CAAF/09-WP/12
5/10/09

منظمة الطيران المدني الدولي

ورقة عمل

المؤتمر المعني بالطيران وأنواع الوقود البديلة

ريو دي جانيرو، من ١٦ إلى ٢٠٠٩/١١/١٨

البند ٢ من جدول الأعمال: الجدوى التكنولوجية والمعقولية الاقتصادية

أنواع مستدامة من الوقود البديل للطائرات النفاثة وتكاليفها

(ورقة مقدمة من الأمانة العامة)

الموجز التنفيذي

لا يوجد حالياً إنتاج تجاري لأنواع مستدامة من الوقود البديل للطائرات النفاثة. لكن هذا الوضع من المتوقع أن يتغير في المستقبل القريب. فالتخطيط جارٍ لإنتاج أنواع جديدة من الوقود تسبّب انبعاثات ذات دورة حياة قصيرة. وعندما تصبح أنواع الوقود هذه متوافرة في الأسواق، فإن تكاليفها ستكون مرتفعة وقد تتطلّب دعماً أو حوافز إنتاج لتصبح قادرة على البقاء من الناحية الاقتصادية. ومع اكتساب الصناعة خبرة أكبر، ستتناقص تكاليف إنتاج هذه الأنواع من الوقود، وستتقلّص انبعاثاتها من غازات الدفيئة. وعلى الأجل البعيد، فقد تتمكّن الصناعة من تصميم طائرات ومحركات جديدة للاستفادة من أنواع الوقود غير التقليدي للطائرات والتي تسبّب انبعاثات من غاز ثاني أوكسيد الكربون ذات دورة حياة قصيرة جداً.

ربما تكون الأنواع الجديدة المستدامة من وقود الطائرات البديل أكثر ملاءمة للإنتاج على الصعيدين الإقليمي والمحلي في مختلف بلدان العالم على ضوء تنوع المواد الأولية التي يمكن استخدامها. وما أن يجري تحويلها إلى وقود، تصبح المواد الأولية المستخدمة غير ذات أهمية بالنسبة إلى الطائرة. ولمعظم المواد الأولية التي جرت دراستها حتى الآن لإنتاج أنواع الوقود البديل، منتجات فرعية قد تكون مهمة على الصعيد المحلي. وقد تتمكّن المجتمعات المحلية من تطوير أعمال جديدة أو مصادر دخل أخرى من إنتاج أنواع الوقود البديل. ولتحقيق هذه الأهداف، سيكون من الضروري إجراء استثمارات كبيرة في المناطق التي ترغب الدول في جعلها منتجة لأنواع جديدة مستدامة من الوقود البديل للطائرات.

والمؤتمر مدعو إلى اعتماد الاستنتاجات الواردة في الفقرة ٧ والتوصيات الواردة في الفقرة ٨.

١- المقدّمة

١-١ تعتبر الأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات إستراتيجية تخفيف مهمة لصناعة الطيران. لكن هذه الأنواع غير موجودة بشكل تجاري اليوم. وقبل وصولها إلى الأسواق، لا بد من حصول عدد من التطورات. فمع اكتساب الخبرة في إنتاج واستخدام هذه الأنواع من الوقود، ستتناقص تكاليفها وسيرتفع حجم إنتاجها، الأمر الذي سيمكّن أنواع الوقود هذه من أن تصبح جزءاً مهماً من الإنتاج العالمي لوقود الطائرات.

٢-١ بما أنه لا يوجد مصدر وحيد أو قدرة إنتاج وحيدة ضرورية لإنتاج هذه الأنواع من الوقود، يمكن إنتاج أنواع مستدامة من الوقود البديل للطائرات في مختلف بلدان العالم، الأمر الذي يؤمّن فرصاً قيّمة للأعمال في البلدان النامية.

