الفصل الثامن

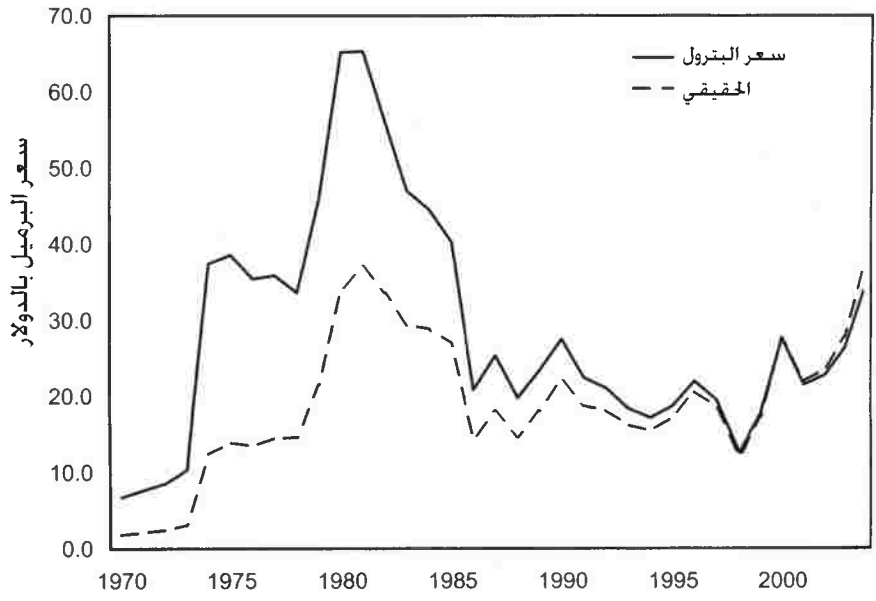
الطاقة

شهد نظام الطاقة العالمي في القرن العشرين تحولين مهمين. أولاً، زاد استهلاك الفرد للطاقة العالمية بشكل كبير ــ بعامل نحو ستة، ويقارب الآن 1.5 طن من الزيت المعادل لكل شخص كل سنة. ثانياً، تغيرت المصادر الرئيسة للطاقة من الخشب والفحم في بداية القرن العشرين إلى الزيت والغاز في سبعينيات القرن الماضي. وعلى الرغم من أن هناك الكثير من التنوع عبر الدول في خلط الوقود الحجري إلا أن هناك القليل من الاستثناءات بالنسبة للاعتماد عليها (عدا في الدول الفقيرة جداً، والتي ما زالت الأخشاب تكونّ مصدراً أساسياً للطاقة). ويوفر الزيت، والفحم، والغاز مجتمعة نحو 90% من الطاقة العالمية التجارية.

قادت «صدمتا الطاقة» في سبعينيات القرن الماضي، وهو عقد قفزت فيه أسعار البترول بعامل عشرة تقريباً (انظر الشكل 1 - 8)، العديد من المهتمين إلى النتيجة الخاطئة بأن نقص الوقود الحجري كان على وشك الوقوع وأنه من الضروري التحول حالاً إلى طاقة متجددة. وفي الواقع، فإن المخزون المعروف من البترول والغاز والفحم سيكفي المستويات الحالية من الطلب العالمي لـ 41.67 و164 سنة على التوالي (البترول البريطاني British Petroleum, 2005). ونمت هذه الأرقام منذ عام 1973 حين تعدت الاكتشافات والتطوير لتقنية استخلاص جديدة لزيادة الإنتاج. وبيانات الاحتياطي المعروف أو الموجود هي رقم محافظ مبني على بيانات جيولوجية وهندسية والاقتصاد الموجود وعلى ظروف العمل. وتقدر وزارة الطاقة في الولايات المتحدة (DOE) مصادر البترول العالمية التي يمكن إعادة استخدامها المطلق بنحو 2.5 عدد مرات الرقم المعروف للاحتياطي المؤكد. ويشير النموذج الجيولوجي إلى أن هناك مزيداً من البترول في الأرض ليس من الجدوى الاقتصادية إيجاده أو إنتاجه الآن.

يمثل الافتراض الأساسي في برنامج IFs النظرة التقليدية بأن الوقود لن ينفد من العالم. وسيستمر إنتاج البترول في الارتفاع لعقود قادمة، وسوف تكون القيود على مصادر البترول والغاز واضحة في نهاية الأمر، وتظهر في ارتفاع أسعار الإنتاج، وارتفاع أسعار البترول والغاز،وسوف يظهر تكيف اقتصادي على شكل تقنيات جديدة ومصادر طاقة جديدة.

ومثل معظم المواضيع المهمة التي يغطيها هذا الكتاب، فإن وجهات النظر تختلف والمجازفة للحصول على الجواب الصحيح كبيرة جداً. يناقش كتاب Beyond Oil للجيولوجي (Kenneth Deffeyes 2005)، والذي يستخدم نموذج منحنى هربرت، عدم وجود مصادر بترول مهمة تقليدية للبحث عنها وبأن إنتاج البترول العالم سيبدأ بالانخفاض قريباً. وإذا لم يكن هناك وقت كافٍ للتحول بسلاسة إلى مستقبل طاقة بديل فإن مثل هذا التطور قد يكون له أثر عميق على الاقتصاد العالمي وحتى على السلام العالمي. وسوف نرى في قسم العوارض، كيف يمكن لبرنامج IFs أن يساعدنا في التفكير بسيناريوهات طويلة المدى مختلفة جداً ومبنية على رؤى مختلفة لمصادر الطاقة.



