

التطبيق العملي لقياس مقدار عدم التيقن

الرؤساء المشاركون والمحرون والخبراء

الرئيسان المشاركان في اجتماع الخبراء بشأن المنهجيات عبر القطاعية لتقدير مقدار عدم التيقن ومستوى جودة عملية حصر الغازات

تاكا هيرايشي (اليابان) و برهاني نيينزي (تنزانيا)

محرر المراجعة

ريتشارد أودينغو

فريق الخبراء المعني بالتطبيق العملي لقياس مقدار عدم التيقن

الرئيسان المشاركان

جيم بنمان (المملكة المتحدة) و سميير هابنسيون (إريتريا)

مؤلفو ورقات الخلفية

كاي آيبل (أستراليا)؛ سيمون إيغلستون (المملكة المتحدة)؛ تينوس بولوس (هولندا)

المشاركون

سيمون إيغلستون (المملكة المتحدة)؛ كريستوفر فراي (الولايات المتحدة الأمريكية)؛ كاري غرونفورز (فنلندا)؛ نيكلاس هون (أمانة اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ)؛ تشارلز جوب (أستراليا)؛ كاتارينا ماريكوف (جمهورية سلوفاكيا)؛ جيروين ماير (وحدة الدعم الفني لبرنامج القوائم الوطنية لحصر انبعاثات غازات الاحتباس الحراري-الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ)؛ فرانك نيتسير (كندا)؛ تود ناغارا (زيمبابوي)؛ تينوس بولز (هولندا)؛ إيمانويل ريفيير (فرنسا)؛ آرثر ريبينسكي (الولايات المتحدة الأمريكية)؛ مارتيروس تساروكيان (أرمينيا)؛ بيتر زو (بوتسوانا)

المحتويات

٤	١-٦ عرض مجمل.....
٥	٢-٦ تحديد أوجه عدم التيقن.....
٦	١-٢-٦ أوجه عدم التيقن المقترنة بالرصد المستمر للانبعثات.....
٧	٢-٢-٦ أوجه عدم التيقن المقترنة بالتحديد المباشر لمعاملات الانبعثات.....
٨	٣-٢-٦ أوجه عدم التيقن المقترنة بمعاملات الانبعثات من المراجع المنشورة.....
٨	٤-٢-٦ أوجه عدم التيقن المقترنة ببيانات الأنشطة.....
١٠	٥-٢-٦ أحكام الخبراء.....
١٤	٣-٦ طرق الجمع بين أوجه عدم التيقن.....
١٦	١-٣-٦ المقارنة بين المستويات واختيار الطريقة.....
١٧	٢-٣-٦ المستوى ١- تقدير أوجه عدم التيقن حسب فئات المصادر مع تبسيط الفرضيات.....
٢٣	٣-٣-٦ التجميع وتقديم التقارير في المستوى ١.....
٢٤	٤-٦ المستوى ٢- تقدير أوجه عدم التيقن حسب فئات المصادر باستعمال تحليل مونت كارلو.....
٢٧	١-٤-٦ أوجه عدم التيقن في الاتجاهات في المستوى ٢.....
٢٩	٢-٤-٦ تقديم التقارير عن تحليل عدم التيقن في المستوى ٢.....
٣١	٥-٦ الاعتبارات العملية في المحاكاة باستعمال طريقة مونت كارلو.....
٣١	١-٥-٦ تحديد توزيعات الاحتمالات لمدخلات الحصر.....
٣٣	٢-٥-٦ ما هو حجم الجهد المطلوب لوصف عدم التيقن في مدخلات الحصر؟.....
٣٤	٣-٥-٦ اختيار تقنية المحاكاة وحجم عينة المحاكاة.....
٣٤	٤-٥-٦ التبعية والارتباط بين مدخلات الحصر.....
٣٤	٥-٥-٦ هل للارتباط أهمية؟.....
٣٥	٦-٥-٦ بعض الطرق للتعامل مع علاقات التبعية أو الارتباط.....
٣٥	٧-٥-٦ تحديد الارتباط في مدخلات الحصر.....
٣٥	٨-٥-٦ تحليل مخرجات الحصر.....
٣٥	٩-٥-٦ التشجيع على استعمال التقنيات الملائمة.....
٣٦	٦-٦ خاتمة.....
٣٧	التذييل ١-٦ اشتقاق الصيغ في الجدول ١-٦ (المستوى ١).....
٤٠	التذييل ٢-٦ مثال لحساب المستوى ١ لعدم التيقن.....
٤٤	المراجع.....

الأشكال التوضيحية

٢٦	رسم إيضاحي لطريقة مونت كارلو.....	الشكل ١-٦
٢٧	مثال لمخططات تواتر نتائج محاكاة مونت كارلو.....	الشكل ٢-٦
	مخطط حساب استعمال تحليل مونت كارلو لتقدير الانبعثات المطلقة والاتجاه في فئة مفردة مصادر واحدة باستخدام معامل الانبعثات مضروباً في معدل النشاط.....	الشكل ٣-٦
٢٩		

الجدول

٢١	المستوى ١ - حساب عدم التيقن وتقديم التقارير عنه.....	الجدول ١-٦
٣٠	تقديم التقارير عن عدم التيقن - المستوى ٢.....	الجدول ٢-٦
٤٠	مثال لحساب عدم التيقن وتقديم التقارير عنه - المستوى ١.....	الجدول ٣-٦

٦ التطبيق العملي لقياس مقدار عدم التيقن

٦-١ عرض مجمل

يصف هذا الفصل الممارسات السليمة لتقدير مستويات عدم التيقن في تقديرات الانبعاثات السنوية واتجاهات الانبعاثات مع مرور الوقت وتقديم التقارير عنها. ويحدد هذا الفصل أنواع عدم التيقن من وجهة نظر الشخص الذي يقوم بعملية الحصر ويبين طريقة الحصول على أحكام الخبراء بشكل متوافق. ويوفر الفصل مستويين للجمع بين أوجه عدم التيقن المقترنة بفئات المصادر في تقدير عدم التيقن المقترن بمجموع الانبعاثات الوطنية ويقدم مثالاً لتطبيق طريقة المستوى ١.