٢- الأجل القريب (حتى سنة ٢٠١٢)

٢-١ للأجل القريب، يمكن أن تكون الأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات متوافرة بكميات محدودة، وأن تكون دورة حياة بصمة غاز ثاني أكسيد الكربون الخاصة بها، موازية أو أقلّ من تلك الخاصة بالوقود التقليدي للطائرات النفاثة. وسيكون من الضروري مزج هذه الأنواع من الوقود البديل مع الوقود التقليدي للطائرات النفاثة ضمن حدود قصوى لا تتخطى ٥٠ ٪ لإنتاج وقود سهل الإحلال. ويمكن إبدال الوقود التقليدي للطائرات النفاثة بشكل كامل بأنواع الوقود السهل الإحلال ، وبالتالي، ما أن يجري مزج أنواع الوقود، لا يعود المزيج بحاجة إلى أيّ تعديل لنظم معالجة الوقود وتوزيعه، بما فيها أجهزة القياس، والعدادات، ومركبات نقل الوقود، والحنفيات، فضلاً عن محركات الطائرات.

٢-٢ مع المباشرة بإدخال الأنواع المستدامة من الوقود البديل إلى الأسواق، ستكون التخفيضات في انبعاثات غازات الدفيئة محدودة للأجل القريب. وعلى سبيل المثال، إذا افترضنا أن دورة حياة بصمة غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن الأنواع المستدامة من الوقود البديل ستؤمن وفراً بنسبة ٢٠ في المائة بالمقارنة مع وقود الطائرات النفاثة التقليدي، وأن مزيج الوقود بنسبة ٥٠ في المائة يمثّل حوالي ١٠ في المائة من مجموع سوق وقود الطائرات النفاثة، فإن التخفيض في انبعاثات غازات الدفيئة سيكون حوالي ١ في المائة بالمقارنة مع الانبعاثات المرتقبة من دون استخدام أنواع الوقود الجديد. لكن التخفيضات في الجزيئات وأكسيدات الكبريت ستكون أكثر أهمية. فتحقيق جودة الهواء جراء استخدام هذه الأنواع من الوقود، سيكون منفصلاً عن الاعتبارات المتعلقة بدورة حياة الإنتاج.

٣- الأجل المتوسط (٢٠١٣-٢٠٢٠)

٣-١ في الأجل المتوسط، يمكن أن تتوافر الأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات في الأسواق بكميات أكبر بكثير. ويتوقّع أن تؤدّي النشاطات الكبيرة الجارية حالياً في مجال الأبحاث والتطوير إلى إقامة العديد من منشآت الإنتاج على نطاق تجاري. وتسعى المبادرة التجارية لأنواع الوقود البديل للطيران (CAAFI) حالياً، إلى ضمان بناء ١٠ منشآت لإنتاج أنواع الوقود البديل للطائرات النفاثة وتشغيلها خلال خمس سنوات[١]. كذلك، ستجري المصادقة على استخدام هذه الأنواع الجديدة من الوقود لاستخدامها على نطاق أوسع في عمليات المزج، وربما تسفر عن إيجاد أنواع وقود بديل بنسبة ١٠٠ في المائة، وبالتالي الانتقال من مزيج الوقود البديل السهل الإحلال إلى أنواع وقود نظيف سهل الإحلال، وفقاً لخارطة طريق الصناعة. وخلال هذا الوقت، ربما تتعادل أسعار أنواع الوقود هذه، لاسيما في حال احتساب قيمة منافع تخفيض الكربون.

٣-٢ مع قيام صناعة الطيران بزيادة استخدامها للأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات، سيجري بذل الجهود لتقليص تأثيرات دورة حياة الوقود. وهذه التأثيرات قد تشمل:

أ) استكشاف موارد المواد الأولية وتحديدها بدقة.
ب) تعزيز جودة المصدر.
ج) تحسين استرجاع النفط واستخراجه.
د) إيجاد أسواق للمنتجات الفرعية.
ه) إيجاد منتجات فرعية ذات قيمة أعلى.

---

[١] ريتشارد ألتمان، ٢٠٠٩. "الخطوة البارزة في تحديد مواصفات الوقود الصناعي للطائرات النفاثة، تخلق فرصاً للمطارات"، مجلة (International Airport Review)، العدد الرابع، ص. ٦٢-٦٤.

و) تحسين كفاءة تحويل الوقود البيولوجي الخام إلى وقود للطائرات النفاثة.
ز) تقليص مسافات النقل وطرقه.
ح) مواصلة إجراء دراسات للأداء، واختبار أنواع الوقود، واختبارات الطيران.
ط) تعزيز كفاءة الآليات المالية القائمة وتطوير آليات جديدة ضرورية لفتح موارد جديدة.
ي) التغلّب على العقبات التقنية التي تحول دون استخدام أنواع مستدامة من الوقود البديل للطائرات بنسبة ١٠٠ في المائة.
ك) تعديل أساطيل الطيران ونظم النقل حسب الحاجة لاستخدام أنواع مستدامة من الوقود البديل للطائرات بنسبة ١٠٠ في المائة.

