقدار ضریب بار در سال ۲۰۱۳ ضرب می‌شود تا جایی که ضریب بار هر منطقه به سطح ۷۵ درصد برسد.

جدول ۲- پیش بینی ضریب بار

زمان	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	کل دنیا
۲۰۱۴	۰.۶۲	۰.۶۳	۰.۷۰	۰.۶۲	۰.۶۱	۰.۵۱	۰.۷۱	۰.۵۳	۰.۷۲	۰.۶۶	۰.۶۰	۰.۶۱	۰.۵۲
۲۰۱۵	۰.۶۳	۰.۶۳	۰.۷۱	۰.۶۳	۰.۶۱	۰.۵۱	۰.۷۲	۰.۵۴	۰.۷۳	۰.۶۷	۰.۶۱	۰.۶۲	۰.۵۲
۲۰۱۶	۰.۶۵	۰.۶۳	۰.۷۲	۰.۶۴	۰.۶۱	۰.۵۱	۰.۷۴	۰.۵۵	۰.۷۳	۰.۶۷	۰.۶۱	۰.۶۳	۰.۵۲
۲۰۱۷	۰.۶۶	۰.۶۳	۰.۷۳	۰.۶۴	۰.۶۱	۰.۵۰	۰.۷۵	۰.۵۶	۰.۷۴	۰.۶۸	۰.۶۲	۰.۶۵	۰.۵۱
۲۰۱۸	۰.۶۸	۰.۶۳	۰.۷۴	۰.۶۵	۰.۶۱	۰.۵۰	۰.۷۵	۰.۵۷	۰.۷۵	۰.۶۸	۰.۶۲	۰.۶۶	۰.۵۱
۲۰۱۹	۰.۶۹	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۶۶	۰.۶۱	۰.۵۰	۰.۷۵	۰.۵۸	۰.۷۶	۰.۶۹	۰.۶۲	۰.۶۷	۰.۵۱
۲۰۲۰	۰.۷۱	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۶۷	۰.۶۱	۰.۵۰	۰.۷۵	۰.۵۹	۰.۷۶	۰.۷۰	۰.۶۳	۰.۶۸	۰.۵۱
۲۰۲۱	۰.۷۲	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۶۸	۰.۶۱	۰.۵۰	۰.۷۵	۰.۶۰	۰.۷۶	۰.۷۰	۰.۶۳	۰.۶۹	۰.۵۰
۲۰۲۲	۰.۷۴	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۶۹	۰.۶۱	۰.۵۰	۰.۷۵	۰.۶۱	۰.۷۶	۰.۷۱	۰.۶۴	۰.۷۰	۰.۵۰
۲۰۲۳	۰.۷۵	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۷۰	۰.۶۱	۰.۵۰	۰.۷۵	۰.۶۲	۰.۷۶	۰.۷۱	۰.۶۴	۰.۷۱	۰.۵۰
۲۰۲۴	۰.۷۵	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۷۰	۰.۶۱	۰.۴۹	۰.۷۵	۰.۶۳	۰.۷۶	۰.۷۲	۰.۶۵	۰.۷۲	۰.۵۰
۲۰۲۵	۰.۷۵	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۷۱	۰.۶۱	۰.۴۹	۰.۷۵	۰.۶۴	۰.۷۶	۰.۷۲	۰.۶۵	۰.۷۴	۰.۴۹
۲۰۲۶	۰.۷۵	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۷۲	۰.۶۱	۰.۴۹	۰.۷۵	۰.۶۵	۰.۷۶	۰.۷۳	۰.۶۶	۰.۷۵	۰.۴۹
۲۰۲۷	۰.۷۵	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۷۳	۰.۶۱	۰.۴۹	۰.۷۵	۰.۶۷	۰.۷۶	۰.۷۴	۰.۶۶	۰.۷۵	۰.۴۹
۲۰۲۸	۰.۷۵	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۷۴	۰.۶۱	۰.۴۹	۰.۷۵	۰.۶۸	۰.۷۶	۰.۷۴	۰.۶۷	۰.۷۵	۰.۴۹
۲۰۲۹	۰.۷۵	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۶۱	۰.۴۹	۰.۷۵	۰.۶۹	۰.۷۶	۰.۷۵	۰.۶۷	۰.۷۵	۰.۴۹
۲۰۳۰	۰.۷۵	۰.۶۳	۰.۷۵	۰.۷۵	۰.۶۱	۰.۴۹	۰.۷۵	۰.۷۰	۰.۷۶	۰.۷۵	۰.۶۸	۰.۷۵	۰.۴۸

۸- نتایج برآورد کارایی سوخت جت

نتایج حاصل از تخمین معادله کارایی نشان می‌دهد کلیه ضرایب علامت مورد انتظار را دارند و معنادار می‌باشند. به دلیل وجود همبستگی بالا میان معادلات کارایی مناطق مورد بررسی، از روش تخمین SURE استفاده می‌شود به منظور مشاهده نتایج تخمین به پیوست دو مراجعه شود.