ويتوافق هذا الفصل مع إرشادات الممارسة السليمة على أساس المصادر المبينة في الفصول من الثاني إلى الخامس والمبادئ العامة التي يتناولها المرفق ١ المعنون "الأساس المفاهيمي لتحليل عدم التيقن" والفصلين اللذين يتناول أحدهما الاختيار المنهجي (الفصل السابع المعنون "الاختيار المنهجي وإعادة الحساب") وضمان ومراقبة الجودة (الفصل الثامن المعنون "ضمان ومراقبة الجودة").

وتعد تقديرات عدم التيقن عنصراً أساسياً لاستيفاء أي قائمة لحصر الغازات. والغرض من المعلومات عن عدم التيقن ليس التشكيك في صحة تقديرات الحصر، بل المساعدة على تحديد أولويات الجهود المبذولة لتحسين دقة قوائم الحصر في المستقبل وتوجيه القرارات بشأن الاختيار المنهجي كما هو مبين في الفصل السابع المعنون "الاختيار المنهجي وإعادة الحساب". ويدرك ممارسو الحصر أن تقديرات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في معظم البلدان وعلى مستوى فئات المصادر تتسم بقدر معقول من الدقة. على أن قوائم الحصر الوطنية المعدة وفقاً لخطط الهيئة التوجيهية المنقحة لعام ١٩٩٦ المتعلقة بالقوائم الوطنية لحصر انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (الخطط التوجيهية للهيئة) تتضمن في العادة طائفة عريضة من تقديرات الانبعاثات التي تتراوح بين البيانات المتسمة بدقة القياس والاستيفاء الواضح بشأن انبعاثات مواد كيميائية مركبة محددة وبين تقديرات منخفضة الدقة لحجم تدفقات أكسيد النيتروز الشديدة التغير والمنبعثة من التربة والقنوات المائية.

وتستخدم تقديرات الحصر في مجموعة من الأغراض. وما يهم في بعض هذه الاستخدامات هو مجموع التقديرات الوطني في حين أن ما يهم في بعض الاستخدامات الأخرى هو التفاصيل بحسب غازات الاحتباس الحراري وفئات المصادر. ولمطابقة البيانات مع الغرض المقصود منها يجب أن يكون المستعملون قادرين على فهم المصادقية الفعلية لمجموع التقدير وأجزائه المكونة على السواء. ولذلك فإن الطرق المتبعة في إعداد التقارير عن عدم التيقن يجب أن تكون عملية ومبررة علمياً وقوية بالقدر الذي يكفي لتطبيقها على مجموعة من فئات المصادر والطرق والظروف الوطنية ومعدة بشكل مفهوم لمستعملي الحصر غير المتخصصين.

هناك أسباب كثيرة وراء اختلاف الانبعاثات والامتصاصات الفعلية عن العدد المحسوب في الحصر الوطني. ويناقش المرفق ١ هذه الأسباب باستفاضة. وبعض مصادر عدم التيقن (مثل خطأ المعاينة والقيود التي تحد من دقة الأجهزة المستعملة) قد تولد تقديرات محددة وسهلة التوصيف لنطاق الخطأ المحتمل. على أن هناك مصادر أخرى لعدم التيقن قد يتعذر كثيراً توصيفها. ويبين هذا الفصل كيفية تفسير أوجه عدم التيقن الإحصائية المحددة والمعلومات الأقل تحديداً التي

تميز أشكال عدم التيقن الأخرى، وكيفية ضم هذه المعلومات لوصف عدم التيقن المقترن بمجموع الحصر وبمكوناته على السواء.

بشكل مثالي، يتم استنتاج تقديرات مستويات الانبعاثات ونطاقات عدم التيقن على السواء من البيانات المقاسة الخاصة بمصادر محددة. وحيث إنه من غير العملي قياس كل واحد من مصادر الانبعاثات بهذه الطريقة فإن التقديرات تستند في كثير من الأحيان إلى السمات المعروفة عن المصادر النمطية التي تعتبر ممثلة للمجتمع. وينجم عن ذلك مزيد من أوجه عدم التيقن، إذ لا بد من افتراض أن مجموعة هذه المصادر تعرض سلوكا مماثلا للمصادر التي تم قياسها. وقد تكفي البيانات المعروفة عن هذه المصادر النمطية في بعض الأحيان لإجراء تحديد عملي لتوزيعات عدم التيقن المقترن بها. على أننا نحتاج غالباً إلى أحكام الخبراء لتحديد نطاقات عدم التيقن.

