



تصميم توليفة طاقة مثلى بيئياً لدولة الصين

منى محمد غريب أحمد¹ - فاطمة أحمد الشربيني²

1- قسم دراسات وبحوث العلوم السياسية والاقتصادية - معهد البحوث والدراسات الآسيوية - جامعة الزقازيق - مصر

2- قسم العلوم الاقتصادية والإدارية - كلية التكنولوجيا والتنمية - جامعة الزقازيق - مصر

Received: 10/01/2019 ; Accepted: 27/01/2019

المخلص: في هذا البحث تم تصميم ثلاث توليفات طاقة مثلى بيئياً لدولة الصين يعكس كل منها فلسفة إنتاج وإستهلاك معينة، وقد تم بناء نموذج رياضي يتضمن دالة هدف خطية وثلاث مجموعات من القيود الخطية، وقد انعكست فلسفات الإنتاج والإستهلاك على القيود من خلال ثلاث سيناريوهات، كل من هذه السيناريوهات يمثل مسألة أمثلية، تم حل مسألة الأمثلية في كل من هذه السيناريوهات باستخدام طريقة السمبلكس ذات المرحلتين حيث تم التوصل إلى توليفة مثلى بيئياً، تم إجراء مقارنة بين التوليفات المثلى المقترحة والتوليفة المطبقة حالياً في الصين من حيث كمية الانبعاثات الكربونية. وقد أظهرت المقارنة أن التوليفات المقترحة الثلاث ينتج عنها انبعاثات كربونية أقل من تلك التي تنتج من التوليفة المطبقة حالياً في الصين، كذلك تم مقارنة معدل كمية الانبعاثات الكربونية للفرد مع المعدل العالمي، وقد أظهرت المقارنة أن معدل الانبعاثات للفرد في السيناريوهين الأول والثالث المقترحين أقل من المعدل العالمي في حين أن معدل الانبعاثات للفرد في التوليفة المطبقة فعلياً في الصين يتجاوز المعدل العالمي.

الكلمات الإشرشادية: توليفة طاقة، أمثلية بيئية، طريقة السمبلكس.

المختلفة معبراً عنها كنسب مئوية بحيث يكون مجموع هذه النسب 100%. فمثلاً يمكن أن تكون توليفة الطاقة في دولة ما عبارة عن 40% فحم، 30% بترول، 20% غاز طبيعي، 10% طاقة شمسية.

اختيار توليفة الطاقة في دولة ما يعتمد على ما يتوفر لديها من مصادر الطاقة الأولية وكذلك على اعتبارات اقتصادية وبيئية وأمنية. والتوليفة المثلى بيئياً هي التوليفة التي تحقق أقل تلوث للبيئة ضمن قيود معينة.

مشكلة البحث

تصميم توليفة طاقة مثلى بيئياً للصين تحقق أقل قدر ممكن من الانبعاثات الكربونية الملوثة للبيئة.

أهداف البحث

- 1- التعرف على توليفة الطاقة المستخدمة في الصين.
- 2- تحديد مدى أمثلية التوليفة المستخدمة من الناحية البيئية من خلال تقديم توليفة طاقة مثلى بيئياً ومقارنتها بالتوليفة المستخدمة.

تكوّن الدافع لدينا في إجراء هذا البحث من منطلق أن الصين هي أكبر مستهلك للطاقة في العالم وهي ثاني أكبر

المقدمة والمشكلة البحثية

يمكن تقسيم الطاقات في العالم إلى نوعين رئيسيين، الطاقات الأولية والطاقات الثانوية، ومن أمثلة الطاقات الأولية الفحم، البترول، الغاز الطبيعي ومن أمثلة الطاقات الثانوية الطاقة الكهربائية وهي مشتقة من الطاقات الأولية ولذلك تسمى طاقات ثانوية (إدوارد وغروسمان، 1431هـ). والطاقات الأولية بدورها يمكن تقسيمها إلى طاقات أحفورية وطاقات غير أحفورية. والطاقات الأحفورية هي المستخرجة من باطن الأرض مثل البترول والفحم والغاز الطبيعي ومن أمثلة الطاقات غير الأحفورية، الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

حدود البحث

هي التوليفة من مصادر الطاقة الأولية في شكلها الخام أو الأولي وليست الطاقات الثانوية المشتقة من المصادر الأولية. كذلك فإن البحث معني بدراسة الانبعاثات الكربونية لتوليفة الطاقة وأن تكلفة التوليفة ليست ضمن حدود البحث.

