CAAF/2-WP/08
18/8/17

منظمة الطيران المدني الدولي

ورقة عمل

مؤتمر الطيران وأنواع الوقود البديلة

مدينة مكسيكو، المكسيك، من ١١ إلى ٢٠١٧/١٠/١٣

البند ١ من جدول الأعمال: آخر تطورات الأبحاث المتعلّقة بأنواع وقود الطيران البديلة وترخيصها

الأسعار التقديرية لأنواع وقود الطيران البديلة

(ورقة مقدمة من الأمانة العامة للإيكاو)

الموجز

لا تزال أسعار وقود الطيران البديل تتخطى أسعار وقود الطيران التقليدي بفارق كبير وإن كان يتضاءل بشكل مطرد. وسيتعين تقديم الحوافز ودعم السياسات في الأمدين القريب إلى المتوسط لضمان تطوير منشآت إنتاج الوقود وتفعيل دورها. وتقدم هذه الورقة معلومات عن الأسعار التقديرية لعدة أنواع من وقود الطيران البديل التي يرِد ذكرها في المؤلفات المنشورة ذات الصلة، إضافة إلى الوسائل الكفيلة بتقليص تكاليف إنتاج وقود الطيران المُستدام في المستقبل.

ويرد الإجراء المعروض على المؤتمر في الفقرة ٤.

١- المقدمة

١-١ طبقا للتوقعات التي أعربت عنها ورقة العمل رقم ١٢ (CAAF/09-WP/12) في المؤتمر الأول المعني بالطيران وأنواع الوقود البديلة (CAAF/1)، أُحرز تقدم كبير في مجالات تطوير أنواع وقود الطيران البديلة واستخدامها وإجراء الأبحاث بشأنها. ومنذ عام ٢٠٠٩، اعتمدت الجمعية الأمريكية الدولية للاختبار والمواد، وهي منظمة دولية تُعنى بوضع المعايير الدولية، خمسة أنواع من عمليات التحويل لإنتاج وقود الطيران البديل، مؤكدة بذلك سلامة هذه الأنواع من الوقود الممزوج وقابليتها للاستمرار. وعمليات التحويل التي اعتمدتها الجمعية لإنتاج أنواع وقود الطيران البديلة هي التالية: الكيروسين البرافيني الاصطناعي المهدرج بتقنية فيشر-تروبش (FT-SPK)، والكيروسين البرافيني الاصطناعي المُنتج من إسترات وحمضيات دهنية مهدرجة (HEFA-SPK)، والآيسو-برافينات الاصطناعية المُنتجة من السكريات المتخمرة المهدرجة (SIP-HFS)، والكيروسين الاصطناعي بعطريات مشتقة من ألكلة مواد عطرية خفيفة من مصادر غير نفطية (SPK/A)، والكيروسين البرافيني الاصطناعي القائم على تحويل الكحول إلى وقود للطائرات (ATJ-SPK).

١-٢ وترِد تفاصيل إضافية عن عمليات التحويل المعتمدة هذه في ورقة العمل CAAF/02-WP/07، التي تتضمن أيضا تفاصيل عن عمليات تحويل إضافية لا تزال في طور الاعتماد.

١-٣ وتُعتبر شركة ألت إير فيولز (AltAir Fuels)، التي يقع مقرها في مدينة لوس أنجلس بالولايات المتحدة الأمريكية، المنشأة التجارية الوحيدة التي تقوم بإنتاج وقود الطيران البديل على نحو منتظم. والجدير ذكره أن هذه المنشأة تنتج الوقود باستخدام عملية التحويل (HEFA-SPK). وهناك ثلاث شركات إنتاج أخرى تزود السوق بكميات تجارية من وقود الطيران البديل، وهي شركة أميريس في البرازيل، التي تنتج وقود الطيران البديل باستخدام عملية التحويل (SIP-HFS)، وشركة جيفو في الولايات المتحدة الأمريكية، التي تنتج وقود الطيران البديل باستخدام عملية التحويل (ATJ-SPK)، وشركة نيستي، التي تنتج وقود الطيران البديل باستخدام عملية

التحويل (HEFA-SPK). إضافة إلى ذلك، يجري العمل على بناء عدة منشآت إنتاج جديدة تستخدم عملية التحويل بتقنية فيشر–تروبش (FT) (منها محطات فولكرم (Fulcrum)، وردِ روك (RedRock)، وإس جي بريستون (SG Preston).