والنهج العملي المتبع في تقدير حجم عدم التيقن في هذه الحالة هو استعمال أفضل التقديرات المتاحة، أي استعمال مجموعة من البيانات المقاسة المتاحة وأحكام الخبراء. ولذلك يمكن استعمال الطرق المقترحة في هذا الفصل لقياس نطاقات عدم التيقن في المصادر المحددة التي تتناولها الفصول من الثاني إلى الخامس، كما أنها تتيح استخدام البيانات العملية الجديدة لدى توافرها. كما يصف هذا الفصل طرق الحصول على أحكام الخبراء على نحو يقلل قدر الإمكان من خطر التحيز، ويناقش كيفية الجمع بين أوجه عدم التيقن المقترنة بمعاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة بهدف تقدير عدم التيقن في فئة المصادر ومجموع عدم التيقن في قوائم الحصر، وكذلك أوجه عدم التيقن في الاتجاه.

ويستعمل هذا الفصل مفهومين إحصائيين رئيسيين، هما دالة كثافة الاحتمالات ونهايات الثقة، وهما مصطلحان يرد تعريف رسمي لهما في المرفق ٣ المعنون "المصطلحات" وبتناولهما بمزيد من التفصيل في المرفق ١ المعنون "الأساس المفاهيمي لتحليل عدم التيقن". فأما دالة كثافة الاحتمالات فهي باختصار تصف نطاق القيم الممكنة وأرجحيتها النسبية. وأما نهايات الثقة فهي تحدد النطاق الذي يظن أن قيمة كمية غير مؤكدة تنحصر فيه، وذلك ضمن احتمال معين. ويطلق على هذا النطاق فترة الثقة. وتقترح الخطوط التوجيهية للهيئة استعمال فترة ثقة نسبتها ٩٥ في المائة وهو المجال الذي يصل احتمال احتوائه على القيمة الحقيقية المجهولة إلى ٩٥%.

إن تحليل عدم التيقن الذي يعرضه هذا الفصل لا يأخذ بعين الاعتبار أوجه عدم التيقن المقترنة بإمكانات الاحترار العالمي. ولأغراض إعداد التقارير فإن قيم إمكانات الاحترار العالمي المعتمدة في الدورة الثالثة لمؤتمر الأطراف المعني بالاتفاقية الإطارية بشأن تغير المناخ تصبح بالفعل عوامل ترجيحية ثابتة. ومع ذلك ينبغي مراعاة أن الكثير من أوجه عدم التيقن المهمة ما زال حالياً مقترنا بقيم إمكانات الاحترار العالمي وعدم إغفال هذه الحقيقة عند إجراء تقييم شامل لمجموع الانبعاثات المكافئة.

٦-٢ تحديد أوجه عدم التيقن

عدم التيقن التقديري للانبعاثات الناتجة عن بعض المصادر (مثل محطات توليد الطاقة والمركبات وأبقار اللبن) هو إما أن يكون دالة لخصائص الأجهزة المستعملة والمعايرة وتواتر المعاينة في القياسات المباشرة أو هو (في أكثر الحالات) مجموعة من أوجه عدم التيقن المقترنة بمعاملات انبعاثات المصادر النمطية وبيانات الأنشطة المناظرة. وينبغي توصيف أوجه عدم التيقن المقترنة بمعاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة باستعمال كثافة الاحتمالات. وينبغي

تحديد شكل دالة كثافة الاحتمالات عمليا في الحالات التي تتوفر فيها البيانات المطلوبة لذلك. وأما في غير ذلك من الحالات فيلزم الاستعانة بأحكام الخبراء وفقا للقواعد المبينة في القسم ٦-٢-٥ المعنون "أحكام الخبراء" أدناه. وتطرح الأقسام من ٦-٢-١ حتى ٦-٢-٤ (أدناه) أمثلة لحالات نمطية يمكن أن تنشأ في مختلف الظروف التي تتوفر فيها البيانات. وترتب هذه الأقسام الفرعية بترتيب استصوابها في إجراء تقديرات عدم التيقن.

وتتأثر مستويات عدم التيقن باختيار خوارزمية التقدير وهو ما تبرزه الممارسة السليمة حيث ينبغي في العادة أن تقترن طرق المستوى الأعلى (شريطة دقة تنفيذها) بقيمة منخفضة لعدم التيقن. وبشكل عام فإن عدم التيقن المتعلق باختيار النموذج سينعكس في نطاقات عدم التيقن التي تستنتج لتستخدم في سياق النموذج المختار.

٦-٢-١ أوجه عدم التيقن المقترنة بالرصد المستمر للانبعاثات

يندرج الرصد المستمر للانبعاثات عادة ضمن الممارسات السليمة لمصادر محددة على الرغم من ندرة استعمال هذا الرصد المستمر مقارنة بغيره من أنواع الرصد. وفي هذه الحالة يمكن أن تحدد مباشرة دالة كثافة الاحتمالات ومن ثم عدم التيقن المقترن بالانبعاثات التي تتضمن نهايات للثقة نسبتها ٩٥ في المائة. وتتطلب المعاينة التمثيلية تركيب وتشغيل الأجهزة المستعملة لإجراء القياسات وفقا للمبادئ والمراجع المبينة في الفصل الثامن الذي يتناول المسائل المتعلقة بضمان ومراقبة الجودة. وإذا ما تم تطبيق هذه القواعد، فمن غير المتوقع أن يكون هناك ارتباط بين الأخطاء عبر السنوات. ولذلك فإن دالة كثافة الاحتمالات للفرق في الانبعاثات بين سنتين (عدم التيقن في الاتجاه) سيعبر عنها ببساطة بدوال كثافة احتمالات الانبعاثات السنوية. وإذا افترضنا أن دالتي كثافة الاحتمال طبيعيتان فسوف تكون دالة كثافة الاحتمال للفرق في الانبعاثات طبيعية هي الأخرى وتمثل كما يلي:

المعادلة ٦-١

$$\text{mean} = \mu_1 - \mu_2 = \text{متوسط الفرق}$$

المعادلة ٦-٢

$$\text{standard deviation} = (\sigma_1^2 + \sigma_2^2)^{1/2} = \text{الانحراف المعياري}$$

حيث μ_1 و μ_2 هما القيم المتوسطة للانبعاثات في السنتين t_1 و t_2 وحيث σ_1 و σ_2 هما الانحرافان المعياريان لدالتي كثافة الاحتمال للانبعاثات في السنتين t_1 و t_2 . وتحسب نهايات الثقة البالغة ٩٥ في المائة (في هذه المرة للمتوسط أو للفرق بين المتوسطات) بزائد أو ناقص انحرافين معياريين تقريبا.^١

^١ ينبغي استعمال التوزيع t لتقدير فترات الثقة في حالة العينات التي يقل عددها عن نحو ٣٠.

٦-٢-٢ أوجه عدم التيقن المقترنة بالتحديد المباشر لمعاملات الانبعاث

قد يتاح في بعض الحالات إجراء قياسات دورية للانبعاثات في موقع ما. وإذا أمكن الربط بين هذه القياسات وبين بيانات الأنشطة التمثيلية، وهي بيانات بالغة الأهمية بطبعة الحال، فمن الممكن حينئذ تحديد معامل انبعاثات خاص بالموقع المحدد بالإضافة إلى دالة كثافة احتمال لتمثيل الانبعاثات السنوية.

ويمكن أن تتسم هذه المهمة بالتعقيد. وقد يحتاج تحقيق الشمول التمثيلي إلى تجزئة (أو تقسيم) البيانات للتعبير عن ظروف التشغيل النمطية. ومثال ذلك ما يلي:

- يمكن أن يؤدي الإقلاع أو التوقف إلى اختلاف معدلات الانبعاث المنسوبة لبيانات الأنشطة. وينبغي في هذه الحالة تجزئة البيانات مع اشتقاق معاملات انبعاث ودوال كثافة الاحتمال مختلفة لكل من حالات الثبات ولظروف الإقلاع والتوقف.
- يمكن أن تعتمد معاملات الانبعاث على حمولة التشغيل. وفي هذه الحالة قد يتعين تقسيم مجموع الانبعاثات وتحليلات عدم التيقن إلى طبقات لمراعاة الحمولة التي يعبر عنها مثلا كنسبة مئوية من الطاقة الاستيعابية الكاملة. ويمكن إجراء ذلك عبر تحليل انحداري ومخططات انتشار لمعدل الانبعاث مقابل المتغيرات الضابطة المرجحة (مثل الانبعاثات مقابل الحمولة) حيث تصير الحمولة جزءا من بيانات الأنشطة المطلوبة.
- قد لا تتسم القياسات التي يتم إجراؤها لأغراض أخرى بالشمول التمثيلي. ومثال ذلك أن قياسات الميثان التي يتم إجراؤها لدواعي السلامة في مناجم الفحم وحفر دفن القمامة قد لا تعبر عن مجموع الانبعاثات. وفي هذه الحالات يحتاج تحليل عدم التيقن إلى تقدير النسبة بين البيانات المقاسة وبين مجموع الانبعاثات في تحليل عدم التيقن.

وإذا كان حجم عينة البيانات كبيرا بدرجة كافية فيمكن استعمال اختبارات حسن المطابقة الإحصائية المعيارية بالإضافة إلى أحكام الخبراء للمساعدة على تحديد دالة كثافة الاحتمال المستعملة في وصف تغيرية البيانات (المجزأة عند اللزوم) وكيفية تحديد معالمها. على أن عدد القياسات التي يستدل منها على مقادير عدم التيقن صغير في كثير من الحالات. ويمكن عادة تطبيق التقنيات الإحصائية لتقدير قيم معالم كثير من التوزيعات الثنائية المعالم (مثل التوزيعات الطبيعية والطبيعية اللوغاريتمية) التي يمكن استعمالها لوصف تغيرية مجموعة البيانات طالما ثمة ثلاث أو أكثر من نقاط البيانات وطالما كانت البيانات عينة عشوائية ممثلة للكمية المعنية (كالن وفراي، ١٩٩٩، ١١٦-١١٧). وإذا استخدمت العينات الصغيرة الحجم فسوف يرتفع مقدار عدم التيقن في تقديرات المعالم مما يجب أن ينعكس عند التحديد الكمي لمقدار عدم التيقن الذي يجب استعماله لأغراض حصر الانبعاثات. وبالإضافة إلى ذلك، لا يمكن في العادة الاعتماد على الطرق الإحصائية لإيجاد تمايز بين البدائل المختلفة للمعالم عندما تكون أحجام العينات بالغة الصغر (كالن وفراي، ١٩٩٩، ١٥٨-١٥٩). ولذلك يلزم الحصول على عدد كبير من الأحكام عند اختيار تشكيلة المعالم الملائمة لمجموعة بالغة الصغر من البيانات. وفي الحالات التي يقل فيها معامل التغير عن ٠,٣ تقريبا فقد يكون التوزيع الطبيعي معقولة (روبنسون، ١٩٨٩). وأما إذا كان معامل التغير كبيرا وكانت الكمية غير سالبة فقد يكون من الملائم حينئذ افتراض توزيعات ذات التواء إيجابي، مثل التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي. ونتطرق في

المرفق ١ المعنون "الأساس المفاهيمي لتحليل عدم التيقن" للإرشادات بشأن اختيار التوزيعات وبيين القسم ٦-٢-٥ المعنون "أحكام الخبراء" أدناه فائدة أحكام الخبراء في هذا السياق.