الشكل 1 - 8: أسعار بترول الولايات المتحدة المستورد.

ملاحظة: السنة الأساسية للأسعار الحقيقية 2000.

المصدر: قاعدة بيانات وزارة الطاقة الأمريكية. 2005.
http://www.eia.doe.gov.emeu/cabs.chron.html.

تتفاوت سيناريوهات مستقبل الطاقة العالمية في توقعاتها عن نفس المتغيرات والتي تغيرت بشكل سريع في الماضي. المستوى العام للطلب على الطاقة، والقوالب العامة لأنواع الطاقة التي سترضي هذا الطلب،واحتمالات عوارض التموين المهمة على المدى القصير. بالإضافة، إلى أن محللي مستقبلات الطاقة ينظرون الآن باهتمام خاص إلى النتائج البيئية لاستخدام الطاقة. وسوف نستعرض باختصار ما يقوله المتوقعون عن كل جانب من نظام الطاقة.

تميل وزارة الطاقة والهيئة الاقتصادية الدولية (IEA) لمنظمة OECD[2] إلى التوقع على مدى عشرين أو خمس وعشرين سنة فقط. وفي الولايات المتحدة تتوقع مجلة DOE لعام 2004،(2004: 167- 163 International Energy Outlook) بأن يكون معدل النمو العالمي 1.8% GDP في السنة مع بقاء أسعار البترول الحقيقية ثابتة تقريباً. وافترض توقع IEA لعام 2004 [2] أن يكون النمو الاقتصادي الدولي أعلى خلال عام 2030 ـــ 3.2 % للسنة – ولكن نمو الطلب العالمي للطاقة سيكون أقل، نحو 1.7 %، مشيراً إلى مكاسب أعظم في الطاقة. ويتوقع DOE وIEA أن يبقى البترول المصدر المسيطرعلى الطاقة لعدة عقود قادمة. وسوف تتغير قليلاً حصص مصادر الطاقة في وضع خططهم الرئيس بين الآن وعام 2025 أو 2030، بزيادة الغاز الطبيعي وانخفاض بسيط في الفحم. ولا تتوقع أي من الهيئتين أن تزيد حصة الطاقة المستمدة من المصادر المتجددة كثيراً في هذه الفترة على أساسي عالمي، إلا إذا أخذت الحكومات مبادرات رئيسة.

درست الهيئة الدولية لتغير المناخ (IPCC) أفقاً أطول وفي تقييمها في دورتها الثالثة أخرجت أربعين سيناريو يغطي نطاقاً واسعاً من الاحتمالات خلال عام 2100. وبقي الرابط بين نمو GDP واستخدام الطاقة قوياً في جميع السيناريوهات تقريباً. مع تعادل نمو الطاقة بنحو النصف لكل سنة في نمو GDP مظهراً مكاسباً كافية ومستمرة ومستقرة مع ما تمت تجربته في العقود الماضية. وفي سيناريوهات النمو الاقتصادي العالية افترض أن GDP العالمي سينمو بأكثر من 3% في السنة للسنوات المئة القادمة منتجاً 21 مرة زيادة في GDP العالمي ـ ومفترضة مكاسب كافية وواضحة ـ وزيادة سبع مرات في مجموع استخدام الطاقة (الجدول 1 - 8).

كيف يمكن للعالم أن يشبع الطلب المستقبلي على الطاقة والذي هو أكبر بمرتين إلى سبع مرات عن طلب اليوم؟ أو لكي نركز بصورة أوضح على السؤال المهم، كم المخزون المتوقع أن يتوافر مستقبلاً من الوقود الحجري المتضرر بيئياً ومن كم شكل طاقة متجددة؟ في بعض سيناريوهات IPCC يرتفع عالياً استخدام البترول خلال عشرين أو ثلاثين سنة ثم ينحدر تدريجياً إلى صفر بحلول عام 2100، وفي أخرى، يستمر استخدام البترول في الارتفاع ــ إلى أربع مستويات عن المستخدم الآن ـ ويستمر في الصعود بنهاية القرن. واستخدام البترول بهذا المعدل سوف يستنفذ في النهاية حتى التقدير العالي المتوقع DOE للمصادر الأبعد تقريباً ثلاثة تريليونات برميل، معاكساً الاحتياطي المعروف لـ 1.2 تريليون برميل. وفي نطاق زمني يتجاوز المئة عام فإن جميع السيناريوهات الأربعين تفترض زيادة كبيرة في استخدام الوقود المتجدد، ولكن مرة أخرى النطاق كبير جداً، ومن زيادة بثلاث مرات للحجم الحالي في جانب متطرف إلى أربعين مرة زيادة الجانب الآخر.