توليفة الطاقة (Energy Mix) (فانشي، 2011)، أحيانا يطلق عليه مزيج الطاقة أو تشكيلة الطاقة، في دولة ما وهو مصطلح يقصد به بيان مكونات كمية الطاقة المستهلكة في تلك الدولة من أنواع الطاقات الأولية

الدراسات السابقة

فيما يلي سوف نستعرض بإختصار تجارب بعض الكيانات والدول التي أخذت الجانب البيئي في الإعتبار في توليفات الطاقة الخاصة بها مما يعكس التوجه العالمي في هذا الشأن.

الإتحاد الأوروبي

في عام 2012 قام الإتحاد الأوروبي بتشكيل لجنة لوضع إستراتيجية لتقليل الإنبعاثات الكربونية من خلال وضع توليفات طاقة صديقة للبيئة تعتمد أكثر على الطاقات المتجددة وتقليل الطاقات الإحفورية لأقصى حد ممكن (Christian, 2012).

اليابان

في عام 2011 قام معهد إقتصاديات الطاقة في اليابان بوضع شروط لأفضل توليفات للطاقة وتضمنت تلك الشروط الحفاظ على البيئة من خلال تقليل الإنبعاثات الكربونية (من خلال تقليل النسب المستخدمة في التوليفات من الطاقات الإحفورية وزيادة النسب من الطاقات المتجددة) (Masakazu, 2011).

جمهورية التشيك

في المؤتمر الدولي الحادي عشر حول الطاقة والبيئة والإقتصاد والذي إنعقد في جمهورية سلوفاكيا عام 2012، قدم باحثين من جمهورية التشيك بحثاً متميزاً عن توليفة الطاقة المثلى التي تأخذ بعين الإعتبار الأثر البيئي، حيث تم وضع نموذج رياضي نتج عن تطبيق توليفة طاقة ذات إنبعاثات كربونية دنيا (Gruenwald and Opera, 2012).

كوريا الجنوبية ومنغوليا

في عام 2014 نشر فريق من الباحثين من كوريا الجنوبية ومنغوليا بحثاً مميزاً عن توليفات الطاقة التي تأخذ في الإعتبار تقليل الإنبعاثات الكربونية، حيث قاموا بتقديم عدد من السيناريوهات التي تناسب كل من كوريا الجنوبية ومنغوليا (Hanee, 2014).

ماليزيا

في عام 2009 نشر فريق من الباحثين الماليزيين بحثاً مميزاً عن توليفات الطاقة وأثرها البيئي في ماليزيا، حيث قاموا بتقديم حسابات كمية عن إنبعاثات الغازات الكربونية في ماليزيا حتى عام 2020، وأشار الفريق البحثي إلى إمكانية إستخدام هذا البحث في صياغة سياسة الطاقة في ماليزيا (Abul Quasem, 2009).

إقتصاد في العالم. ومن ثم فإن إستخدام الصين لتوليفة مثلى بيئياً للطاقة سوف يكون له عظيم الأثر على نظافة البيئة محلياً وعالمياً.

الصياغة العامة لمسألة الأمثلية رياضياً (Stephen and Vandenberghe, 2004)

قلل دالة الهدف (تقليل الإنبعاثات الكربونية لتوليفة الطاقة).

$$f_0(x_1, \dots, x_n)$$

بالنسبة للمتغيرات x_1, \dots, x_n والتي تمثل في حالتنا هذه كمية الإنبعاثات الكربونية من كل مصدر من مصادر الطاقة كالفحم والبترو، ... إلخ. وتسمى هذه المتغيرات متغيرات القرار تحت القيود الآتية:

$$f_i(x_1, \dots, x_n) (\leq, =, \text{ or } \geq) b_i,$$

$$i = 1, \dots, m$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, \dots, n$$

حيث n هو عدد المتغيرات، m هو عدد القيود، b_i تمثل الحدود القصوى للإنتاج من كل مصدر من مصادر الطاقة.

والحل يكون بإيجاد قيم للمتغيرات X_1, \dots, X_n تجعل قيمة دالة الهدف (كمية الإنبعاثات الكربونية) أقل ما يمكن وتحقق القيود المعطاة.