٦-٢-٣ أوجه عدم التيقن المقترنة بمعاملات الانبعاث المأخوذة عن المراجع المنشورة

عندما لا تتوفر بيانات خاصة بالمواقع فإن الممارسة السليمة تشمل عادة وضع تقديرات للانبعثات باستعمال معاملات الانبعاث المستقاة من المراجع والتي تتوافق مع إرشادات الممارسة السليمة الخاصة بفئات مصادر محددة المبينة في الفصول من الثاني إلى الخامس. وكانت هذه العوامل قد تم قياسها في ظل ظروف معينة تعتبر إذا نمطية. وهناك أوجه عدم تيقن مقترنة بالقياسات الأصلية وكذلك باستعمال معاملات الانبعاث في ظروف أخرى غير الظروف المقترنة بالقياسات الأصلية. ومن الوظائف الرئيسية لإرشادات الممارسة السليمة لكل فئة مصادر توجيه عملية اختيار معاملات الانبعاث للحد قدر الإمكان من هذا المصدر الثاني لعدم التيقن. كما تشير الإرشادات الخاصة بفئات محددة من المصادر، كلما أمكن، إلى نطاقات عدم التيقن التي يرجح اقترانها باستعمال هذه العوامل.

وفي الحالات التي تستعمل فيها هذه المعاملات، ينبغي تقدير مستويات عدم التيقن المقترنة بها استنادا إلى ما يلي:

- البحوث الأصلية، بما فيها البيانات الخاصة بالبلد. وبالنسبة لمعاملات الانبعاث المستندة إلى القياسات فإن البيانات المستمدة من برنامج القياس الأصلي قد تمكن من إجراء تقييم لعدم التيقن وربما لدالة كثافة الاحتمال. وتوفر برامج القياس الجيدة التصميم عينة بيانات تغطي نطاق أنواع المنشآت الصناعية وصيانتها وحجمها وعمرها حتى يمكن استعمال معاملات الانبعاث وما يقترن بها من أوجه عدم التيقن استعمالا مباشرا. وستحتاج حالات أخرى إلى أحكام الخبراء لإجراء تقدير استدلالي من القياسات عن المجتمع الكامل للمنشآت الصناعية في تلك الفئة المعينة من فئة المصادر/المصارف.

- إرشادات الممارسة السليمة. توفر إرشادات الممارسة السليمة الخاصة بفئات محددة من المصادر تقديرات افتراضية لعدم التيقن في أغلب معاملات الانبعاث، وهي تقديرات ينبغي استعمالها في حال عدم توفر معلومات أخرى. وما لم تتوفر شواهد واضحة تدل على خلاف ذلك فمن المفترض أن تكون دالة كثافة الاحتمال طبيعية. على أنه ينبغي لوكالة حصر الغازات أن تجري تقييما لمدى الشمول التمثيلي للتقديرات الافتراضية بالنسبة للحالة الخاصة بها. وإذا رأيت وكالة حصر الغازات أن هذه القيم الافتراضية لا تتسم بالشمول التمثيلي وأن فئة المصادر مهمة للحصر فينبغي تحسين الفرضيات استنادا إلى أحكام الخبراء.

ويرجح لمعاملات الانبعاث التي تزيد أو تقلل من تقدير الانبعثات في سنة الأساس أن تظل كذلك في السنوات اللاحقة. ولذلك سيظل الارتباط قائما بين مقادير عدم التيقن الناتجة عن معاملات الانبعاث مع مرور الوقت.

٦-٢-٤ أوجه عدم التيقن المقترنة ببيانات الأنشطة

ترتبط بيانات الأنشطة في كثير من الأحيان بالنشاط الاقتصادي أكثر من ارتباط معاملات الانبعاث به. وتوجد في كثير من الأحيان أسعار تشجيعية ومتطلبات مالية للدقة المحاسبية في النشاط الاقتصادي. ولذلك تقل أوجه عدم التيقن المقترنة ببيانات الأنشطة ويقل ارتباطها فيما بين السنوات. وتقوم في كثير من الأحيان الوكالات الإحصائية الوطنية بجمع بيانات الأنشطة ونشرها بصورة منتظمة. ويحتمل قيام هذه الوكالات بتقييم مستوى عدم التيقن المقترن بما لديها

من بيانات كجزء من إجراءات تجميع البيانات. ويمكن استعمال أوجه عدم التيقن التي تقيمها هذه الوكالات لتحديد دوال كثافة الاحتمال. وقد لا تنتشر بالضرورة هذه المعلومات، ولذلك فمن الممارسة السليمة الاتصال مباشرة بالوكالات الإحصائية. وحيث إن بيانات النشاط الاقتصادي لا تجمع في العادة لأغراض تقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري فينبغي تقييم مدى انطباق هذه البيانات قبل الشروع في استعمالها.