يعتمد بشكل رئيس التوزيع المستقبلي للوقود الحجري ومصادر الطاقة المتجددة على الأسعار النسبية للحجريات، والطاقة النووية، والأشكال الأخرى من الطاقة المتجددة. وأصبحت واقعياً الطاقة النووية أغلى، لأن التكلفة الكاملة لتدمير الوقود النووي، بما في ذلك التخلص طويل المدى من مخلفات الطاقة النووية طويلة المدى، يزداد ويناسب جزءاً من التكلفة. وهناك خطوات واسعة اتخذت في استخدام القوة الهوائية في السنوات الماضية، ونما الإنتاج بسرعة من قاعدة صغيرة جداً. وعلى الرغم من أن تكلفة الطاقة المتجددة استمرت في الانخفاض إلا أنها بقيت عالية نسبياً خاصة في التطبيقات الصناعية والمواصلات والتي تحتاج إلى طاقة مكثفة أكثر مما هو مطلوب في التطبيقات السكنية أو التبريد والتدفئة التجارية. بالإضافة، إلى أن معظم الأشكال «الجديدة المتجددة» متقطعة في غياب التخزين الغالي أو شبكات قوة مترابطة وواسعة جداً[6].

الجدول 1 - 8 سيناريو IPCC: النمو العالمي واستخدام الطاقة.

	2000[1]	منخفض 2100	عال 2100	زيادة 100سنة[2]	
GDP (تريليون $ أمريكي في عام 1990 سعر الصرف والأسعار)	26.9	197.0	555.0	×7.3	×20.6
السكان (بالبلايين)	6.1	5.3	15.1	×0.9	×2.5
مجموع الطلب الرئيس على الطاقة (خارجي)	397.0	514.0	2.737.0	×1.3	×6.9
الطلب على البترول (خارجي)	153.0	0.0	690.0	ـــــ	×4.5
إنتاج الطاقة من مصادر متجددة (خارجي)	59.0	242.0	1.742.0	×4.1	×29.5

[1] تتفاوت القيم المبدئية قليلاً في السيناريوهات.

[2] رقم يظهر رقم 2100 كما هو مضاعف في رقم 2000.

المصدر: جداول IPCC/SRES بتاريخ 1 يوليو 2000. موجودة على http://sres.ciesin.org.

لا تتوقع DOE وIEA أن تزيد الأشكال المتجددة الجديدة للطاقة زيادة حصتهم في إنتاج الطاقة العالمي في العقود القليلة القادمة، ومجلس الطاقة العالمي ليس أكثر تفاؤلاً منهم(7). وصممت سيناريوهات IPCC لتظهر التأثير البيئي لنطاق رائع من سيناريوهات استخدام الطاقة أكثر مما هي لكيفية التحول من مستقبل بديل لآخر.

وستعتمد سرعة تحول العالم من الوقود الحجري على الحركة في الأسعار، والتطورات التقنيـة، والقرارات السياسية والتي هي غير قابلة للتوقـع. ويزودنا نموذج IFs بأداة مفيدة للتفكير بكيفية حدوث التحول.

و في اتجـاه العالم ببـطء إلى نظام طاقة متجدد وجديد مـا هي احتمالات حدوث خضـات متسقبلية في المخزون مثل صدمات الطاقـة في سبعينيات وثمانينيات القرن الماضـي؟ والاعتماد على بترول الشرق الأوسط مرتفـع ومستمر. وجاء نحو 28% من إنتـاج العـالم في عام 2004 من دول على الخليج العربي ـــ وهي منطقة مليئة بالنزاع السياسي. وحتى إذا لم يكن هناك حاكم واحد قادر على احتكار مصادر بترول المنطقة فإن معظم بترول المنطقة يحمل بالخزانات عبر مضيق هرمز، وهي نقطة ضيقة ليس مـن السهولـة استبدالها لو أقفلت أو هـددت بحرب أو إرهـاب. وأي اضطراب جدي لمخـزون البـترول في منطقـة الخليج العربي قد يرفـع بأسعار البـترول في العالم وقد يشعل سقوطاً اقتصادياً عالمياً.

وموضـع آخر مهم سياسي ـ اقتصادي هو موافقـة المنتجين الكبار للبترول والغاز الطبيعي مثل روسيـا، والسعودية، والكويت، وقطر، والعراق بزيادة الإنتاج والتصدير في الوقت الذي يتزايد استنفاذ العالم لمصادره في أماكن أخرى وعلى الرغم من أنهم يملكون المصادر لذلك فقد لا يكون من مصلحتهم أن يزيدوا الإنتاج جوهرياً لسنوات قليلة ثم يواجهوا هبوطاً متلاحقاً وسريعاً في الإنتاج والأرباح. وبدلاً من ذلك، يمكنهم أن يختاروا تحجيم الإنتاج في مستويات توفر أرباحاً أساسية وربما أيضاً بأسعار أعلى مما لو أنتجوا أكثر، وليطيلوا عمر ثرواتها الطبيعية. إذا كان الوضع كذلك فإن منحني هربـرت لإنتاج العـالم المستقبلي قد يبرهن على أنه مسطـح بشكل كبير عما لو كانت المصادر العالمية الباقية منتشرة حول العام.