۹- نتایج حاصل از پیش‌بینی کارایی ناوگان هوایی

به منظور پیش‌بینی کارایی ناوگان هوایی لازم است سناریوهایی برای پیش‌بینی قیمت سوخت جت در نظر گرفته شود. این سناریوها به ترتیب زیر می‌باشند:

- پیش بینی کارایی ناوگان هوایی براساس قیمت پایین سوخت جت که توسط IMF گزارش شده است
- پیش‌بینی کارایی ناوگان هوایی براساس قیمت بالای سوخت جت که توسط IMF گزارش شده است
- پیش‌بینی کارایی ناوگان هوایی براساس کارایی سبز

به دلیل در دسترس نبودن پیش بینی های قیمت سوخت جت و به دلیل همبستگی شدید این قیمت‌ها با قیمت نفت‌خام و نیز در دسترس بودن گزارش پیش‌بینی‌های

قیمت نفت خام توسط EIA به دو صورت قیمت های پایین و بالا،متوسط نرخ رشد پیش‌بینی‌های قیمت نفت‌خام تا سال ۲۰۳۰ گرفته شده و سپس پیش‌بینی قیمت سوخت جت براساس ضرب این نرخ ها در قیمت واقعی سوخت جت در سال ۲۰۱۳ به‌دست می‌آید.

در طراحی سناریوی مربوط به کارایی سبز، بهبود در کارایی انرژی حائز اهمیت می‌باشد. این سناریو افزایش های آتی در کارایی هر منطقه را به صورت پایین ترین مقدار نرخ رشد کارایی انرژی در طی دوره‌های ۲۰۰۲-۱۹۸۰ و ۲۰۱۳-۲۰۰۳ و کل دوره ۲۰۱۳-۱۹۸۰ در نظر می‌گیرد.

جدول ۳- پیش بینی کارایی

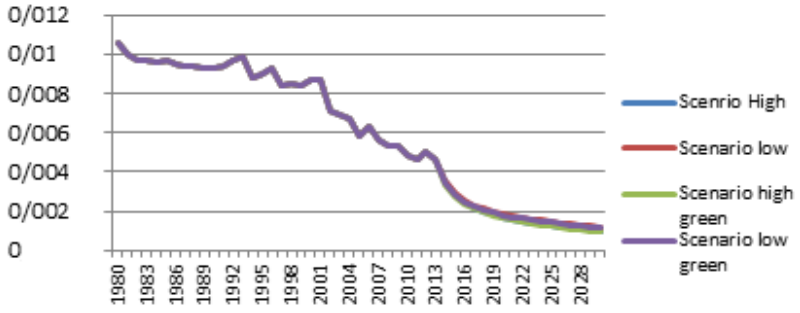
time	World(سناریو۱)	World(سناریو۲)	World(سناریو۳)	World(سناریو۴)
۲۰۱۴	۳.۴۹E-۰۳	۳.۵۳E-۰۳	۳.۳۹E-۰۳	۳.۴۲E-۰۳
۲۰۱۵	۲.۸۴E-۰۳	۲.۹۲E-۰۳	۲.۷۶E-۰۳	۲.۸۳E-۰۳
۲۰۱۶	۲.۴۴E-۰۳	۲.۵۵E-۰۳	۲.۳۷E-۰۳	۲.۴۷E-۰۳
۲۰۱۷	۲.۱۷E-۰۳	۲.۳۰E-۰۳	۲.۱۰E-۰۳	۲.۲۲E-۰۳
۲۰۱۸	۱.۹۷E-۰۳	۲.۱۱E-۰۳	۱.۹۱E-۰۳	۲.۰۵E-۰۳
۲۰۱۹	۱.۸۱E-۰۳	۱.۹۷E-۰۳	۱.۷۵E-۰۳	۱.۹۱E-۰۳
۲۰۲۰	۱.۶۸E-۰۳	۱.۸۶E-۰۳	۱.۶۳E-۰۳	۱.۸۰E-۰۳
۲۰۲۱	۱.۵۸E-۰۳	۱.۷۶E-۰۳	۱.۵۳E-۰۳	۱.۷۰E-۰۳
۲۰۲۲	۱.۴۸E-۰۳	۱.۶۷E-۰۳	۱.۴۴E-۰۳	۱.۶۲E-۰۳
۲۰۲۳	۱.۴۰E-۰۳	۱.۵۹E-۰۳	۱.۳۶E-۰۳	۱.۵۵E-۰۳
۲۰۲۴	۱.۳۲E-۰۳	۱.۵۲E-۰۳	۱.۲۸E-۰۳	۱.۴۸E-۰۳
۲۰۲۵	۱.۲۶E-۰۳	۱.۴۶E-۰۳	۱.۲۲E-۰۳	۱.۴۲E-۰۳
۲۰۲۶	۱.۱۹E-۰۳	۱.۴۰E-۰۳	۱.۱۶E-۰۳	۱.۳۶E-۰۳
۲۰۲۷	۱.۱۴E-۰۳	۱.۳۵E-۰۳	۱.۱۰E-۰۳	۱.۳۰E-۰۳
۲۰۲۸	۱.۰۸E-۰۳	۱.۲۹E-۰۳	۱.۰۵E-۰۳	۱.۲۵E-۰۳
۲۰۲۹	۱.۰۳E-۰۳	۱.۲۴E-۰۳	۹.۹۸E-۰۴	۱.۲۱E-۰۳
۲۰۳۰	۹.۸۳E-۰۴	۱.۲۰E-۰۳	۹.۵۲E-۰۴	۱.۱۶E-۰۳