وفيما يلي أمثلة للمسائل العامة والمحددة التي قد تثار بشأن نطاق التغطية والشمول التمثيلي والتكرارية من سنة إلى أخرى:

- **تفسير الفروق الإحصائية.** فالفروق الإحصائية في توازن الطاقة تمثل عادة فرقا بين مقدار الوقود الرئيسي المبلغ عنه ومقدار الوقود المحدد في فئات "الاستهلاك النهائي" و "في مرحلة التحول". ويمكن أن ينطوي ذلك على إشارة إلى حجم عدم التيقن في البيانات، ولاسيما في الحالات التي تراعى فيها المتسلسلات الزمنية الطويلة.
- **تفسير توازنات الطاقة.** ينبغي ضمان توافق بيانات الإنتاج والاستعمال والاستيراد/التصدير. وما لم يتحقق هذا التوافق والاتساق فقد يشير إلى أوجه عدم التيقن.
- **التحقق المقارن.** قد يكون ممكنا إجراء مقارنة بين نوعين من بيانات الأنشطة المنطبقة على نفس المصدر للحصول على إشارة عن نطاقات عدم التيقن. ومثال ذلك أن مجموع استهلاك وقود المركبات ينبغي أن يكون متناظرا مع مجموع المسافة المقطوعة بحسب كل نوع من أنواع المركبات مضروبا بكفاءة استهلاك الوقود
- **أعداد المركبات وأنواعها:** تحتفظ بعض البلدان بقواعد بيانات تفصيلية عن بيانات تسجيل المركبات وتحتوي معلومات عن نوع المركبة وعمرها ونوع الوقود المستعمل فيها والتكنولوجيا المستخدمة للسيطرة على الانبعاثات، وهي كلها بيانات مهمة لأي حصر صعودي للميثان وأكسيد النيتروز المنبعثين من هذه المركبات. وهناك بلدان أخرى ليست لديها هذه المعلومات التفصيلية، مما يزيد من عدم التيقن.
- **تهريب الوقود عبر الحدود:** هذه مسألة مثيرة للاهتمام وقد تولد تحيزا في بيانات الأنشطة. وقد تستخدم مقارنة الاستهلاك الظاهري مع مجموع استهلاك الوقود في مختلف القطاعات كوسيلة للتحقق المقارن.
- **وقود الكتلة الحيوية:** في الحالات التي لا تتاح فيها أسواق واضحة لتصريف هذه الأنواع من الوقود فإن مستوى دقة تقديرات الاستهلاك ينخفض كثيرا عما في حالات الوقود بشكل عام.
- **بيانات النوع الحيواني:** تعتمد الدقة على نطاق التعداد الوطني وطرق الاستقصاء ومدى موثوقيتها وقد تختلف الطرق المحاسبية المستخدمة في تعداد الحيوانات التي لا تعيش لعام كامل.

كما قد تكرر وكالات حصر الغازات أبحاثا لجمع بيانات أنشطة إضافية متوافقة مع الممارسة السليمة لتحديد أولويات الجهود المتعلقة بفئات المصادر الرئيسية (أي فئات المصادر التي تؤثر تأثيرا كبيرا على مجموع الحصر الذي يجريه

البلد لغازات الاحتباس الحراري المباشرة من حيث المستوى المطلق للانبعاثات أو اتجاه الانبعاثات أو كليهما كما هو مبين في الفصل السابع المعنون "الاختيار المنهجي وإعادة الحساب".

وقد يتعذر تقييم دوال كثافة احتمالات بيانات الأنشطة. وينبغي تطبيق الإجراءات المبينة في هذا الفصل على المعلومات المتاحة وفقا للمشورة المقدمة بشأن تفسير أحكام الخبراء في القسم التالي من هذا الفصل.

٦-٢-٥ أحكام الخبراء

ينبغي أن تستند تقديرات عدم التيقن المقترن بمعاملات الانبعاث أو قياسات الانبعاثات المباشرة إلى أحكام الخبراء في الحالات التي لا تتوافر فيها البيانات العملية. وتستند تقديرات عدم التيقن في بيانات الأنشطة في كثير من الأحيان إلى أحكام الخبراء مع الاسترشاد كلما أمكن بعمليات التحقق المقارن كما هو مبين في القسم السابق.

والخبراء هم أشخاص يتمتعون بمهارات أو دراية في مجال معين. والحكم هو صياغة تقدير أو استنتاج من المعلومات المقدمة إلى الخبير أو المتاحة له. ومن المهم اختيار الخبراء الملائمين لمدخلات حصر الانبعاثات التي يلزم تقدير عدم التيقن المقترن بها.

والهدف الذي ترمي إليه أحكام الخبراء هنا هو وضع دالة لكثافة الاحتمال مع مراعاة المعلومات ذات الصلة، مثل:

- هل يتشابه مصدر الانبعاثات مع المصادر الأخرى؟ وما هي كيفية مقارنة عدم التيقن؟
- ما هو مدى فهم عملية الانبعاث؟ وهل تم تحديد كل مصادر الانبعاثات الممكنة؟
- هل توجد قيود مادية على المدى التي يمكن أن يتفاوت ضمنه معامل الانبعاث؟ فإذا لم تكن العملية الصناعية قابلة لأن تجري بشكل معكوس، لا يمكن للانبعاثات المتولدة عنها أن تقل عن الصفر، مما قد يقيد كثيرا من نطاق عدم التيقن. كما قد تفرض اعتبارات توازن الكتلة أو غيرها من بيانات العملية حدا أعلى للانبعاثات.
- هل تتسق الانبعاثات مع تركيزات الغازات في الغلاف الجوي؟ إذ تتعكس الانبعاثات على تركيزات الغازات في الغلاف الجوي الخاص بالموقع أو على نطاق أوسع، وقد يقيد ذلك مرة أخرى من معدلات الانبعاثات الممكنة.