١–٤ وبالرغم من كل هذه المبادرات، لا تزال هناك تحديات عديدة تعرقل توسع قطاع وقود الطيران البديل على نحو نطاق أكبر، وهو موضوع تناولته ورقة العمل CAAF/02-WP/11. وتشمل هذه التحديات ارتفاع تكاليف إنتاج وقود الطيران البديل وبالتالي صعوبة منافسته أنواع وقود الطيران التقليدية، لا سيما في ظل تدني أسعار النفط الخام حاليا. لذا، سيتعين تقديم الحوافز ودعم السياسات في الأمدين القريب إلى المتوسط لضمان تطوير منشآت إنتاج وقود الطيران البديل وتفعيل دورها. ومع ذلك، يتوقع أن تنخفض تكاليف إنتاج وقود الطيران البديل مع ازدياد معدلات الإنتاج.

١–٥ وتستعرض هذه الورقة أسعار البيع التقديرية الدنيا لإنتاج وقود الطيران البديل، وذلك من خلال استعراض ببليوغرافي للمراجع التي تقدم مثل هذه القيم، لإذكاء وعي المشاركين في المؤتمر بشأن التكاليف النسبية المتصلة بإنتاج وقود الطيران البديل حالياً.

٢– أسعار البيع التقديرية الدنيا لأنواع وقود الطيران المستدامة

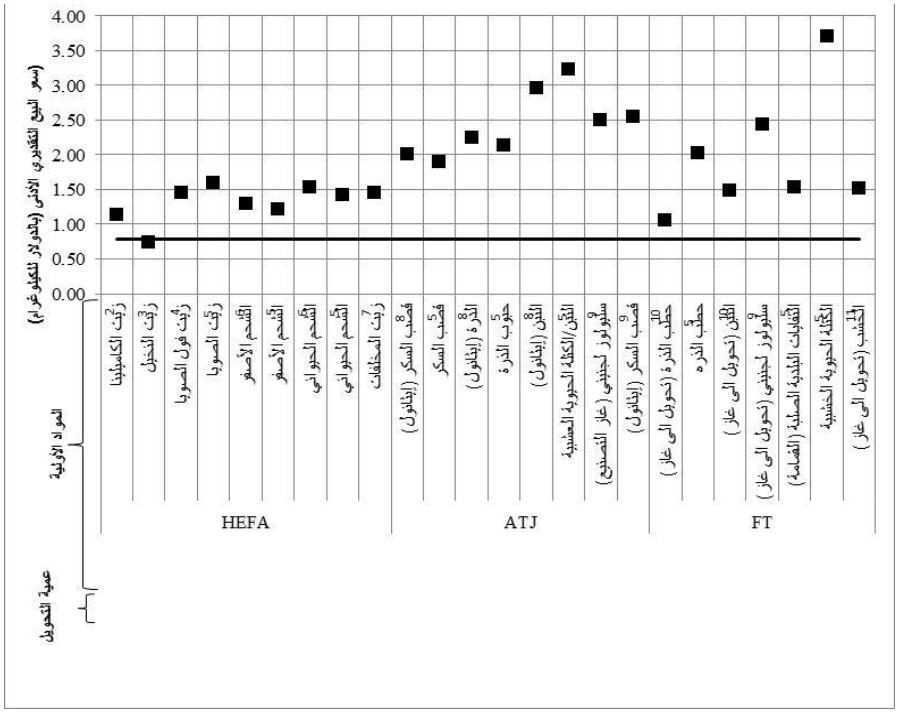
٢–١ تتناول المؤلفات ذات الصلة العديد من التحليلات الاقتصادية الفنية التي تقدّر أسعار البيع التقديرية الدنيا لمختلف أنواع وقود الطيران البديلة، ولكن يظل هناك قدر كبير من عدم التيقن العلمي فيما يخص إمكانية تطبيق هذه الدراسات بما أن نتائجها تتفاوت بشدة بل قد تبلغ حد التضارب فيما بينها. وترتبط التحديات المحددة التي تنطوي عليها تلك التحليلات بمسألتي شمول البيانات وقابليتها للمقارنة، حيث لا تُطبق افتراضات الاستعداد المالي والتكنولوجي بشكل متسق في النطاق الواسع من الدراسات التي تتناولها تلك المؤلفات.