۱. (سناریو اول: قیمت بالای سوخت جت مطرح شده توسط IMF)

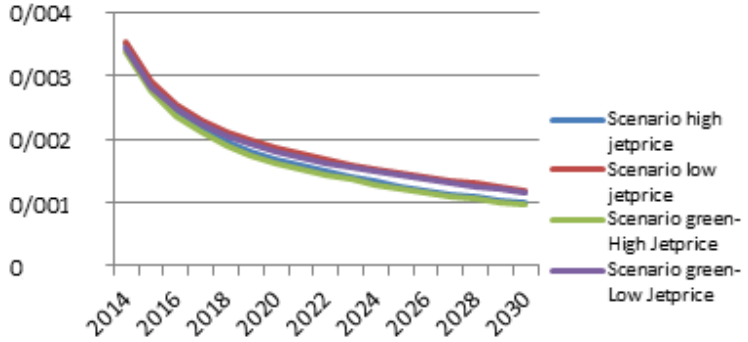
۲. (سناریو دوم: قیمت پایین سوخت جت مطرح شده توسط IMF)

۳. (سناریو سوم : قیمت بالای سوخت جت مطرح شده توسط IMF و رشد کارایی سبز

۴. (سناریوی چهارم : قیمت پایین سوخت جت مطرح شده توسط IMF و رشد کارایی سبز)



نمودار ۹- نمودار تخمین و پیش‌بینی کارایی سوخت جت کل دنیا در چهار سناریوی موجود



نمودار ۱۰- مقایسه پیش‌بینی کارایی سوخت جت کل دنیا در چهار سناریوی موجود

۱۰- نتایج پیش‌بینی تقاضای سوخت جت

همان‌طورکه در بخش روش شناسی توضیح داده شد، پس از پیش‌بینی کارایی سوخت و ATK (که از پیش‌بینی ضریب بار و ترافیک هوایی به‌دست می‌آید)، نوبت به پیش‌بینی تقاضای سوخت جت در بخش حمل و نقل هوایی می‌رسد. در این بخش ما با ۱۶ سناریو مواجه خواهیم بود که ۴ سناریوآن مربوط به کارایی سوخت، و چهار سناریوآن مربوط به ATK می‌باشد. ۸ سناریو مورد بررسی به شرح ذیل می‌باشد:

1. ATK (EIA GDP Growth-HIGH JET PRICE) و EF (IMF HIGH JET PRICE Growth)
2. ATK (EIA GDP Growth-LOW JET PRICE) و EF (IMF LOW JET PRICE Growth)
3. ATK (EIA GDP Growth-HIGH JET PRICE) و EF (IMF HIGH JET PRICE Growth-green efficiency)

4. ATK (EIA GDP Growth-LOW JET PRICE)، EF (IMF LOW JET PRICE Growth-green efficiency)
5. ATK (IEA GDP Growth--HIGH JET PRICE)، EF (IMF -HIGH JET PRICE Growth)
6. ATK (IEA GDP Growth-LOW JET PRICE)، EF (IMF LOW JET PRICE Growth)
7. ATK (IEA GDP Growth-HIGH JET PRICE)، EF (IMF HIGH JET PRICE Growth-green efficiency)
8. ATK (IEA GDP Growth- LOW JET PRICE)، EF (IMF LOW JET PRICE Growth-green efficiency)