دالة الهدف قد تكون خطية أو غير خطية وكذلك القيود قد تتكون من قيود خطية أو غير خطية. والدالة الخطية هي التي تكون على الصورة

$$f(x_1, \dots, x_n) = c_1 x_1 + \dots + c_n x_n$$

حيث c_i معاملات عديدة.

والقيود الخطية هو الذي يكون على الصورة

$$d_1 x_1 + \dots + d_n x_n (\leq, =, \geq) b$$

حيث d_i معاملات عديدة، b ثابت عددي.

بنود البحث

في بند 2 تم إستعراض الدراسات السابقة، في بند 3 تم تصميم ثلاث توليفات طاقة مثلى للصين، في بند 4 تم إجراء مقارنة بين التوليفات المقترحة والتوليفة الحالية في الصين، وكذلك تم مقارنة معدل الإنبعاثات الكربونية مع المعدل العالمي، بند 5 تم وضع خلاصة البحث، وأخيراً قائمة بالمراجع.

حدود الإنتاج القصوى (British Petroleum, 2018; British Petroleum (BP), 2018)

الحد الأقصى لإجمالي الطاقة المستهلكة في الصين عام 2018 هو 124.7×10^9 مليون وحدة حرارية بريطانية.

الحد الأقصى للإنتاج من الفحم 767.793×10^9 مليون وحدة حرارية بريطانية

الحد الأقصى للإنتاج من البترول 10.098×10^9 مليون وحدة حرارية بريطانية

الحد الأقصى للإنتاج من الغاز الطبيعي 5.205×10^9 مليون وحدة حرارية بريطانية

الحد الأقصى للإنتاج من الطاقة النووية 2.219×10^9 مليون وحدة حرارية بريطانية

الحد الأقصى للإنتاج من الطاقة المائية 10.679×10^9 مليون وحدة حرارية بريطانية

الحد الأقصى للإنتاج من طاقة الرياح 3.708×10^9 مليون وحدة حرارية بريطانية

الحد الأقصى للإنتاج من الطاقة الشمسية 0.444×10^9 مليون وحدة حرارية بريطانية

الانبعاثات الكربونية (إدارة معلومات الطاقة الأمريكية؛ Timeforchange)

الفحم: 103.690 كجم لكل مليون وحدة حرارية بريطانية

البترول: 73.164 كجم لكل مليون وحدة حرارية بريطانية

الغاز الطبيعي: 53.070 كجم لكل مليون وحدة حرارية بريطانية

الطاقة النووية: 33.700 كجم لكل مليون وحدة حرارية بريطانية

الطاقة المائية: 7.327 كجم لكل مليون وحدة حرارية بريطانية

طاقة الرياح: 7.327 كجم لكل مليون وحدة حرارية بريطانية

الطاقة الشمسية: 7.327 كجم لكل مليون وحدة حرارية بريطانية

بالنسبة للطاقات النووية والمائية والشمسية والرياح فإن الانبعاثات تنتج أثناء فترة الإنشاء وتوزع على عمر المنشأة.

المتوسط العالمي للانبعاثات الكربونية للفرد في السنة هو 4300 كجم. الانبعاثات الكربونية في الصين يجب أن لا تتجاوز المتوسط العالمي للفرد مضروباً في عدد سكان

تصميم توليفة طاقة مثلى بينياً لدولة الصين

تعريف الوحدات المستخدمة والعلاقة بينها (إدارة معلومات الطاقة الأمريكية؛ وكالة الطاقة الدولية)

تعريف الوحدة الحرارية البريطانية Btu

هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة واحد باوند bound (رطل) من الماء بمقدار واحد درجة فهرنهايت. والمليون Btu نرمز لها ب MMBtu.

وحدات القياس وعلاقتها بالوحدة الحرارية البريطانية

1 برميل بترول يعطي في المتوسط 5.722 مليون وحدة حرارية بريطانية.

1 طن متري (1000 كجم) من الفحم يعطي في المتوسط 21.11 مليون وحدة حرارية بريطانية.

1 قدم مكعب من الغاز الطبيعي يعطي في المتوسط 1037 وحدة حرارية بريطانية.

1 متر مكعب من الغاز الطبيعي يعطي في المتوسط 36621.34 وحدة حرارية بريطانية.

1 كيلو وات ساعة (kwh) يعطي 3412 وحدة حرارية بريطانية.

1 مليون طن مكافئ نفطي (Mtoe) = 39683207.2 مليون وحدة حرارية بريطانية.