٢–٢ وترتبط أوجه عدم التيقن بالأثر الكبير للمردود على الاقتصاديات والاستدامة، وعامل حماية الملكية الفكرية الذي يعرقل فهم العمليات الموسعة، فضلا عن استيعاب التكنولوجيات الأكثر تطوراً. فعلى سبيل المثال، اتبعت بعض الدراسات أسلوبي التدرج وعدم المخاطرة، معتمدةً نهج المنشأة "التالية" (n-th plan) الذي يعني أن التحليل لا يصف المنشأة الرائدة بل عدة منشآت تستخدم نفس التكنولوجيا المستخدمة أصلا. وعليه، يعكس هذا النهج استخدام تكنولوجيا ناضجة، غير أنه يستبعد تقييم الاقتصاديات القصيرة الأجل والسباقة إلى تجربة التكنولوجيات الرائدة، رغم ما لهذه الاقتصاديات من أهمية في تحديد المخاطر والتحديات التي ينطوي عليها التوسع في تطبيق تكنولوجيا ما. وتنبثق معظم التقديرات المتوفرة لتكاليف المنشآت الرائدة من تأثيرات الإيرادات التي كان يجنيها تاريخيا قطاع الصناعات الكيميائية، وهي تأثيرات ليس من الواضح مدى انطباقها على حالة أنواع وقود الطيران البديلة تحديداً. وبالتالي، هناك حاجة إلى استخدام منهجية متسقة لإعداد التحليلات الاقتصادية الفنية، ولإعداد تحليلات اقتصادية فنية ملائمة للمنشآت الرائدة، ولتقديم التوجيه والدعم اللازمين لإعداد تلك التحليلات.

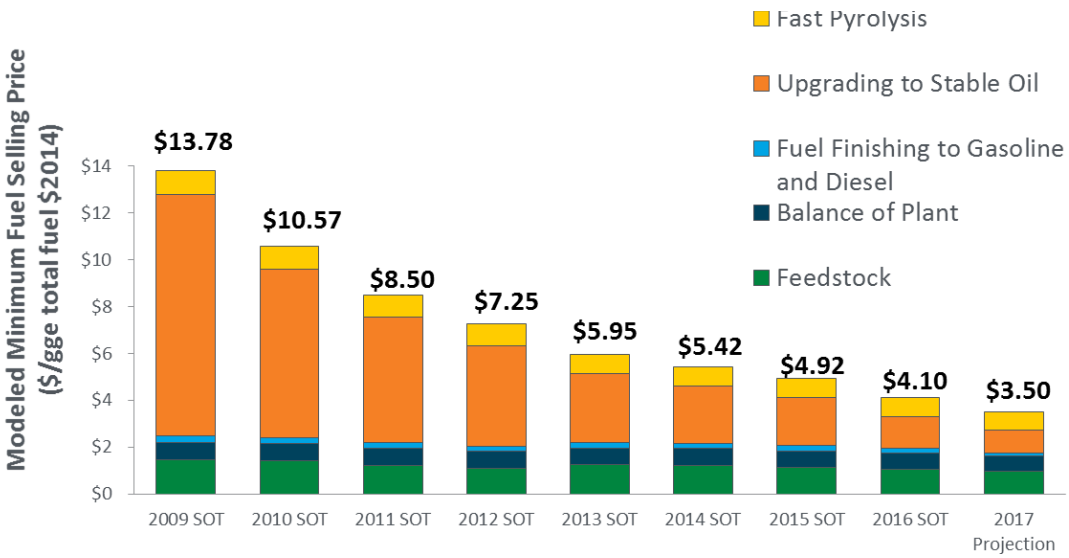
٢–٣ ومع ذلك، فإن التحليلات الاقتصادية الفنية تقدم مؤشرا لأسعار البيع المُتوقعة لأنواع وقود الطيران البديلة. ويبيّن الشكل ١ أسعار البيع التقديرية الدنيا التي تم التوصل إليها بواسطة مجموعة مختارة من التحليلات الاقتصادية الفنية لعدة مسارات متعلقة بإنتاج وقود الطيران البديل (على شكل مربعات)، كما يقارنها بمتوسط سعر وقود طيران تقليدي عادي على مدى ثلاث سنوات (على شكل خط مستقيم). وتظهر هنا أيضاً القيمة المتوسطة بالنسبة للدراسات التي تقدم مجموعة من أسعار البيع التقديرية الدنيا لمسار واحد. ولتقدير سعر وقود الطيران البديل، اختير السعر الفوري لوقود الطائرات من نوع الكيروسين لساحل الخليج الأمريكي وتمت مقارنة متوسط هذا السعر في الفترة الممتدة من عام ٢٠١٣ إلى عام ٢٠١٥، حيث كانت نتيجة المقارنة نحو ٠,٧٨ دولار أمريكي للكيلوغرام الواحد[١].