ستؤدّي هذه الجهود إلى تقليص تكاليف الإنتاج، بشكل مباشر وكنتيجة لتحسين قيمة المنتجات الفرعية في آن معاً، وتحسين دورة حياة بصمة الوقود، وتقليص التكاليف الإجمالية لنقل الوقود بسبب توحيد المعايير.

٤- الأجل الطويل (ما بعد سنة ٢٠٢٠)

٤-١ للأجل الطويل، قد تقوم صناعة الطيران باستكشاف أنواع وقود أكثر جذرية وتتطلّب إعادة تصميم للمحركات وهياكل الطائرات. وربما يجري استخدام أنواع وقود مثل الهيدروجين السائل وغاز الميثان السائل لتقليص انبعاثات غازات الدفيئة بشكل كبير[٢]. وسيتطلّب التعامل مع هذه السوائل ذات الحرارة المنخفضة على متن الطائرات، أجهزة تبادل حرارية لتسخين الوقود وتبخيره قبل استخدامه على متنها[٣]، وإعادة تصميم أو استبدال الهيكل الأساسي لواردات الوقود. وفي حين قد تكون هناك حاجة إلى تصاميم جديدة للطائرات ومسارات إنتاج جديدة للوقود، إلا أن هذه النُهج الجديدة قد تؤدّي إلى جعل الرحلات الجوية أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة وغير مؤذية للبيئة.

٥- التكاليف

٥-١ تصل تقديرات التكاليف للأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات اليوم، إلى ٢-٥ أضعاف تكلفة الوقود التقليدي للطائرات النفاثة[٤]، بل تكون أعلى من ذلك في بعض الحالات. لكن هذه القيم تبقى مجرد تقديرات طالما أن أنواع الوقود ليست متوافرة في الأسواق. وهذه التقديرات لا تتضمّن أيّ قيمة لأرصدة الكربون. وإلى حين توافر كميات أكبر منها، ستظلّ تكاليف الأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات غير محدّدة إلى حدّ بعيد. وبالنتيجة، ستتطلّب هذه الأنواع من الوقود دعماً أو حوافز، على الأقلّ في البداية، لتشجيع إنتاجها نظراً إلى المخاطر المرتبطة بالانتقال من الصعيد التجريبي إلى الصعيد التجاري.

٥-٢ قد يسمح تطوير عمليات جديدة لإنتاج أنواع مستدامة من الوقود البديل للطائرات، بتقليص التكاليف بسرعة وتمكين هذه الأنواع من منافسة الوقود التقليدي للطائرات النفاثة في الأجل المتوسط. ومع الوقت، ومع تسويق إنتاج الوقود الجديد، ومع تحسّن عمليات الإنتاج، يتوقّع انخفاض تكاليفه. وسيؤدّي إنشاء مصانع أكبر لإنتاجه، إلى قيام اقتصادات على

---

[٢] د. ل. داغيت، ر. س. هندريكس، ر. والتر، إ. كوربوران، "أنواع وقود بديلة يمكن استخدامها للطائرات التجارية"، شركة بوينغ، منشورات "المعهد الأمريكي للملاحة الجوية والفضائية"، (ISABE-2007-1196) . ٢٠٠٧.

[٣] ر. والتر وآخرون، "محركات طائرات لأنواع وقود بديل"، في "الهيدروجين وغيره من أنواع الوقود البديل للنقل الجوي والبري"، المفوضية الأوروبية، بروكسيل، منشورات (John Wiley & Sons)، ١٩٩٥.