جدول ۴- نتایج پیش بینی تقاضای سوخت جت در حمل و نقل هوایی بر حسب میلیون تن

سال	دنیا[1]۱	دنیا۲	دنیا۳	دنیا۴	دنیا۵	دنیا ۶	دنیا۷	دنیا۸
۲۰۱۴	۱.۱۹۲	۱.۱۹۳	۲.۱۸۵	۲.۱۸۶	۱.۱۹۳	۲.۱۹۴	۲.۱۸۶	۲.۱۸۷
۲۰۱۵	۷.۱۸۸	۶.۱۹۱	۳.۱۸۲	۲.۱۸۵	۲.۱۹۲	۲.۱۹۵	۸.۱۸۵	۷.۱۸۸
۲۰۱۶	۱.۱۹۱	۵.۱۹۶	۰.۱۸۵	۳.۱۹۰	۵.۱۹۷	۱.۲۰۳	۲.۱۹۱	۷.۱۹۶
۲۰۱۷	۳.۱۹۴	۵.۲۰۲	۳.۱۸۸	۳.۱۹۶	۵.۲۰۴	۲.۲۱۳	۳.۱۹۸	۸.۲۰۶
۲۰۱۸	۱.۱۹۷	۲.۲۰۸	۳.۱۹۱	۲.۲۰۲	۳.۲۱۲	۴.۲۲۴	۱.۲۰۶	۰.۲۱۸
۲۰۱۹	۹.۱۹۹	۱.۲۱۴	۲.۱۹۴	۰.۲۰۸	۶.۲۲۰	۵.۲۳۶	۴.۲۱۴	۰.۲۳۰
۲۰۲۰	۹.۲۰۲	۹.۲۱۹	۳.۱۹۷	۹.۲۱۳	۶.۲۲۹	۶.۲۴۹	۵.۲۲۳	۰.۲۴۳
۲۰۲۱	۶.۲۰۵	۶.۲۲۵	۱.۲۰۰	۶.۲۱۹	۱.۲۴۰	۶.۲۶۴	۰.۲۳۴	۹.۲۵۷
۲۰۲۲	۲۰۸	۹.۲۳۰	۶.۲۰۲	۰.۲۲۵	۹.۲۵۱	۴.۲۸۱	۷.۲۴۵	۵.۲۷۴
۲۰۲۳	۳.۲۱۰	۱.۲۳۶	۰.۲۰۵	۱.۲۳۰	۹.۲۶۴	۲.۳۰۰	۵.۲۵۸	۲.۲۹۳
۲۰۲۴	۳.۲۱۴	۹.۲۴۲	۰.۲۰۹	۰.۲۳۷	۵.۲۸۱	۸.۳۲۳	۰.۲۷۵	۵.۳۱۶
۲۰۲۵	۱.۲۱۸	۸.۲۴۹	۷.۲۱۲	۸.۲۴۳	۲.۳۰۰	۱.۳۵۱	۵.۲۹۳	۴.۳۴۳
۲۰۲۶	۷.۲۲۱	۳.۲۵۶	۴.۲۱۶	۳.۲۵۰	۳.۳۲۲	۶.۳۸۳	۳.۳۱۵	۴.۳۷۵
۲۰۲۷	۵.۲۲۵	۱.۲۶۳	۲.۲۲۰	۱.۲۵۷	۱.۳۴۷	۰.۴۲۱	۸.۳۳۹	۳.۴۱۲
۲۰۲۸	۷.۲۲۹	۵.۲۷۰	۵.۲۲۴	۵.۲۶۴	۵.۳۷۶	۴.۴۶۶	۹.۳۶۸	۲.۴۵۷
۲۰۲۹	۵.۲۳۳	۴.۲۷۷	۳.۲۲۸	۳.۲۷۱	۹.۴۱۰	۷.۵۲۰	۹.۴۰۲	۶.۵۱۰
۲۰۳۰	۳.۲۳۷	۴.۲۸۴	۲.۲۳۲	۴.۲۷۸	۱.۴۵۱	۴.۵۸۶	۵.۴۴۲	۴.۵۷۵

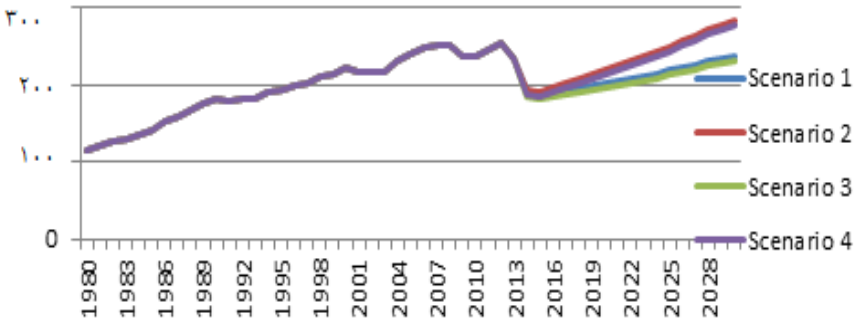
۱. منظور نتایج پیش بینی تقاضای سوخت جت دنیا بر اساس سناریوی اول است.