٢–٤ وفي الفترة التي شهدت انعقاد المؤتمر الأول المعني بالطيران وأنواع الوقود البديلة في ٢٠٠٩، كانت تقديرات أسعار إنتاج وقود الطيران البديل تفوق تكاليف إنتاج وقود الطيران التقليدي بضعفين إلى خمسة أضعاف في بعض الحالات (CAAF/09-WP/12). وتظهر التحليلات الاقتصادية الفنية الأخيرة المبينة في الشكل ١ أن بعض المسارات بدأت الآن تتساوى كفتها مع أسعار وقود الطيران التقليدي. وبالرغم من هذا الاتجاه المتمثل في تراجع تكاليف الإنتاج، سيظل عدم اليقين ملازماً لتكاليف إنتاج أنواع وقود الطيران البديلة إلى حين توافر كميات أكبر منها. لذلك، قد يساعد دعم الأسعار أو تقديم الحوافز على تشجيع الإنتاج في المرحلة الأولى وتجاوز المخاطر الناجمة عن الانتقال من مستوى الإنتاج التجريبي إلى مستوى الإنتاج التجاري. ويتوقع أن تتقلص التكاليف مع ظهور المزيد من منشآت الإنتاج التجاري. وسينتج عن ذلك ظهور مصادر جديدة وأكثر تنافسية من المواد الأولية وزيادة عوائد الإنتاج، فضلا عن تحسن قيمة المنتجات الفرعية في ظل فتح أسواق جديدة.

٢-٥ وتُعتبر الجهود الحثيثة في مجال البحث والتطوير من أهم عوامل تحسن أداء التحليل الاقتصادي الفني بمرور الوقت. وكما يظهر في الشكل ٢، نجحت وزارة الطاقة الأمريكية على مدى تسع سنوات من أنشطة البحث والتطوير في تحسين مستوى التطور التكنولوجي لأحد مسارات إنتاج الوقود الحيوي، ألا وهو مسار التحلل الحراري السريع، حيث انخفضت التكاليف المتوقعة للإنتاج الكامل للوقود باستخدام المسار المذكور بنسبة ٧٥ في المائة[١٢]. ومن المتوقع أن تتطبق اتجاهات التراجع العامة في التكاليف على سائر مسارات إنتاج وقود الطيران البديل الواردة في ورقة العمل CAAF/2-WP/7، وإن تفاوتت التفاصيل.



الشكل ١: أسعار البيع التقديرية الدنيا لعدة مسارات من وقود الطيران البديل (على شكل مربعات)، بالمقارنة مع متوسط أسعار وقود الطائرات من نوع الكيروسين لساحل الخليج الأمريكي على مدى ثلاث سنوات (على شكل خط مستقيم)[١].