[٤] ب. كالديكوت، س. توز، "التفكير في سماوات خضراء: ترويج تطوير أنواع مستدامة من الوقود البيولوجي للطائرات النفاثة، وتسويقها"، (Policy Exchange)، ملاحظة بحث، تموز/يوليو ٢٠٠٩، (ملاحظات: "... تصل أفضل التقديرات لتكاليف الإنتاج الحالية إلى ١٠٠-١٣٠ دولاراً أمريكياً للبرميل الواحد ...". وتقوم شركة (Solix) لبدء إنتاج الوقود البيولوجي بإنتاج الوقود حالياً من الطحالب بتكلفة تبلغ ٣٢,٨١ دولاراً أمريكياً للغالون الواحد. لكنها تتوقع انخفاض هذه التكاليف مع تحسّن تصاميم دمج الإنتاج. أنظر أيضاً الرسم ١٥ في ورقة المعلومات (IP/1) "موجز الأبحاث والاحتمالات المعروضة في ورشة عمل الإيكاو بشأن الطيران وأنواع الوقود البديل".

نطاق كبير، وسيصبح ممكناً تقليص التكاليف الرأسمالية من خلال تطبيق تقنيات إنتاج متقدّمة، في حين سيؤدّي صقل هذه العمليات، وتحسين نظم المراقبة، وتزايد الخبرة، إلى تقليص تكاليف التشغيل والصيانة. وسيجري أيضاً تقصير طرق النقل، وربما ترتفع القيمة الإجمالية للمنتجات. ووفقاً لتوقعات الوكالة الدولية للطاقة (IEA)، فإن تكاليف إنشاء مصانع لإنتاج الجيل الثاني من الوقود البيولوجي ستنخفض بمعدل ٢,٥٪ سنوياً خلال الفترة ما بين سنتي ٢٠١٠ و٢٠٣٠، أو ستتقلّص بحوالي ٤٠٪[٥]. وبما أنه لا يجري اليوم إنتاج أنواع مستدامة من الوقود البديل للطائرات، لا يمكن وضع أو تأكيد أيّ منحنى محدّد لانخفاض تكاليف هذه الأنواع من الوقود. لكن توجد مشاريع عديدة بلغت مراحل مختلفة من التطوير، ويعتقد المستثمرون فيها أن بإمكانهم بلوغ مرحلة تساوي سعر الوقود البديل مع سعر الوقود التقليدي بسرعة، مع أنه لم يجر إعلان خططهم وتوقعاتهم المالية حتى الآن.

٥-٣ في ظلّ عملية التقييم الجارية حالياً للمواد الأولية، فإن قسماً أساسياً من هذه الكتلة سينتهي كمنتجات فرعية لإنتاج الوقود. وسيكون من المهم بالنسبة لاقتصادات مجمل العملية، إيجاد أسواق للمنتجات الفرعية (أو المنتجات الملازمة). وتوجد اليوم أسواق ذات قيمة مرتفعة لأنواع مختارة من الزيوت البيولوجية مثل "الإضافات الغذائية" (Nutraceuticals)، والتي تستخدم كمواد تغذية ومواد أولية للإنتاج الصيدلاني. وتمثّل هذه المواد جزءاً صغيراً من مجموع الزيت المنتج، وقد تكون لإنتاج الوقود على نطاق واسع، تأثيرات مهمة على قيمة هذه المواد في السوق. ويمكن استخدام منتجات فرعية أخرى، مثل الطحين، للعلف الحيواني، وتصنيع الوقود الصلب أو منتجات أخرى مشابهة ذات قيمة متدنية. لكن جميع هذه المواد ستدخل ضمن الاعتبارات المهمة في اقتصادات العملية بمجملها.

٦- مدى توافرها على الصعيد الإقليمي

٦-١ يمكن إنتاج أنواع مستدامة من الوقود البديل للطائرات من مجموعة واسعة من المواد الأولية. وتجري حالياً عملية تقييم لنباتات تنتج زيوتاً مثل الكاملينا (Camelina)، والبان (Moringa)، والباباكو (Babacu)، والماكوبا (Macauba)، والجاتروفا (Jatropha)، والنباتات الملحية (Halophytes)، والطحالب، من أجل إنتاج الوقود. ويمكن زراعة هذه النباتات وغيرها في العديد من بلدان العالم. ومن المحتمل أيضاً إمكان زراعة العديد من المواد الأولية في ظروف مثلى في بلدان مختلفة، الأمر الذي يشير إلى وجود مناطق عديدة في العالم مرشحة لتكون مواقع إنتاج. وما أن يجري تكريرها لتصبح وقوداً، لا تعود المواد الأولية ذات أهمية بالنسبة إلى الطائرة. فضلاً عن ذلك، فإن نقل هذه المواد الأولية لمسافات طويلة، ليس مجدياً من الناحية الاقتصادية بسبب قلة كثافة الطاقة فيها، لاسيما بالمقارنة مع النفط الخام. لذلك قد يكون من الأنسب إنتاج الأنواع المستدامة من الوقود البديل للطيران على نطاق محلي.