همان‌طورکه مشاهده می‌شود تقاضای سوخت جت جهان در سناریو اول (که در آن پیش‌بینی کارایی مبتنی بر سناریو قیمت بالای سوخت جت براساس گزارش IMF و پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی مبتنی بر سناریو رشد GDP بر اساس گزارش EIA و قیمت بالای سوخت جت می‌باشد) در کل دنیا به قرار جدول ۱۳ می‌باشد. پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تقاضای سوخت جت در کل دنیا از ۱۹۲,۱ میلیون تن در سال ۲۰۱۴ به ۲۳۷,۳ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید.

بر اساس سناریو دوم (که در آن پیش‌بینی کارایی مبتنی بر سناریو قیمت پایین سوخت جت بر اساس گزارش IMF و پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی مبتنی بر سناریو رشد GDP بر اساس گزارش EIA و قیمت پایین سوخت جت می‌باشد) پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تقاضای سوخت جت در کل دنیا از ۱۹۳,۱ میلیون تن در سال ۲۰۱۴ به ۲۸۴,۴ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید.

بر اساس سناریو سوم (پیش بینی کارایی سوخت مبتنی بر سناریو قیمت بالای سوخت جت بر اساس گزارش IMF وکارایی سبز و نیز پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی مبتنی بر سناریو رشد GDP براساس گزارش EIA و قیمت بالای سوخت جت می‌باشد) پیش بینی ها نشان می‌دهد که تقاضای سوخت جت در کل دنیا از ۱۸۵,۲ میلیون تن در سال ۲۰۱۴ به ۲۳۲,۲ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید.

بر اساس سناریو چهارم (پیش بینی کارایی سوخت مبتنی بر سناریو قیمت پایین سوخت جت بر اساس گزارش IMF وکارایی سبز و نیز پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی مبتنی بر سناریو رشد GDP بر اساس گزارش EIA و قیمت پایین سوخت جت می‌باشد) پیش بینی ها نشان می‌دهد که تقاضای سوخت جت در کل دنیا از ۱۸۶,۲ میلیون تن سال ۲۰۱۴ به ۲۷۸,۴ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید.



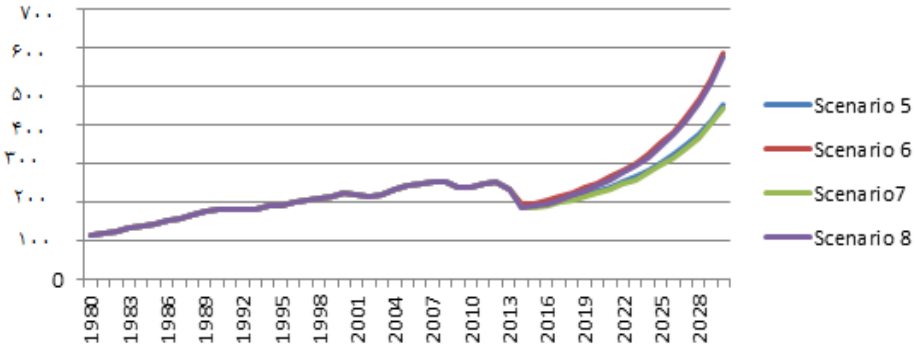
نمودار ۱۱- مقایسه پیش‌بینی تقاضای سوخت جت در حمل و نقل هوایی بر اساس سناریوهای یک تا چهار (میلیون تن)

بر اساس سناریو پنجم (پیش بینی کارایی سوخت مبتنی بر سناریو قیمت بالاسوخت جت بر اساس گزارش IMF و پیش بینی تقاضای حمل و نقل هوایی مبتنی بر سناریو رشد GDP بر اساس گزارش IEA و قیمت بالاسوخت جت می‌باشد) پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تقاضای سوخت جت در دنیا از ۱۹۳,۱میلیون تن سال ۲۰۱۴ به ۴۵۱,۱ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید.

بر اساس سناریو ششم (پیش‌بینی کارایی سوخت مبتنی بر سناریو قیمت پایین سوخت جت براساس گزارش IMF و پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی مبتنی بر سناریو رشد GDP براساس گزارش IEA و قیمت پایین سوخت جت می‌باشد) پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تقاضای سوخت جت در کل دنیا از ۱۹۴,۲میلیون تن سال ۲۰۱۴ به ۵۸۶,۴ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید.