1 مليون طن مكافئ فحم (Mtce) = 27778245 مليون وحدة حرارية بريطانية.

متغيرات القرار المطلوب حسابها

X_1 هو كمية الطاقة من الفحم مقدرة بالمليون وحدة حرارية بريطانية

X_2 هو كمية الطاقة من البترول مقدرة بالمليون وحدة حرارية بريطانية

X_3 هو كمية الطاقة من الغاز الطبيعي مقدرة بالمليون وحدة حرارية بريطانية

X_4 هو الكمية من الطاقة النووية مقدرة بالمليون وحدة حرارية بريطانية

X_5 هو الكمية من الطاقة المائية مقدرة بالمليون وحدة حرارية بريطانية

X_6 هو الكمية من طاقة الرياح مقدرة بالمليون وحدة حرارية بريطانية

X_7 هو الكمية من الطاقة الشمسية مقدرة بالمليون وحدة حرارية بريطانية

$$x_2 \leq 10.098 \times 10^9$$

4- إستهلاك الغاز الطبيعي أقل من أو يساوي إنتاجه.

$$x_3 \leq 5.205 \times 10^9$$

5- إستهلاك الطاقة النووية يساوي إنتاجها.

$$x_4 = 2.219 \times 10^9$$

6- إستهلاك الطاقة المائية يساوي إنتاجها.

$$x_5 = 10.679 \times 10^9$$

7- إستهلاك طاقة الرياح أكبر من أو يساوي إنتاجها والفرق يتم توفيره بإضافة وحدات إنتاج جديدة.

$$x_6 \geq 3.708 \times 10^9$$

8- إستهلاك الطاقة الشمسية أكبر من أو يساوي إنتاجها والفرق يتم توفيره بإضافة وحدات إنتاج جديدة.

$$x_7 \geq 0.444 \times 10^9$$

9- شرط عدم السلبية.

$$x_1, \dots, x_7 \geq 0$$

الحل بطريقة السيمبلكس

تم الحل باستخدام برنامج كمبيوتر متاح online (Phpsimplex)

وكانت النتائج كالتالي:

$$E = 972198587000 \approx 972.199 \times 10^9 \text{ kg}$$

$$X_1 = 0 \text{ MMBtu}$$

$$X_2 = 0 \text{ MMBtu}$$

$$X_3 = 0 \text{ MMBtu}$$

$$X_4 = 2.219 \times 10^9 \text{ MMBtu}$$

$$X_5 = 10.679 \times 10^9 \text{ MMBtu}$$

$$X_6 = 111.364 \times 10^9 \text{ MMBtu}$$

$$X_7 = 0.444 \times 10^9 \text{ MMBtu}$$

ونلاحظ أن كمية الإنبعاثات الكربونية $10^9 \times 972.2$ كجم وهو أقل كثيرا من المتوسط العالمي للصين وهو 6011.4×10^9 كجم وذلك بسبب عدم الإعتماد على الوقود الأحفوري.

السيناريو الثاني

ويقوم على إستخدام الطاقات المتاحة من الوقود الأحفوري والنووي والمائي مع فتح الحد الأقصى من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

Minimize

$$E = 103.7 x_1 + 73.2x_2 + 53.1x_3 + 33.7x_4 + 7.327x_5 + 7.327x_6 + 7.327x_7$$

بالنسبة للمتغيرات x_1, \dots, x_7 مقدره بالمليون وحدة حرارية بريطانية

الصين اي $4300 \times 1398000000 = 6011.4 \times 10^9$ كجم سنويا.

ملحوظة

تعداد الصين للعام 2018 مأخوذ من موقع وكالة المخابرات المركزية الأمريكية CIA (موقع وكالة المخابرات المركزية الأمريكية).

صيغة دالة الهدف

وتقوم على إعطاء كمية الإنبعاثات الكربونية الكلية الناتجة من توليفة معينة وهي عبارة عن مجموع حواصل ضرب كمية الإستهلاك، مقدره بالمليون وحدة حرارية، في كمية الإنبعاثات، مقدره بالكيلوجرام، الناتجة من حرق مليون وحدة حرارية لكل نوع. ورياضيا تكون كالآتي:

$$E = 103.7 x_1 + 73.2x_2 + 53.1x_3 + 33.7x_4 + 7.327x_5 + 7.327x_6 + 7.327x_7$$

وهي الدالة المطلوب تقليلها بالنسبة للمتغيرات x_1, \dots, x_7 مقدره بالمليون وحدة حرارية بريطانية.