الشكل ٢: عرض أسعار البيع التقديرية الدنيا، في إطار التوزيع التجاري، لمسار التحلل الحراري السريع باستخدام المستوى الحالي للتكنولوجيا في كل سنة من ٢٠٠٩ إلى ٢٠١٧[١٣].

٢-٦ وبالرغم من أوجه عدم اليقين التي تشوب التحليلات الاقتصادية الفنية، فإن الفهم السائد هو أن العوامل الأساسية التي تتحكم في تكاليف إنتاج أنواع وقود الطيران البديلة هي التالية: أسعار وتكوين المواد الأولية، والتكاليف الرئيسية لأي عملية من العمليات المقترحة، والمردود الإجمالي لعملية التحويل، وجودة ومكونات وقود الطيران البديل المُنتج، والتكاليف التشغيلية، والمتطلبات المالية واللوجستية، والموارد الأولية، وتكاليف الإنتاج الحالية لمسارات وقود الطيران البديل[١٣]. ويمكن خفض هذه التكاليف بصورة مباشرة أو غير مباشرة عبر المبادرات التالية المرتبطة بالتكنولوجيا:

أ) استخدام المنشآت غير المستهلكة، أي المنشآت القائمة التي لم تُستخدم أو استخدمت قليلا، مثل مصافي النفط القديمة أو المنشآت القائمة لإنتاج الوقود البديل؛

ب) بناء المنشآت الجديدة بالقرب من الهياكل الأساسية القائمة، بما يشمل مثلا بناء محطات إنتاج وقود الطيران البديل قرب محطات إنتاج وقود الطيران التقليدي للاستفادة من مرافق إنتاج ومزج الهيدروجين؛

ج) استكشاف موارد المواد الأولية وتحديدها بصورة شاملة، وذلك بهدف زيادة كمياتها المتوفرة لإنتاج وقود الطيران المُستدام؛

د) تحسين عمليات استرداد واستخراج الوقود المتجدد؛

هـ) استحداث منتجات فرعية ذات قيمة أعلى؛

و) تحسين كفاءة العمليات التي تحول المواد الأولية والمواد الوسيطة إلى وقود طيران مستدام؛

ز) ابتكار أساليب تكنولوجية متقدمة لإنتاج أنواع وقود الطيران المُستدامة؛

ح) خفض مسافة وعدد روابط النقل؛

ط) مواصلة إجراء دراسات عن الأداء واختبارات أنواع الوقود واختبارات الطيران.

٣- الخلاصة

٣-١ من أجل التوسع في الإنتاج التجاري لأنواع وقود الطيران المستدامة، ينبغي البحث عن سبل لمعادلة أسعارها بأسعار أنواع وقود الطيران التقليدية، حيث يشكل سعر الوقود التكلفة التشغيلية الأساسية لمشغلي شركات الطيران التجارية. غير أن الأسعار الحالية المنخفضة للنفط الخام تجعل من الصعب على وقود الطيران المستدام أن ينافس وقود الطيران التقليدي، ولذلك، يبدو من الضروري إيجاد آليات مالية لتحقيق هدف تكافؤ الأسعار لأنواع وقود الطيران المستدامة لأنها تحد من المخاطر المترتبة على تقلب أسعار النفط الخام. وسيرد ذكر الآليات المالية لتطوير مشاريع إنتاج وقود الطيران المستدام في ورقة العمل CAAF/2-WP/10.

٣-٢ ومن أجل الإسراع في تحقيق هدف معادلة الأسعار لأنواع وقود الطيران المستدامة، يتعين إجراء تحليلات لتقييم الخيارات المختلفة فيما يتعلق بالسياسات الرامية إلى تحفيز إنتاج وقود الطيران المستدام. ويمكن أن تختلف تكاليف وفعالية كل خيار من الخيارات المتعلقة بالسياسات بصورة كبيرة، لذا يبقى من المهم تحديد أي الخيارات كفيل بتحفيز إنتاج وقود الطيران المستدام وأكثرها فعالية من حيث التكاليف بالنسبة للدول. ويمكن أن تشكل مجموعة المقاييس النوعية الواردة في ورقة العمل CAAF/2-WP/11 أساسا لتقييم مدى جدوى وفعالية السياسات ذات الصلة وأيسرها تطبيقاً من الناحية العملية بحسب سياقات وظروف الدول.