بر اساس سناریو هفتم (پیش بینی کارایی سوخت مبتنی بر سناریو قیمت بالای سوخت جت بر اساس گزارش IMF وکارایی سبز و نیز پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی مبتنی بر سناریو رشد GDP بر اساس گزارش IEA و قیمت بالای سوخت جت می‌باشد) پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تقاضای سوخت جت در دنیا از ۱۸۶,۲میلیون تن سال ۲۰۱۴ به ۴۴۲,۵ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید.

براساس سناریو هشتم (پیش بینی کارایی سوخت مبتنی بر سناریو قیمت پایین سوخت جت بر اساس گزارش IMF وکارایی سبز و نیز پیش‌بینی تقاضای حمل و نقل هوایی مبتنی بر سناریو رشد GDP بر اساس گزارش IEA و قیمت پایین سوخت جت می‌باشد) پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تقاضای سوخت جت در کل دنیا از ۱۸۶,۲ میلیون تن سال ۲۰۱۴ به ۴۴۲,۵ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید.



نمودار۱۲- مقایسه پیش بینی تقاضای سوخت جت در حمل و نقل هوایی کل دنیا بر اساس سناریوهای پنج تا هشت (میلیون تن)

۱۱. نتیجه‌گیری

رشد سریع و شدید تقاضای در بخش حمل و نقل مسلما از عوامل رشد اقتصادی و تسهیل کننده ارتباطات بین‌المللی و داخلی می‌باشد. در نتیجه افزایش تقاضای حمل و نقل که به تبع آن افزایش در تقاضای انرژی را در پی دارد، با توجه به اهمیت مسأله کمیابی انرژی در قرن ۲۱، لزوم توجه به سیاست های کاهش مصرف انرژی را پر اهمیت‌تر می‌نماید. به همین منظور یکی از سیاست‌های کاهش مصرف که همان ادغام صنعت حمل و نقل هوایی با طرح مبادله میزان انتشار کربن اتحادیه اروپا می‌باشد در ژانویه۲۰۱۲ اجرا گردید. در نتیجه به دلیل افزایش رشد تقاضای حمل و نقل هوایی و به تبع آن افزایش تقاضای سوخت جت در دنیا، پیش‌بینی و مدل سازی تقاضا در این بخش همواره مورد توجه سیاست‌گذاران بوده و است.

از آن جا که در بین فرآورده‌های مختلف نفت‌خام، سوخت جت مورد استفاده در بخش حمل و نقل هوایی مطرح می‌باشد و مصرف این سوخت وابستگی شدید و نزدیک به تقاضای حمل و نقل هوایی دارد به همین دلیل و برای بررسی تقاضای سوخت جت ابتدا می‌بایست پیش‌بینی از تقاضای حمل و نقل هوایی انجام گیرد. به همین دلیل در این مقاله به منظور پیش‌بینی تقاضای سوخت جت ابتدا از نتایج به‌دست آمده در تقاضا و پیش‌بینی ترافیک هوایی مستخرج از پروژه" تخمین و پیش‌بینی تقاضای سوخت جت در بخش حمل و نقل هوایی در دنیا" در مؤسسه مطالعات بین‌المللی انرژی استفاده نموده و سپس کارایی انرژی در بخش حمل و نقل هوایی به وسیله مدل‌های اقتصادسنجی پیش‌بینی گردیدند.

به منظور پیش‌بینی کارایی سوخت جت در ابتدا می‌بایست متغیرهای تأثیرگذار برآن (اعم از قیمت سوخت جت، تکنولوژی) مشخص گردد. با توجه به ماهیت تعدیل کند این بخش از لحاظ بهبود در سیستم حمل و نقل هوایی اعم از بهبود در سوخت موتور، بهبود آیرودینامیکی و سایر عوامل مانند مقیاس اقتصادی هواپیماهای بزرگ یک معادله تعدیل جزئی توسط مدل اقتصادسنجی (پانل دیتای پویا) تخمین زده شد.در این مرحله نیز پیش‌بینی کارایی برای ۱۲ منطقه و کل دنیا تا ۲۰۳۰ بر اساس سه سناریو ذیل انجام گردید.

- پیش‌بینی کارایی ناوگان هوایی براساس قیمت پایین سوخت جت که توسط IMF گزارش شده است.

- پیش‌بینی کارایی ناوگان هوایی براساس قیمت بالای سوخت جت که توسط IMF گزارش شده است.

- پیش‌بینی کارایی ناوگان هوایی براساس کارایی سبز.

گام بعد تخمین و پیش‌بینی تقاضای سوخت جت بر اساس تلفیق سناریوهای کارایی و ترافیک هوایی بود که نتایج آن و مقایسه آن با سایر مراجع معتبر دنیا مانند IEA و اوپک در ذیل ارائه می‌گردد.