حيث E هي إجمالي كمية الإنبعاثات الكربونية مقدره بالكيلوجرام.

x_1, \dots, x_7 هي الكميات المطلوب إيجادها من الفحم ، ... ، الطاقة الشمسية مقدره بال MMBtu

والمعاملات 103.7 ، ... ، 7.327 هي كمية الإنبعاثات الكربونية مقدره بالكيلوجرام لكل MMBtu من الفحم ، ... ، طاقة الرياح.

وسوف نقوم بوضع القيود من خلال عدة سيناريوهات يعكس كل منها فلسفة معينة في الإستهلاك:

السيناريو الأول

ويقوم على تقليل الوقود الأحفوري وتثبيت النووي والمائي (لعدم مرونتهم) وفتح الشمسي والرياح.

Minimize

$$E = 103.7 x_1 + 73.2x_2 + 53.1x_3 + 33.7x_4 + 7.327x_5 + 7.327x_6 + 7.327x_7$$

القيود (الكميات مقدره بالمليون وحدة حرارية بريطانية)

1- إجمالي المطلوب من مصادر الطاقة المختلفة يساوي إجمالي الإستهلاك.

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = 124.7 \times 10^9$$

2- إستهلاك الفحم أقل من أو يساوي إنتاجه.

$$x_1 \leq 67.793 \times 10^9$$

3- إستهلاك البترول أقل من أو يساوي إنتاجه.

ونلاحظ هنا أن كمية الإنبعاثات الكربونية 8407 × 10⁹ كجم أكبر من المتوسط العالمي للصين وهو 6011.4 × 10⁹ كجم.

السيناريو الثالث

نفتح إمكانية تقليل كمية الفحم لأنه الأكثر تلويثاً للبيئة وتثبيت كمية البترول لأنه متوسط التلويث وفتح إمكانية زيادة الغاز الطبيعي لأنه أقل تلويثاً من الفحم والبترول وترك باقي القيود كما سبق.

Minimize

$$E = 103.7 x_1 + 73.2x_2 + 53.1x_3 + 33.7x_4 + 7.327x_5 + 7.327x_6 + 7.327x_7$$

بالنسبة للمتغيرات x_1, \dots, x_7 مقدره بالمليون وحدة حرارية بريطانية

حيث E هي إجمالي كمية الإنبعاثات الكربونية مقدره بالكيلوجرام

القيود (الكميات مقدره بالمليون وحدة حرارية بريطانية)

1. إجمالي المطلوب من مصادر الطاقة المختلفة يساوي إجمالي الإستهلاك

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = 124.7 \times 10^9$$

2. إستهلاك الفحم أقل من أو يساوي إنتاجه

$$x_1 \leq 67.793 \times 10^9$$

3. إستهلاك البترول يساوي إنتاجه

$$x_2 = 10.098 \times 10^9$$

4. إستهلاك الغاز الطبيعي أكبر من أو يساوي إنتاجه والزيادة يتم توفيرها عن طريق الإستيراد

$$x_3 \geq 5.205 \times 10^9$$

5. إستهلاك الطاقة النووية يساوي إنتاجها

$$x_4 = 2.219 \times 10^9$$

6. إستهلاك الطاقة المائية يساوي إنتاجها

$$x_5 = 10.679 \times 10^9$$

7. إستهلاك طاقة الرياح أكبر من أو يساوي إنتاجها والفرق يتم توفيره بإضافة وحدات إنتاج جديدة

$$x_6 \geq 3.708 \times 10^9$$

8. إستهلاك الطاقة الشمسية أكبر من أو يساوي إنتاجها والفرق يتم توفيره بإضافة وحدات إنتاج جديدة

$$x_7 \geq 0.444 \times 10^9$$

9. شرط عدم السلبية

$$x_1, \dots, x_7 \geq 0$$

حيث E هي إجمالي كمية الإنبعاثات الكربونية مقدره بالكيلوجرام

القيود (الكميات مقدره بالمليون وحدة حرارية بريطانية)