ويلزم الاستعانة بقدر ما من أحكام الخبراء حتى وإن طبقت الأساليب الإحصائية التقليدية على مجموعات البيانات حيث لا بد من تقرير ما إن كانت البيانات عينة عشوائية تمثيلية وإذا كان الأمر كذلك فما هي الطرق التي يمكن اتباعها في تحليل البيانات. وقد يتطلب ذلك أحكاما تقنية وإحصائية على السواء. ويلزم على وجه الخصوص تفسير مجموعات

البيانات الصغيرة التي تتسم بدرجة عالية من الالتواء أو الحذف^٢ وتعرّف الطرق الرسمية للحصول على بيانات من الخبراء باسم طلب الحصول على أحكام الخبراء .

التحيزات الممكنة في طلب الحصول على المعلومات من الخبراء

ينبغي كلما أمكن طلب الحصول على أحكام الخبراء بشأن عدم التيقن باستعمال البروتوكولات الملائمة. وحالما يتم تحديد الخبراء، ينبغي تحديد بروتوكولات طلب الحصول على المعلومات للتغلب على التحيزات التي يمكن أن تنشأ جراء الأحكام (التي يطلق عليها أحيانا اسم) التي يستعملها الخبراء عند إصدار أحكام بشأن عدم التيقن.

ومن أكثر ما يشيع من مصادر التحيزات غير المقصودة الناجمة عن الأحكام العملية ما يلي:

- *التحيز المتعلق بالتوافر*: وهو استناد الأحكام الأساسية إلى أكثر ما يسهل تذكره من نتائج.
- *التحيز المتعلق بالشمول التمثيلي*: وهو استناد الأحكام إلى بيانات وخبرة محدودة دون أخذ الشواهد الأخرى ذات الصلة بعين الاعتبار.
- *التحيز المتعلق بالثبات والتعديل*: وهو الثبات على قيمة معينة في نطاق ما وإجراء تعديلات غير كافية بمنأى عن هذا النطاق عند تقدير مستوى عدم التيقن.

وللحد من أثر المصدرين المحتملين الأولين، ينبغي أن تشمل بروتوكولات طلب الحصول على المعلومات مراجعة للشواهد ذات الصلة. أما في حالة المصدر الثالث، فمن المهم أن يطلب إلى الخبير إصدار أحكام بشأن القيم المتطرفة في أول الأمر قبل طلب أحكام عن القيم المركزية لتوزيع ما. وعندما يقدم الخبير نطاقاً بالغ الضيق من القيم فإن ذلك يعرف باسم "الإفراط في الثقة". ووفقاً لمورغان وهنريون (١٩٩٠) فإن الخبراء ينزعون في كثير من الأحيان إلى التقليل من مستويات عدم التيقن. ومن المحبذ تفادي الثقة المفرطة حتى لا يؤدي ذلك إلى التقليل من تقدير عدم التيقن الحقيقي.

كما أن هناك إمكانية للوقوع في مزيد من التحيزات المقصودة على النحو التالي:

- *التحيز المحفز*، وهو رغبة الخبير في التأثير على النتيجة أو في تفادي مناقضة المواقف السابقة بشأن مسألة ما.
- *تحيز الخبراء* الذي ينشأ عن رغبة خبير غير مؤهل في الظهور بمظهر الخبير الحقيقي في مجال التخصص. ومن شأن ذلك أن يفضي في العادة إلى إفراط في الثقة في تقديرات عدم التيقن.
- *التحيز الإداري*، وهي حالة يصدر فيها الخبير أحكاماً تحقق أهداف المؤسسة الذي ينتمي إليها بدلاً من إصدار أحكام تعبر عن آخر التطورات الفعلية في مجال المعرفة المتعلقة بمدخلات الحصر.
- *التحيز الانتقائي* الناجم عن قيام وكالة حصر الغازات باختيار خبير يصدر الأحكام التي تريد أن تسمعها.

^٢ قد يكون مفيداً في هذا الحالات النظر في طريقة عددية، مثل إعادة المعاينة، لتوصيف توزيعات العينات. ويصف كالن وفراي (١٩٩٩) وفراي وروديس (١٩٩٦) وفراي وبرماستر (١٩٩٩) طرق توصيف توزيعات متوسط المعاينة.

وأفضل طريقة لتفادي هذه التحيزات هو توخي الحذر في اختيار الخبراء.

ويمكن طلب أحكام الخبراء من الأفراد والمجموعات. ويمكن أن تفيد المجموعات في تقاسم المعرفة ومن ثم تكون جزءاً من خطوات دفع عملية طلب الحصول على المعلومات وتنظيمها وتكييفها. على أن القوى المحركة للمجموعة قد تحدث تحيزات أخرى. وهكذا يفضل عادة طلب الحصول على الأحكام بشكل فردي.

بروتوكول طلب الحصول على المعلومات من الخبراء

إن بروتوكول معهد ستانفورد للبحوث هو أحد أمثلة البروتوكولات المعروفة لطلب الحصول على المعلومات من الخبراء. ونبين فيما يلي أدناه الخطوات الخمس التي يتألف منها البروتوكول ونعرض مثالا لاستعمالات هذا البروتوكول في الإطار ٦-١ المعنون "مثال موجز لأحكام الخبراء التفصيلية".