مقایسه نتایج به‌دست آمده از مدل با سایر مراجع معتبر دنیا :

همان طور که مشاهده می‌گردد جدول ذیل، نتایج پیش‌بینی تقاضای سوخت جت براساس برخی از سناریوهای مطرح شده را برای کل دنیا نشان میدهد.

جدول ۵- نتایج پیش‌بینی تقاضای سوخت جت بر اساس برخی از سناریوهای موجود

Jet fuel demand (mtoe/y)		
time	1	5
2014	192	193
2015	188	192
2020	203	229
2025	218	300
2030	237	451
time	2	6
2014	193	194
2015	191	195
2020	220	249
2025	250	351
2030	284	586
time	3	7
2014	185	186
2015	182	186
2020	197	223
2025	213	293
2030	232	442
	4	8
2014	186	187
2015	185	188
2020	214	243
2025	244	343
2030	278	575

پس از تخمین مدل و پیش‌بینی تقاضای سوخت جت این نتایج را با پیش‌بینی‌های حاصل از گزارشات IEA و اوپک مقایسه نمودیم. با مراجعه به گزارشات IEA و اوپک پیش‌بینی‌های مربوط به سوخت جت برای سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۲۰-۲۰۲۵-۲۰۳۰به قرار ذیل می‌باشد:

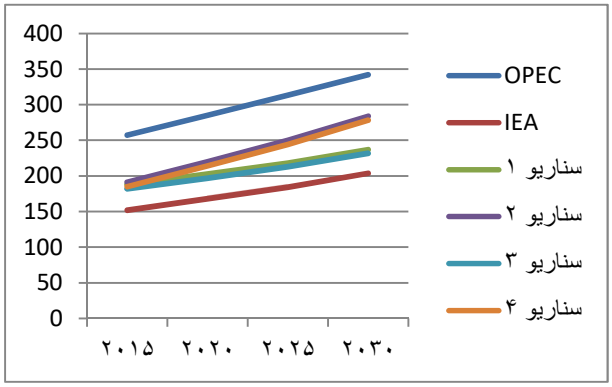
جدول ۶- مقایسه نتایج پیش‌بینی‌های IEA و اوپک

Reference Scenario:World			unit:mtoe/Y	
	2015	2020	2025	2030
OPEC	257	285	313	342
IEA	152	168	184	204

OPEC:Worl Oil Outlook2014
IEA:World Energy Outlook 2009

نمودار ذیل نتایج پیش‌بینی‌های اوپک و IEA و چهار سناریوی مطرح شده توسط مدل مقاله فوق را نشان می‌دهد.

همان‌طورکه مشاهده می‌گردد پیش‌بینی‌های تقاضای سوخت جت توسط چهار سناریوی مطرح شده بین دو مقدار تقاضای پیش‌بینی شده توسط اوپک و IEA قرار دارد. این نکته نیز با شرایط حاکم بر این دو مرجع کاملا هم خوانی دارد زیرا که همیشه اوپک در صدد پیش بینی تقاضای فراورده ها بیش از حد به منظور بالا نگه داشتن قیمت‌ها می‌باشد و IEA به‌عنوان نماینده‌ای مصرف کنندگان، در صدد نشان دادن تقاضا کمتر از حد به منظور کاهش قیمت می‌باشد.



نمودار ۱۳- مقایسه نتایج پیش‌بینی‌های اوپک و IEA و چهار سناریوی مطرح شده

فهرست منابع

Abed Seraj, Y., Ba-Fail, A.O., Jasimuddin, S.M. 2001. An econometric analysis of international air travel demand in Saudi Arabia. *Journal of Air Transport Management* 7, 143-148.

Airbus. 2007. *Flying by Nature: Global Market Forecast 2007–2026*. Report.

Airbus, France. Alderighi, M., Cento, A. 2004. European airlines conduct after september11. *Journal of Air Transport Management* 10(2), 97-107.

Alperovich, G. and Machnes, Y. 1994. The role of wealth in the demand for international air travel. *Journal of Transport Economics and Policy* 28 (2),163-173.

Anderson, T.W. and Hsiao, C. 1981. Estimation of dynamic models with error components. *Journal of the American Statistical Association*, 589-606.

Arellano, M. and Bond, S. 1991. Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and -an Application to Employment Equations. *Review of Economic Studies* 58, 277-297.

International Journal of Transport Economics 28(2), 193-204.

Becken, S. 2002. Analysing International Tourist Flows to Estimate Energy Use Associated with Air Travel. *Journal of Sustainable Tourism* 10(2), 114-131.

Bhadra, D. 2003. Demand for air travel in the United States: bottom-up econometric estimation and implications for forecasts by origin and destination pairs. *Journal of Air Transportation* 8(2), 19-56.