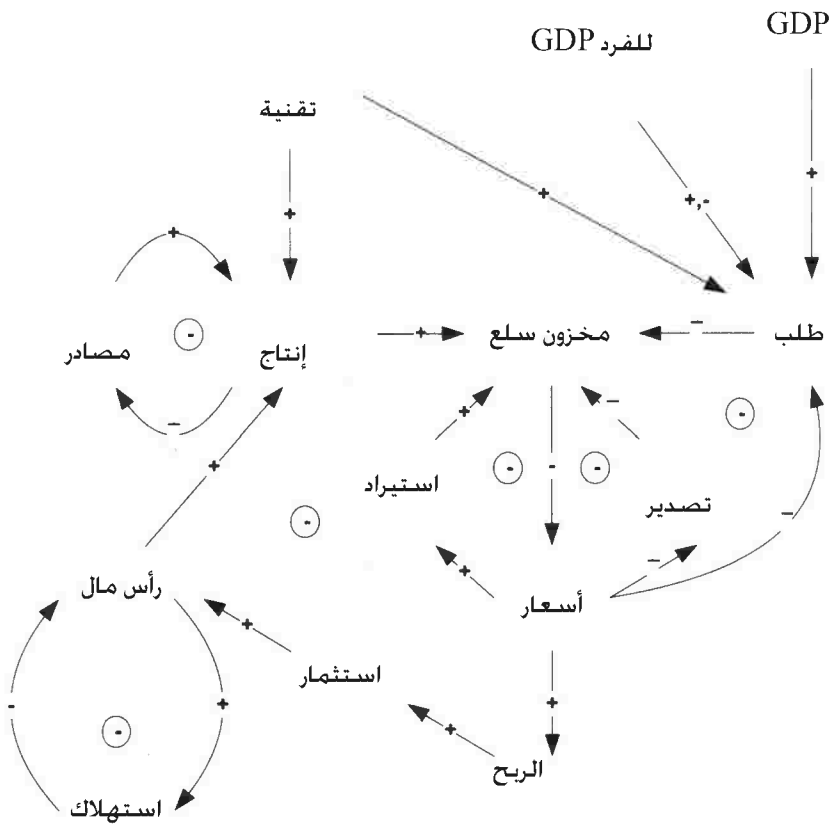
ازداد استيراد الولايات المتحدة من البترول في السنوات الماضية، باستمرار الطلب وهبـوط الإنتاج المحلـي (الولايات المتحدة هي ثالث منتج للبـترول في العالم). ويعني النمـو السريـع في الاقتصاد الصيني بالإضافـة إلى إنتاج البـترول أن دولة أصبحت

مستـوردة كبيرة للبـترول ومهتمه بتأمين حاجتها من الطاقة. وتمـر الهند أيضاً بنمو سريـع في الطلب علـى الطاقة وهي معتمدة بشكل كبير على مخـزون الخليج العربي. وفي المقابـل، ارتفع بقوة إنتاج الطاقة في روسيا وعدة دول أخرى في الاتحاد السوفيتي سابقـاً في العقـد الماضـي، وهناك احتمـال لزيادة جوهريـة في تصديـر الطاقة إذا حافظ الاستكشـاف على مستواه والاستثمار في البنية التحتيـة وهناك رغبة سياسية لرفعهمـا. وعلى الرغم من أن سيناريوهات DOE وIEA وIPCC تلمح إلى أن الطاقة في بعض الأشكال ستكون متاحة بكميات كافية وأسعار منخفضة لتسمح باستمرار نمو اقتصادي قوي، فإن استخدام المحاكاة في نموذج IFs يسمح لنا بتحليل الأوضاع التي يمكن للافتراضات البديلة أن تختبر وتستكشف احتمالاتها الجغرافية السياسية.

القوى المحركة للطاقة والدافعية

تشبـه كثيراً القـوى المحركة الرئيسة لنظام الطاقة العالمـي (انظر الشكل 2 - 8) القوى المحركة التي رأيناها في نظام الغذاء العالمي (انظر الشكل 2 - 8). ومرة أخرى نكـرر أن للطلب أهمية كبيرة في النظام، ولكن محركاته الرئيسة هي حجم الاقتصاد (بـدلاً مـن السكان) وسمة ذلـك الاقتصاد. وتتغـير جوهرياً متطلبـات الطاقة كلما تزايـد GDPs للفرد كما تحول الاقتصاد عـبر الزمن من الزراعة إلى الصناعة ومن الصناعة إلى الخدمات وأخيراً إلى قطاع المعلومات.

يبحـث معظـم نظـام الطاقـة إلى تزويد طلـب الطاقة عـبر مجموعة مـن دوائر التغذيـة الراجعة السلبية. وكما هي الحال مع الزراعة، تلعـب الأسعار دوراً رئيساً في هـذه الدوائـر بما في ذلك الدائرة التي تتحكم بالاستثمـار وتلك التي تحدد مستويات استيـراد وتصدير الطاقـة. وأحد الاختلافات بين الطاقة العالميـة وأنظمة الغذاء أنه مـن المهـم عرض أنواع مضاعفي الطاقة في نظام الطاقـة ليسمح للنظام بالتنقل بين أشكال تزويد الطاقة بما أن التكلفة النسبية تختلف بمرور الوقت.



الشكل 2 - 8 القوى المحركة للطاقة.

المصدر: نموذج المستقبل العالمي, 2005.

الاختلافات بين الطاقة العالمية وأنظمة الغذاء أنه من المهم عرض أنواع مضاعفي الطاقة في نظام الطاقة ليسمح للنظام للتحول بين أشكال مزود الطاقة بما أن التكلفة النسبية تختلف بمرور الوقت.