1. إجمالي المطلوب من مصادر الطاقة المختلفة يساوي إجمالي الإستهلاك

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 = 124.7 \times 10^9$$

2. إستهلاك الفحم يساوي إنتاجه

$$x_1 = 67.793 \times 10^9$$

3. إستهلاك البترول يساوي إنتاجه

$$x_2 = 10.098 \times 10^9$$

4. إستهلاك الغاز الطبيعي يساوي إنتاجه

$$x_3 = 5.205 \times 10^9$$

5. إستهلاك الطاقة النووية يساوي إنتاجها

$$x_4 = 2.219 \times 10^9$$

6. إستهلاك الطاقة المائية يساوي إنتاجها

$$x_5 = 10.679 \times 10^9$$

7. إستهلاك طاقة الرياح لا يقل عن إنتاجها والفرق يتم توفيره بإضافة وحدات إنتاج جديدة

$$x_6 \geq 3.708 \times 10^9$$

8. إستهلاك الطاقة الشمسية لا يقل عن إنتاجها والفرق يتم توفيره بإضافة وحدات إنتاج جديدة

$$x_7 \geq 0.444 \times 10^9$$

9. شرط عدم السلبية

$$x_1, \dots, x_7 \geq 0$$

الحل بطريقة السيمبلكس

تم الحل باستخدام برنامج كمبيوتر متاح online

وكانت النتائج كالتالي:

$$E = 8407849787000 \approx 8407.850 \times 10^9 \text{ kg}$$

$$X_1 = 67.793 \times 10^9 \text{ MMBtu}$$

$$X_2 = 10.098 \times 10^9 \text{ MMBtu}$$

$$X_3 = 5.205 \times 10^9 \text{ MMBtu}$$

$$X_4 = 2.219 \times 10^9 \text{ MMBtu}$$

$$X_5 = 10.679 \times 10^9 \text{ MMBtu}$$

$$X_6 = 28.262 \times 10^9 \text{ MMBtu}$$

$$X_7 = 0.444 \times 10^9 \text{ MMBtu}$$

معدلات التغير في الإستهلاك عن الفترة من 2016 إلى 2040 كما وردت في جدول 4 (British Petroleum, 2018).

الخلاصة

استهدفنا في هذا البحث تصميم توليفة طاقة مثلى بيئياً لدولة الصين. قمنا بتعريف ماهية توليفة الطاقة وماهية أمثلتها. قدمنا النموذج الرياضي العام لمسألة الأمثلية. قمنا بتعريف الوحدات المستخدمة والعلاقة بينها. عرضنا لأسعار المليون وحدة حرارية لكل نوع من أنواع الطاقة المزمع استخدامها في التوليفة. قمنا بإنشاء دالة هدف خطية التي تعبر عن الإنبعاثات الكلية لتوليفة الطاقة. قمنا بإنشاء ثلاث مجموعات من القيود سمي كل منها سيناريو يعكس فلسفة معينة في الإنتاج والإستهلاك. السيناريو الأول يقوم على تقليل الوقود الأحفوري لأنه الأكثر تلويثاً وتثبيت النوي والمائي لعدم وجود مرونة في إنتاجهما وفتح الحد الأقصى من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح لأنهما الأقل تلويثاً. والسيناريو الثاني يقوم على استخدام الطاقات الإنتاجية القصوى المتاحة من الوقود الأحفوري والنوي والمائي مع فتح الحد الأقصى من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والسيناريو الثالث يقوم على فتح إمكانية تقليل كمية الفحم لأنه الأكثر تلويثاً للبيئة وتثبيت كمية البترول لأنه متوسط التلويث وفتح إمكانية الغاز الطبيعي لأنه أقل تلويثاً من الفحم والبترول مع ترك باقي القيود كما سبق. تم حل النموذج الرياضي باستخدام طريقة السيمبلكس ذات المرحلتين عن طريق برنامج متاح على الشبكة الدولية للمعلومات. قمنا بمقارنة التوليفات الناتجة مع التوليفة المطبقة حالياً في الصين وأوضحنا التفوق البيئي للتوليفات التي قمنا بتصميمها عن التوليفة المطبقة. كذلك تمت مقارنة معدل الإنبعاث للفرد لكل توليفة مع المعدل العالمي للفرد وأظهرت المقارنة أن التوليفتين الأولى والثالثة تعطيان إنبعاثات كربونية أقل بكثير من المعدل العالمي. وإختتمنا ببيان كيفية إستنتاج توليفات مثلى بيئياً لسنوات قادمة عند الحاجة.

الحل بطريقة السيمبلكس

تم الحل باستخدام برنامج كمبيوتر متاح online (phpsimplex).