Bhadra, D., Kee, J. 2008. Structure and dynamics of the core US air travel markets: A basic empirical analysis of domestic passenger demand. *Journal of Air Transport Management* 14, 27-39.

Boeing. 2007. *Current Market Outlook 2007*. Report. Boeing, United States.

BTE. 1986. Demand for Australian Domestic Aviation Services Forecasts by Market Segment. *Bureau of Transport Economics* Occasional Paper 79, Austalian Government Publishing Service, Canberra, Australia

Button, K. 2008. The impacts of Globalisation on International Air Transport Activity. Past trends and future prospectives. Global Forum on Transport and Environment in a Globalising World, 10-12 November 2008, Guadalajara, Mexico.

Gately, D. 1988. Taking off: the US demand for air travel and jet fuel, *The Energy Journal* 9(2), 93-108.

Gillen, D. and Lall, A. 2003. International transmission of shocks in the airline industry. *Journal of Air Transport Management* 9(1), 37-49.

Graham, B. 1999. Airport-specific traffic forecasts: a critical perspective. *Journal of Transport Geography* 7, 285-289.

Greene, D.L. 1992. Energy-efficiency improvement of commercial aircraft. *Annual Review of Energy and the Environment* 17, 537-573.

Grosche, T., Rothlauf, F., and Heinzl, A. 2007. Gravity models for airline passenger volume estimation. *Journal of Air Transport Management* 13, 175- 183.

Guzhva, V.S., Pagiavlas, N. 2004. US Commercial airline performance after September 11, 2001: decomposing the effect of the terrorist attack from macroeconomic influences. *Journal of Air Transport Management* 10, 327 332.

ICAO. 2007. Outlook for Air Transport to the Year 2015. *International Civil Aviation Organization*, AT/134, 1-50.

IEA. 2009a. CO2 *Emissions from Fuel Combustion*. International Energy Agency, Paris.

IEA. 2009b. Transport, Energy and CO2: Moving Towards Sustainability. International Energy Agency, Paris.

IEA. 2009c. *World Energy Outlook*. International Energy Agency, Paris.

Ito, H. and Lee, D. 2005. Assessing the impact of the September 11 terrorist attacks on U.S. airline industry. *Journal of Economics and Business* 57(1), 75-95.

Jorge-Calderon, J.D. 1997. A demand model for scheduled air services on international European routes. *Journal of Air Transport Management* 3, 23-35.

Jovicic, G. and Hansen, C.O. 2003. A passenger travel demand model for Copenhagen, *Transportation Research Part* A 37 ,333-349.

Kasarda, J.D., Green, J.D. 2005. Air cargo as an economic development engine: A note on opportunities and constraints. *Journal of Air Transport Management* 11, 458-462.

Koetse, M.J. and Rietveld, P. 2009. The impact of climate change and

Lai, S.L. and Lu, W.L. 2005. Impact analysis of September 11 on air travel demand in the USA. *Journal of Air Transport Management* 11, 455-458.

Lee, J.J. 2010. Can we accelerate the improvement of energy efficiency in aircraft systems? *Energy Conversion and Management* 51, 189-196.

Lee, J.J., Lukachko, S.P., Waitz, I.A. and Schafer, A. 2001. Historical and Future Trends in Aircraft Performance, Cost, and Emissions. *Annual Review of Energy and the Environment* 26, 167-200.

Lee, J.J., Lukachko, S.P., Waitz, I.A. 2004. Aircraft and energy use. *Encyclopedia of Energy* 1, 29-38.

Lim, C. and McAleer, M. 2002. Time series forecasts of international travel demand for Australia. *Tourism Management* 23, 389-396.

Macintosh, A. and Wallace, L. 2009. International aviation emissions to 2025: Can emissions be stabilised without restricting demand? *Energy Policy* 37, 264-273.

Mason, K.J. 2005. Observations of fundamental changes in the demand for aviation services. *Journal of Air Transport Management* 11, 19-25.

Estimation and Prediction of Jet Fuel Demand in Global Air Transportation

Maryam keshavarzian
Assistant Prof IIES, maryam3110@yahoo.com
Received: 2017/01/28 Accepted: 2017/04/04

Abstract

Given the crucial role of the global air transportation sector for World growth, this paper attempts to forecast the related demand for jet fuel up to 2030 at the global level and for each of the 10 regions, taking into account forecasts of global air traffic and jet fuel efficiency. We estimate the demand based on four different scenarios, using econometric approaches and the SURE model. Our results indicate that increase in demand for jet fuel will fall somewhere between a minimum of 25% and a maximum of 47%, reaching anywhere between a low of 232.2 million tons to a high of 284.4 million tons in 2030.

JEL Classification: R41, C01

Keyword: jet fuel demand, fuel efficiency, weight-load-factor , Partial Adjustment Model, dynamic panel data