واختلاف رئيس آخر أن الأسعار تؤثر جوهرياً في طلب الطاقة أكثر مما تؤثر في الطلب على الغذاء (وهذا الفرق موجود في معيار القيم، وليس في بنية النموذج الأساسية). وربما أكثر الأراء أهميةً والتي أدت إلى زيادة أسعار الطاقة حقبة السبعينيات من القرن الماضي هي الدرجة التي زاد بها استهلاك الطاقة ويمكن

أن ينفصل عن النمو الاقتصادي. وقبل 1970 كانت الحكمة التقليدية أن استخدام الطاقة يرتفع في خطوات متابعة لـ GDP.

ولكي يلبي النموذج الطلب فإنه يفترض احتمالات كبيرة جداً لبدائل عبر أنواع الطاقة على المدى الطويل. ويفترض أيضاً في سيناريو الافتراض الأساسي كمية كبيرة من التغير التقني في الاستفادة من الطاقة، ويتوقع أن تكون الحاجة لوحدات طاقة قليلة في المستقبل للحصول على المعدل نفسه من المخرجات. والسيارات المجمعة على سبيل المثال، توضح الإمكانية المتاحة لتحسين استهلاك الجازولين.

يعتمد مخزون الطاقة على فرص الربح المتوافرة لمنتجي الطاقة الحاليين والمحتملين. ويفترض برنامج IFs أن مجموع طلب الطاقة بالدولة يمكن أن يلبى باستخدام واحد من ستة مصادر: هي البترول، والغاز الطبيعي، والفحم، والكهرباء المولدة، والنووي، والمصادر المتجددة الأخرى للطاقة. كما يظهر النموذج أيضاً مصادر بترول غير تقليدية بأسعار عالية.

يفترض أن تستمر التكنولوجيا في التقدم من ناحية المخزون سامحة للمنتجين باستخلاص البترول والمصادر الأخرى بأسعار أرخص وتحولها وتنقلها بكفاءة أكثر. ويوقع أن تصبح المصادر المتجددة للطاقة أكثر مصدر مهم للطاقة ـ الريح، والكهربي ضوئي، والحرارة الأرضية ـ وأن يجعلها التقدم التقني منافسة أكثر للوقود الحجري التقليدي. وليس هناك أي طريقة علمية لتوقع هذه النسب المهمة للتغير التقني. والخط الرئيس الافتراضي في برنامج IFs يوضح أن النسب المختلفة التقنية للتغير والمتجسدة في النموذج تستمر في اتجاه المعدلات. ويسمح لمستخدم النموذج بتغيير النسب البديلة لاستكشاف نطاق من المخرجات ولكن هناك بالضرورة حزام كبير من الغموض يحيط بأي توقع لتغير تقني.

والنقاط الدافعة الرئيسة لاستكشاف مستقبلات الطاقة هي: 1- النمو الاقتصادي، 2- التقدم التقني للمخزون والجغرافيا. 3- توقف المخزون بسبب عوامل مختلفة وهناك أيضاً غموض واضح يصوغ ويحيط بالمصادر النهائية للزيت والغاز.

تحليل السيناريو والعوارض

المواضيع الرئيسة في نظام الطاقة هي مستوى الطلب، وطبيعة قالب المخزون المتوافر لإشباع ذلك الطلب، وإمكانية انقطاع قصير المدى للمخزون (مرتبط بمستويات الاعتماد الخارجي). وسوف نتناول كل واحدة من هذه المواضيع على حدة. وتشمل المؤشرات المهمة في الطاقة: إنتاج الطاقة (ENP)، والطلب على الطاقة (ENDEM)، ونسبة الطلب على الطاقة إلى (GDP ENRGDP)، وأسعار الطاقة (ENPRI). وسوف نلقي نظرة على النموذج العالمي لإنتاج الطاقة (WENP) والأسعار (WEP). انظر إلى رزم العروض، مصادر الطاقة الدولية، وخط البيانات؛ لتأخذ فكرة عن تحول الطاقة المطبقة في الافتراض الأساسي والسيناريوهات الأخرى. أو انظر إلى التقرير الأساسي؛ لترى توقعات متغيرات الطاقة الرئيسة سواء عن طريق الدولة أو المنطقة.

أشرنا سابقاً إلى أنه يمكن أن يكون هناك احتمال أكبر للدافعية في جانب الطلب لنظام الطاقة عما هو في جانب المخزون. وبالنسبة للطلب، هناك أربع معايير رئيسة: الأول مضاعف مباشر على طلب الطاقة (endemm)، ويمكن أن تعدل إذا أردت أن تختبر تأثير تخيل ارتفاع الطلب على الطاقة أسرع أو أبطأ نسبياً من نمو GDP عن النسبة الداخلية. المعيار الثاني مطاطية طويلة المدى لمرونة أسعار طلب الطاقة (elasde). لاحظ أن هذه المطاطية لها علامة سلبية (كلما ارتفعت الأسعار هبط الطلب على الطاقة). وعلى الرغم من عدة محاولات لتقدير هذا المعيار المبني على بيانات الأسعار والطلب، وما زالت قيمته تخمينية. والقيمة المستخدمة في النموذج قد تحتسب عالية جداً لبعض المحللين لتأثير قصير المدى ولكن منخفضة جداً للتأثير طويل المدى. ويمكن أن يؤثر دراماتيكياً تغيير أسعار الطاقة المباشرة عن طريق زيادة الضرائب (carbtax) على طلب الطاقة. ويمكنك أيضاً تغيير نسبة النمو المتخيل في كفاية الطاقة (enrgdpr). ولكن وكما رأينا في نقاشنا عن سيناريوهات DOE وIPCC فإن هذه النسب توقعات في الأساس عن نسب تحولات تقنية والتي يمكن للتجربة التاريخية أن تقودنا فيها ولكنها لا توفر قاعدة صلبة للتوقع.