وكانت النتائج كالتالي:

$$\begin{aligned} E &= 1875112928000 \approx 1875.113 \times 10^9 \text{ kg} \\ X_1 &= 0 \text{ MMBtu} \\ X_2 &= 10.098 \times 10^9 \text{ MMBtu} \\ X_3 &= 5.205 \times 10^9 \text{ MMBtu} \\ X_4 &= 2.219 \times 10^9 \text{ MMBtu} \\ X_5 &= 10.679 \times 10^9 \text{ MMBtu} \\ X_6 &= 96.055 (109 \text{ MMBtu}) \\ X_7 &= 0.444 (109 \text{ MMBtu}) \end{aligned}$$

الكربونية الإنبعاثات كمية أن ونلاحظ المتوسط من بكتير أقل حجم 1875.1×109 ولكنه حجم 6011.4×109 وهو للصين العالمي الثالث السيناريو من أكبر.

وخلصنا السيناريوهات السابقة كما هو موضح بجدول 1 توضح أن السيناريو هان الأول والثالث يحققان شرط عدم تجاوز المتوسط العالمي للإنبعاثات الكربونية، أما السيناريو الثاني فإن الإنبعاثات الناتجة عنه تتجاوز المتوسط العالمي. ويعتمد إختيار أي من هذه السيناريوهات على رؤية متخذ القرار.

نستنتج من جدول 3 تفوق التوليفات المقترحة بيئياً على التوليفة الحالية في الصين الموضحة بجدول 2. وبالرغم من أن التوليفة الثانية المقترحة قد تجاوزت كمية الإنبعاثات الناتجة عنها المتوسط العالمي إلا إنها ما تزال أقل بفارق كبير عن إنبعاثات التوليفة المطبقة حالياً في الصين.

إستنتاج توليفات مثلى بيئياً لسنوات تالية

نختتم هذا البحث بتقديم توليفة مثلى بيئياً للعام 2019 كمثال لبيان إمكانية إستنتاج توليفات لسنوات قادمة حسب الحاجة (جدول 5). وسوف نستخدم في ذلك متوسط

جدول 1. توليفات الطاقة المثلى بيئياً المقترحة للصين

مصدر الطاقة	التوليفة الأولى (السيناريو الأول)		التوليفة الثانية (السيناريو الثاني)		التوليفة الثالثة (السيناريو الثالث)	
	الكمية 10^9 MMBtu (%)	الكمية 10^9 MMBtu (%)	الكمية 10^9 MMBtu (%)	الكمية 10^9 MMBtu (%)	الكمية 10^9 MMBtu (%)	الكمية 10^9 MMBtu (%)
فحم	0	0	67.793	54.365	0	0
بترول	0	0	10.098	8.097	10.098	8.097
غاز	0	0	5.205	4.174	5.205	4.174
نووية	2.219	1.779	2.219	1.779	2.219	1.779
مائية	10.679	8.563	10.679	8.563	10.679	8.563
رياح	111.364	89.301	28.262	22.664	96.055	77.025
شمسية	0.444	0.356	0.444	0.356	0.444	0.356
كمية الإنبعاثات 10^9 kg	972	8408	1875			

مقارنة بين توليفات الطاقة المثلى المقترحة وتوليفة الطاقة المطبقة حالياً في الصين.

جدول 2. توليفة الطاقة المطبقة حاليا في الصين

التوليفة المطبقة حاليا		مصدر الطاقة
(%)	الكمية 10^9 MMBtu	
59.543	74.25	فحم
20.209	25.20	بتروول
6.576	8.20	غاز
1.779	2.219	نووية
8.564	10.679	مانية
2.974	3.708	رياح
0.356	0.444	شمسية
10156		كمية الإنبعاثات 10^9 kg

جدول 3. مقارنة بين كمية الإنبعاثات الكربونية في التوليفات المقترحة والتوليفة الحالية

التوليفة الحالية	التوليفات المقترحة			التوليفة الحالية
	الثالثة	الثانية	الأولى	
10156	1875	8408	972	كمية الإنبعاثات الكربونية 10^9 kg
7265	1341	6014	695	معدل الإنبعاثات للفرد كجم (المعدل العالمي 4300)