٤- الإجراء المعروض على المؤتمر الثاني للطيران وأنواع الوقود البديلة

٤-١ يُدعي المؤتمر الثاني للطيران وأنواع الوقود البديلة إلى القيام بما يلي:

أ) الإقرار بانخفاض تكاليف إنتاج وقود الطيران البديل منذ انعقاد المؤتمر الأول المعني بالطيران وأنواع الوقود البديلة في عام ٢٠٠٩؛

ب) الاتفاق على الحاجة إلى مواصلة السعي لتحقيق تكافؤ الأسعار بين وقود الطيران المستدام ووقود الطيران التقليدي؛

ج) توصية الدول بتعزيز المبادرات التعاونية فيما بينها ومع القطاع من أجل دعم الجهود العالمية الرامية إلى خفض أسعار وقود الطيران المستدام، بما في ذلك المبادرات المتعلقة بالتكنولوجيا والمذكورة في الفقرة ٢-٦؛

د) الاتفاق على الحاجة إلى وضع آليات وسياسات مالية تحفظ القدرة التنافسية لوقود الطيران المستدام، لا سيما أثناء فترات انخفاض أسعار النفط.

— انتهى —

المراجع

(بالإنجليزية فقط)

1. U.S. gulf coast kerosene-type jet fuel spot price FOB, available at https://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=eer_epjk_pf4_rgc_dpg&f=a
2. Natelson, R.H. et al., Technoeconomic analysis of jet fuel production from hydrolysis, decarboxylation, and reforming of camelina oil, *Biomass and Bioenergy*, 75:23-34 (2015).
3. Hilbers, T.J., et al., Green Diesel from Hydrotreated Vegetable Oil Process Design Study, *Chemical Engineering & Technology*, 38(4): 651-657 (2015).
4. Pearlson, M. et al., A techno-economic review of hydroprocessed renewable esters and fatty acids for jet fuel production, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 7(1): 89-96 (2013).
5. Bann, S.J. et al., The costs of production of alternative jet fuel : A harmonized stochastic assessment, *Biosource Technology,* 227:179-187 (2017).
6. Seber G. et al., Environmental and economic assessment of producing hydroprocessed jet and diesel fuel from waste oils and tallow*, Biomass and Bioenergy*, 67: 108-118 (2014).
7. de Jong, S. et al., The feasibility of short-term production strategies for renewable jet fuels – a comprehensive techno-economic comparison, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 9(6):778-800 (2015).
8. Staples, M.D. et al., Lifecycle greenhouse gas footprint and minimum selling price of renewable diesel and jet fuel from fermentation and advanced fermentation production technologies, ***Energy & Environmental Science***, **7**: 1545-1554 (2014).
9. Diederichs, G.W. et al., Techno-economic comparison of biojet fuel production from lignocellulose, vegetable oil and sugar cane juice, *Bioresource Technology*, 216: 331-339 (2016).
10. Agusdinata, D.B. et al., Life Cycle Assessment of Potential Biojet Fuel Production in the United States, *Environmental Science & Technology, 45*(21): 9133-9143 (2011).
11. Zhu, Y. et al., Techno-economic Analysis for the Thermochemical Conversion of Biomass to Liquid Fuels, 2011, Prepared for the U.S. Department of Energy under Contract DE-AC05-76RL01830, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, Washington, USA.
12. https://energy.gov/sites/prod/files/2016/07/f33/mypp_march2016.pdf
13. Public workshop sponsored by EERE's Bioenergy Technologies Office in Macon, G. f.–1. (2016). *Alternative Aviation Fuels: Overview of Challenges, Opportunities, and Next Steps.* Macon, Georgia, USA: U.S. Department of Energy Energy Efficiency and Renewable Energy.