وجانب مخزون الطاقة يعد أصعب بالنسبة للنموذج. ويفترض أن يعتمد إنتاج الطاقة (ENP) على رأس مال الأسهم في ظل قطاع الطاقة (الفحم، البترول ...إلخ) في كل دولة،ورأس المال/ نسب المخرجات (QE) لذلك النوع من الطاقة. وتصاغ رأس المال/ نسب المخرجات بدورها بقوة للوقود الحجري بمستوى الاحتياطي (RESER) والمصادر الأساسية (RESOR)، وتبنى المعايير التي تربط الاحتياطي والأرباح بقرارات الاستثمار والاستكشاف والتغيرات في الإنتاج على الاتجاهات التاريخية ولكنها محفوفة بقدر كبير من الغموض وأعطي المستخدم مساحة كبيرة في تعديل العلاقات في تحليل السيناريو.

وهناك العديد من البوابات في برنامج IFs للدخول إلى المخزون، وإعادة صياغة التعادل عبر البترول والغاز والتوليد الكهربائي، والنووي وأنواع الطاقة الأخرى المتجددة (تصنيفات داخل البرنامج). ويمكنك أن تجرب مع مثل هذه الدافعيات مباشرة عبر المضاعف على أنواع الإنتاج الفردي (enpm). وفي الواقع، يمكنك فرض نسبة نمو معينة على شكل من أشكال الطاقة عبر معيار نسبة التحكم بنمو إنتاج الطاقة (eprodr). والقيمة العادية لمثل هذا المعيار هي صفر، وتسمح للنموذج بالحساب الداخلي لإنتاج الطاقة حسب المنطقة ونوع الطاقة. وتفرض القيم الأعلى من الصفر مثل 0.035 نسبة نمو الإنتاج على النموذج (في هذا المثال، نسبة 3.5 % كل سنة). مرة أخرى، انظر إلى نظام المساعدة أو الملحق لشرح أكثر عن معايير معينة.

← يؤثر مضاعف إنتاج الطاقة (enpm) على إنتاج الطاقة بحسب نوعها. وافتراض الخط الرئيس يقول: إن مصادر الطاقة المتجددة سوف تنمو أهميتها بسرعة (انظر إلى WENP لجميع أنواع الطاقة). ماذا يحدث إذا كان الافتراض متفائلاً جداً؟ إذا قطعت قيمة enpm للطاقة المتجددة (يمكنك القيام بذلك عن طريق شجرة السيناريو) من 1.0 إلى 0.2 لمجموعة العالم. فما هو التأثير على أسعار الطاقة العالمية والمخرجات الاقتصادية؟ لاحظ أنه على الرغم من ارتفاع استخدام البترول والفحم في السيناريو، فإن فاعلية

الطاقـة أيضاً ارتفـع استجابة لارتفاع أسعـار الطاقة، محسنـة بعض النتائج البيئية والاقتصادية السلبية للبطء في التحول إلى مصادر الوقود المتجددة.

وعلـى الرغم من أن هذه المعايير سوف تجبر النمـوذج على إنتاج الكثير أو القليل مـن نوع الطاقة المطلوب، فإن النموذج أيضـاً يشتمل على معايير تتحكم بأوجه معينة لنظام الطاقة والتي تسمـح بارتفاع داخلي لمستويات إنتاج مختلفة. على سبيل المثال، سـوف تؤثر الوفرة الأساسية لمصادر الوقود الحجـري على مستقبلات إنتاج الطاقة. ارجع إلى الافتراض الأساسي وانظر إلى القيم عبر الزمن للاحتياطي العالمي المعروف للبترول والغـاز (WRESER). ويزداد الاحتياطي المعـروف بالتوسع في الاكتشافات (إلى أن نصل إلى الحد المفترض للمصادر) ويقل بالإنتاج. وسقط احتياطي البترول في النصـف الأول من القـرن الواحد والعشرين وسقوطه يحد مـن الإنتاج. وحتى إذا افترضـت (من خـلال enpm) التحسينات التقنية في إنتاج البـترول فإن القيود على مجمـوع الاحتياطي يبقى كما هو؛ لأن البترول والغاز يميلان إلى أن يكونا أرخص من أشكال الطاقـة الأخرى (مثل النووي، الفحم، أ، الطاقة المتجددة) ويضع القيود على إنتاجهم ضغطاً عالياً على أسعار الطاقة الدولية (WEP).

ويطـرح بعض المراقبين مقولة: إن المتشائمين قللوا من احتياطي البترول والغاز في الأرضـ بشكل روتيني (على سبيل المثال، بتوقعهم بنضـوب مخزون الولايات المتحدة في بدايـة القرن العشرين، قبـل اكتشاف حقول البترول الكبـيرة في تكساس). وربما تكون الافتراضات عن احتياطـي العالمي الأساسي من البترول والغاز (WRESOR) في النموذج موافقة جداً.