٦-٢ يمكن أن تصبح المنتجات الفرعية أو الثانوية للأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات، إضافة قيّمة للاقتصادات المحلية. فقد تكون لهذه المواد، مثل العلف الحيواني، أو الفضلات الصلبة التي تستخدم كوقود لمواقد الطبخ، قيمة على الصعيد المحلي، حتى في حال جرى شحن الزيوت البيولوجية إلى خارج المنطقة لتكريرها. وبإمكان المجتمعات المحلية تطوير أعمال جديدة أو مصادر دخل أخرى جراء إنتاج أنواع الوقود البديل.

٦-٣ مع أنه يمكن إنتاج الأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات من مجموعة واسعة من المواد الأولية، إلا أن الأنواع التي تنجح في اجتذاب الاستثمارات اللازمة ستتمكّن من الانتشار تجارياً. فتبيّن الموارد، وإنتاج كميات إختبارية من الزيت، والمصادقة على أنواع الوقود، وإجراء دراسات أداء، والاستثمار في منشآت إنتاج، كلها أمور مكلفة. وفي حال رغبت الدول في إنتاج الأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات، فإن ذلك سيتطلّب استثمارات كبيرة.

---

[٥] "توقعات تكنولوجيا الطاقة حتى سنة ٢٠٥٠"، وكالة الطاقة الدولية (IEA)، منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD/IEA)، باريس، ٢٠٠٨.

٧- الاستنتاج

٧-١ المؤتمر مدعو إلى:

أ) أخذ العلم بأن تطوير عمليات إنتاج أنواع مستدامة من الوقود البديل للطائرات، ستسمح بتقليص تكاليف إنتاجها وتمكينها من منافسة الوقود التقليدي للطائرات النفاثة في الأجل المتوسط.

ب) التنويه بإمكانية إنتاج أنواع مستدامة من الوقود البديل للطائرات من مجموعة واسعة من المواد الأولية لاستخدامها في الطيران العالمي، الأمر الذي يشير إلى أن العديد من مناطق العالم قد تكون مرشحة للمشاركة في الإنتاج.

ج) استنتاج أن الأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات تلائم الإنتاج على الصعيد المحلي، لأن كثافة طاقة المواد الأولية المقترح استخدامها حالياً، متدنية جداً إلى درجة فقدان جدوى نقلها لمسافات بعيدة، خلافاً للنفط الخام.

د) الإقرار بأن إنتاج المنتجات الفرعية أو الثانوية للأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات، يشكّل إضافة مهمة لاقتصادات المجتمعات المحلية.

هـ) الإقرار بأنه يمكن إنتاج الأنواع المستدامة من الوقود البديل للطائرات انطلاقاً من مجموعة كبيرة من المواد الأولية والعمليات. لكن الانتشار التجاري لأيّ منها يتوقف على مدى نجاحها في اجتذاب الاستثمارات الكافية.

٨- التوصيات

٨- المؤتمر مدعو إلى:

أ) أن يوصي الدول بإبلاغ الإيكاو بأيّ خطط لإقامة منشآت لإنتاج أنواع مستدامة من الوقود البديل، للأجل القريب، والمتوسط، والبعيد.

ب) أن يوصي بدمج تلك الخطط في خارطة الطريق الرفيعة المستوى للطيران وأنواع الوقود البديل.

ج) أن يوصي الإيكاو بإقامة موقع إلكتروني لتسهيل تبادل المعلومات بين الدول والمنظمات الدولية المهتمة بتطوّر عملية إنتاج الأنواع المستدامة من الوقود البديل للطيران.

د) أن يوصي الدول والمنظمات الدولية بتبادل أفضل الممارسات والتقنيات التي يمكن تطبيقها لتطوير الأنواع المستدامة من الوقود البديل للطيران وتحسينها، من خلال الإيكاو.

— انتهى —