جدول 4. متوسط معدل تغير الإستهلاك لمصادر الطاقة في الصين في الفترة 2016 - 2040

نوع الطاقة	متوسط معدل التغير في الفترة 2016-2040
الفحم	- 0.8 %
البتروول	+ 1.0 %
الغاز الطبيعي	+ 4.6 %
الطاقة النووية	+ 8.3 %
الطاقة المانية	+ 1.2 %
الطاقات المتجددة (شمسية - رياح)	+ 9.5 %

وبإستخدام توليفة 2018 كسنة أساس تكون توليفة 2019 كالتالي:

جدول 5. توليفة الطاقة المثلى بينيا (السيناريو الأول كمثال) المقترحة للصين 2019

مصدر الطاقة	فحم	بتروول	غاز طبيعي	نووية	مانية	شمسية	رياح
الكمية 10^9 MMBtu	0	0	0	2.403	10.807	0.486	121.944
النسبة المئوية (%)	0	0	0	1.772	7.967	0.358	89.903

- British Petroleum (BP) (2018). Energy outlook 2018- China.
- Christian, H. (2012). Low-Carbon and Energy Strategies for the EU, Report, oekom verlag, Berlin.
- Gruenwald, O. and D. Opera (2012). Optimization model of energy mix taking into account the environmental impact.
- Hanee, R. (2014). Electricity-generation mix considering energy security and carbon emission mitigation: Case of Korea and Mongolia, Energy, 64: 1071-1079.
- <http://www.phpsimplex.com/simplex/solution2.php?1=en>.
- <https://timeforchange.org/co2-emission-nuclear-power-stations-electricity>
- https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=about_btu
- Masakazu, T. (2011). The best energy mix and the need for comprehensive viewpoints, report, Inst. Energy Econ., Japan.
- Stephen, B. and L. Vandenberghe (2004). Convex Optimization, Camb. Univ., 1.

المراجع

- إدارة معلومات الطاقة الأمريكية
Information Administration
- إدوارد س. كاسيدي وبيتر ز. غروسمان (1431هـ).
ترجمة صباح صديق الدمولوجي، مدخل إلى الطاقة:
المصادر والتكنولوجيا والمجتمع، المنظمة العربية
للترجمة، الرياض.
- فانشي، جون ر. (2011). ترجمة عبدالباسط علي صالح
كرمان، الطاقة: التقنية والتوجهات للمستقبل، المنظمة
العربية للترجمة، بيروت.
- موقع وكالة المخابرات المركزية الأمريكية CIA
<https://www.cia.gov/library/publications/resources/the-world-factbook/geos/is.html>
- وكالة الطاقة الدولية
International Energy Agency (IEA)
<https://www.iea.org/statistics/resources/unitconverter>
- 11th Int. Conf.: Energy, Ecol., Econ., May
15 – 17, Tatranske Matliare, High Tatras,
Slovak Republic.
- Abul Quasem, A. (2009). Energy use and
environmental impact of new alternative
fuel mix in electricity generation in
malaysia, The Open Renewable Energy
J., 2 : 25-32.
- British Petroleum (2018). Statistical Review
of World Energy, 67th Ed.

DESIGN OF AN ENERGY MIX OPTIMUM ENVIRONMENTALLY FOR CHINA

Mona M.Gh. Ahmed¹ and Fatma A. El-Sherbeny²

1. Econ. and Political Studies and Res. Dept., Inst. Asian Res. and Studies, Zagazig Univ., Egypt

2. Administrative Dept., Fac. Technol. and Dev., Zagazig Univ., Egypt

ABSTRACT: In this article, three energy mixes environmentally optimal are designed for China. Each mix reflects a certain philosophy in production and consumption. A mathematical model including an objective function and three sets of constraints is built. The production and consumption philosophies are reflected on the constraints through three scenarios. Each of these scenarios represents an optimization problem. Each optimization problem is solved using the two-stage simplex method, resulting in an environmentally optimal energy mix. A comparison made between the suggested mixes and the actual mix used in China showed that the suggested mixes are better than the actual mix. Also, the rate of carbon emissions per person compared with the world rate showed that two of the suggested mixes is less than the world rate whereas the actual mix is higher than the world rate.

Key words: Energy mix, economic optimality, the simplex method.

المحكمون:

1- أ.د. سامية محمود عبدالعظيم
2- أ.د. فكرى سعد الدسوقي

أستاذ الاقتصاد الزراعي المتفرغ - كلية الزراعة - جامعة الزقازيق.
أستاذ الاقتصاد الزراعي - كلية التكنولوجيا والتنمية - جامعة الزقازيق.