← يمكنك إدخال افتراضـات أكثر تفاؤلاً عن مصادر الطاقة الدولية وذلك بتغيير قيمـة مضاعف المصدر (resorm). جـرب مضاعفته لمصادر البترول والغـاز في العـالم. زد باستمرار نسبة الاكتشاف العالمـي للبترول والغاز وذلك بمضاعفـة مضاعف نسبة الاكتشاف (rdm). ما هو تأثير ذلك على احتياطي العالم والأسعار؟ هل يؤثر على GDP في العالم للفرد (WGDPPC) أو نوعية الحياة (WPQLI)؟ وماذا عن GDP لـ OPEC؟

← ومن الممكن أيضاً أن تكون الاحتمالات للافتراض الأساسي متفائلة جداً. يوجد في مكونات السيناريو المخزن (تحت صياغة سيناريو، مصادر الطاقة) سيناريو اسمه .....2010 طوره مازك سندور ويظهر افتراضات مصادر البترول والغاز أقرب لتلك التي وضعها ديفيز (2005). وأضف ذلك إلى الافتراض الأساسي في الشجرة واستكشف المضامين.

وقد يتساءل بعضهم عن الاحتمالات الموجودة في الافتراض الأساسي في برنامج IFs الخاصة بتكلفة إنتاج الطاقة المستقبلي. ويمكن للتقدم التقني أن يزيد إنتاج الطاقة الممكنة بمستويات الاستثمار نفسها. وإذا كنت مهتماً بالموضوع، فيمكنك سبر غور مضامين خفض (أو زيادة) تكلفة إنتاج الطاقة في منطقة أو مستوى محدد لنوع الطاقة. ويسمح لك مضاعف تكلفة رأس مال الطاقة (qem) بذلك. وترفع القيم العالية رأس مال التكلفة لإنتاج الطاقة وتقلل القيم المنخفضة هذه التكلفة. وهذه طريقة جيدة لمعرفة اتجاهات التغيرات الممكنة في تكلفة تقنيات الطاقة المتجددة. (وكما هي الحال مع المضاعفات الأخرى، يجب أن تُبقي القيمة المبدئية عند حد 1.0 وتستكمل إلى قيمة جديدة عبر الوقت).

وما زال هناك معيار لإنتاج الطاقة هو مضاعف للاستثمار في الطاقة (eninvm). يساعدك هذا المعيار في إدخال تغيرات إذا كنت تعتقد أن الضرائب الحكومية أو سياسة الإعانات الحكومية قد تقود إلى زيادة أو انخفاض في استثمار الطاقة. ويزيد المعيار أو يخفض مجموع استثمار الطاقة، تاركاً النموذج يكمل تقسيم ذلك الاستثمار بين أنواع الطاقة على اعتبارات تكلفة نسبية. وتذكر، أن النموذج عادة «يرفض» التغيرات التي تدخلها عبر مثل هذه السياسات. على سبيل المثال، قد تقود زيادة في استثمار الطاقة مفروضة بالمضاعف eninvm إلى إنتاج أعلى، وأسعار أقل، وأرباح أقل لمنتجي الطاقة. وهذا قد يدفع بميكانيكية الاستثمار الداخلية للنموذج في أن تخفض الاستثمار الذي تطبق عليه المضاعف.

ولأنه لم يكن مرضياً ترك قوالب العرض والطلب تتحكم بأسعار الطاقة، فقد حاول مصدري الطاقة ومستوردي الطاقة بدرجة أقل أن يتحكموا مباشرة بأسعار

الطاقـة في الماضي. إذا وضعت المعيـار enprix إلى أي قيمة عدا الصفر فإنه سيضع خارجياً أسعار الطاقة (ENPRI) لتلك المنطقة. وهذا النوع من السيناريو، مثل تثبت الأسعار في الأسواق، يمكن أن يكون له نتائج عكسية وخاصة إذا أدى إلى نقص.

وبغض النظر عن التطور في العرض والطلب لأنظمة الطاقة العالمية فإن من الممكن حصـول انقطـاع قصير المدى. ويملك مستـوردو البترول ومصـدروه أيضاً الخيار في وضع حدود مباشرة على كمية البترول والغاز الذي يستوردونه أو يصدرونه .

← يمكنـك أن تختبر كيـف بنى سيناريو IFs. لاستكشـاف سياسة أوبيك OPEC متخيلـة لمنع مخـزون بترول عالمـي. اذهب إلى القائمـة الأساسية وانقـر علـى تحليـل السيناريو، تحليـل سيناريـو سريع مع شجـرة، ملفات السيناريـو، افتح، أخـرى، سيناريوهات العالم مدمجـة ـــ NIC 22020. الخلافـة الجديدة. هذه المجموعة مـن الأوامر حملت إلى الشجرة سيناريو استخـدم لمساندة مشروع مجلـس الاستخبارات الوطنـي للولايات المتحدة 2020 (2004). افحـص العوارض في الشجـرة وخاصـة قطـع الإنتاج في مخرجـات البترول في دول الأوبك. أدر السيناريو وقارن نتائجه بالافتراض الأساسـي. مـاذا حـدث لأسعـار الطاقـة؟ GDP؟ ولأن السيناريو يفترض اضطراب سياسي اجتماعي واسـع، بالإضافة إلى قصور مخزون البترول، يمكـن أن يؤثـر GDP أكثر مما يمكـن أن يؤثر سيناريو يصـاغ بدرجة أقل سياسياً لانقطاع مخزون البترول.

توصيـات البحـث. لاستخـدام بحث فعـال للنموذج، فمـن الأفضل أن تبـدأ بسؤال محـدد: مـاذا يمكن أن تكـون احتمالات نمو أبطـأ في طلب الطاقة لمعتمـدي الاستيراد للولايـات المتحدة؟ كيف يمكن لأشكال الطاقة المتجـددة أن تصل سريعاً إلى تموين 50 % مـن احتياجـات الطاقة العالميـة؟ ما هو مقدار الضرر الذي قـد تحدثه حرب تدخل فيها دول الأوبك على اقتصاد الدول المستوردة للبترول؟ وبعد أن تحدد سؤالك بوضوح، فكر بكيـف ستطبق السيناريو المطلوب التحقق منه (وليس بالضرورة الإجابة). ودائماً راجع نتائجك بعناية لتتأكد من أن السيناريو الذي تنوي تطبيقه هو الذي رسمته. وربما

وهـو الأهم، ألا تقبل النتائـج ببساطة من النموذج بوصفها جوابًـا لأسئلتك. افحصها جيداً وحاول أن تشرح لماذا أنتجها النموذج. هل هناك منطق؟ لماذا ولماذا لا؟ استخدم النموذج «أداة تفكير» وليس كرة سحرية. أين يمكن أن يكون النموذج غير دقيق؟

الخاتمة

في هـذا الفصـل فحصنا العرض والطلب على الطاقـة. والنموذج الثانوي للطاقة لبرنامج IFs أساسي في المقاس والغطاء للنظام. ومع ذلك هناك العديد من النواحي في نظـام الطاقـة العالمي مقلقه جـداً (سقف احتياطـي البترول، مثـلاً، أو مطاطية الأسعـار علـى المدى الطويل للطلـب على البترول) وليس هناك نمـوذج ـ بما في ذلك برنامج IFs ـ قادر عن الإجابة على كل هذه الأسئلة المهمة. بني برنامج IFs مع نقاط عوارضـ كافية؛ حتى يمكـن لعدة وجهات نظر مختلفة أن تجـرب وتستكشف بنماذج المحـاكاة. وعلى الرغم من أننا ركزنا حتى الآن في الغالـب على النواحي الاقتصادية لنظام الطاقة العالمي، فإن النتائج البيئية لاستخدام الطاقة لها اهتمام متنامٍ. وسوف نتحدث عنها في الفصل القادم.

الملاحظات

1- أعاد د. إيفان هيلبراند Evan Hillebrand كتابة هذا الفصل لهذه الطبعة.

2- IEA وكالـة منظمة التعاون الاقتصادي والتنميـة (OECD)، وهي اتحاد ترعاه حكومات 30 دولة صناعية. وتركز على الأبحاث الاقتصادية والتنسيق السياسي.

3- تحتسـب أشكال المتجـددة الجديدة ـ الريـح، الشمسية، الحـرارة الأرضية، الاحتراق لتوليد الطاقـة من المخلفات بأقل من 1% من توليد الطاقة الرئيسة في العـالم في عـام 2002. انظـر IEA, World Energy Statistics 2004. وتحميل مجاني من www.oecd.org.

4- تشغيل الخط الرئيس لـ IFs للنمو الاقتصادي العالمي حين كتبت هذا الإصدار (2005) كان نحـو 2.6% في السنـة لـ 100 عـام قادمة (نحـو 3% للخمسة

والعشرين عاماً القادمة)، منتجة ارتفاعاً مهولاً في مستويات المعيشة في جميع الدول تقريباً وزيادة هائلة في الطلب العالمي على الطاقة. وارتفع الطلب العالمي على الطاقة إلى نحو 1.5% في السنة، وبناء على الافتراض الموجود فإن فاعلية الطاقة ستستمر بالارتفاع بنحو 1.1% للسنة. ويفترض النموذج أن يرتفع مخزون البترول العالمي قبل الذروة ثم يتراجع تدريجياً بوجود مصادر طاقة متجددة أكثر منافسة اقتصادياً وتأخذ حصة متنامية في السوق.ويتغير الافتراض الأساسي في IFs باستمرار مع البيانات وتحديث النموذج.

5- الهيئة الدولية لتغير المناخ، (Special Report on Emissions Scnarios, Cambridge University Press, 2000). أخذت البيانات المستخدمة من إصدارات «منقحة» (الإصدار 1.1 يوليو 2000) لنسخة الغلاف المقوى المتوافرة على http://sres.ciesin.org.

6- الطاقة المتجددة غير القوة المولدة ـ مثل الريح، الشمسية، الحرارة الأرضية، الاحتراق لتوليد الطاقة من المخلفات ـ تحتسب بأقل من 1% من توليد الطاقة الرئيس العالمي في عام 2002. انظر IEA, Key World Energy Statistics, 2004 على www.oecd.org.

7- ولعمل مجلس الطاقة الدولي انظر http://www.worldenergy.org.

8- يناسب هذا الافتراض تقريباً افتراضات المكاسب الفعالة المستخدمة من وزارة الطاقة في توقعاتهم طويلة المدى. انظر الولايات المتحدة /DOE/EIA 2004: 165- 166.