- **التحفيظ:** مع الخبير ووصف سياق طلب الحصول على المعلومات. وينبغي شرح الطريقة المتبعة في طلب المعلومات والسبب وراء تصميمها على ذلك النحو. كما ينبغي لطالب المعلومات أن يوضح التحيزات التي يشيع حدوثها وأن يحدد التحيزات التي يمكن أن يقع فيها الخبير.
- **الهيكلية:** ينبغي تحديد الكميات المطلوب إصدار أحكام بشأنها تحديداً واضحاً، بما في ذلك على سبيل المثال السنة والبلد وفئة مصادر الانبعاثات ومتوسط الوقت المستخدم (سنة واحدة) والتركيز على عدم التيقن في القيمة المتوسطة لمعاملات الانبعاثات وهيكل نموذج حصر الانبعاثات. وينبغي أن تحدد بوضوح عوامل التكيف والفرصيات (ينبغي مثلاً في الظروف العادية تحديد متوسط الانبعاثات على مدى سنة).
- **التكييف:** ينبغي العمل مع الخبير لتحديد كل البيانات ذات الصلة والنماذج والنظرية المتعلقة بالكمية المطلوب إصدار أحكام بشأن عدم التيقن فيها.
- **الترميز:** يطلب إلى الخبير إصدار حكم بشأن عدم التيقن. ويبين القسم التالي المتعلق بالترميز بعض الخيارات للطرق التي يمكن استعمالها.
- **التحقق:** ينبغي تحليل استجابة الخبير وتزويده بتعليقات على الاستنتاجات التي تم الخلوص إليها بشأن ما أصدره من أحكام. وهل ما تم ترميزه هو بالفعل ما كان يعنيه الخبير؟ وهل ثمة عدم توافق في أحكامه؟

طرق ترميز أحكام الخبراء

ينبغي أن تعتمد الطريقة المتبعة في الترميز على معرفة الخبير بالتوزيعات الاحتمالية. وفيما يلي بعض أكثر الطرق شيوعاً:

- **القيمة الثابتة:** يفدر احتمال ارتفاع القيمة (أو انخفاضها) عن قيمة عشوائية ويكرر ذلك في العادة ثلاث أو خمس مرات. (مثال: ما هو احتمال أن يكون معامل الانبعاث أقل من ١٠٠؟)
- **الاحتمال الثابت:** تقدير القيمة المقترنة باحتمال معين أن تكون أكثر ارتفاعاً (أو انخفاضاً). فعلى سبيل المثال، ما هو معامل الانبعاث الذي يصاحبه احتمال نسبته لا تتجاوز ٢,٥ في المائة (أو ١ في كل ٤٠ فرصة) بأن يقل معامل الانبعاث (أو يرتفع) عن هذه القيمة؟
- **طرق المجالات:** تركز هذه الطريقة على الوسيط والربيعيات. ومثال ذلك أن يطلب إلى الخبير أن يختار قيمة لمعامل الانبعاث بحيث يتساوى احتمالاً ارتفاع وانخفاض معامل الانبعاث الحقيقي عن هذه القيمة. والذي

ينتج عن هذا هو الوسيط. ويقوم الخبير بعد ذلك بتقسيم النطاق الأدنى إلى خانتين بحيث يرى تساوي احتمال وجود معامل الانبعاث في أي من الخانتين (احتمال بنسبة ٢٥ في المائة) ويكرر ذلك في الناحية الأخرى من التوزيع. ويمكن في نهاية المطاف استعمال طريقة الاحتمال الثابت أو القيمة الثابتة للحصول على أحكام بشأن القيم المتطرفة.

- التمثيل البياني: يقوم الخبير برسم توزيعاته الخاصة به. وينبغي توخي الحذر في استعمال هذه الطريقة نظراً لفرط ثقة بعض الخبراء في معرفتهم بالتوزيعات الاحتمالية.

الإطار ٦-١

مثال موجز لأحكام الخبراء التفصيلية

نفترض أن وكالة حصر الغازات قد حددت خبيرة لتقدير انبعاثات غاز الميثان الناتجة عن محطات توليد الطاقة وأن وكالة حصر الغازات ترغب في الحصول على حكم الخبير فيما يتعلق بمقدار عدم التيقن في المتوسط السنوي للانبعاثات المتولدة عن فئة المصادر هذه. وكجزء من خطوة التحفيز، يوضح طالب المعلومات للخبير الغرض العام من التحليل والبروتوكول المتبع. وفي خطوة الهيكلية يعمل طالب المعلومات مع الخبير على وضع البروتوكول المحدد. ومثال ذلك أنه على الرغم من أن كل ما قد تريده وكالة حصر الغازات هو تقدير متوسط عدم التيقن السنوي فإن الخبير قد يوعز إلى طالب المعلومات بأنه يفضل تقديم أحكام منفصلة عن عملية تشغيل المحطة وحمولتها الجزئية وحمولتها الكلية وأن هذه الأحكام الثلاثة ينبغي ترجيحها للوصول إلى المتوسط السنوي لمجموع عدم التيقن. وبعد هيكلية المشكلة يستعرض طالب الأحكام معلومات الخبير ذات الصلة بالتقييم، مثل القياسات التي ربما تكون قد أجريت لأنواع مشابهة من محطات توليد الطاقة أو مصادر الاحتراق الأخرى. وفي خطوة طلب الحصول على المعلومات قد يطلب إلى الخبير تحديد القيمة العليا بحيث لا تتعدى إلا واحداً في كل ٤٠ فرصة (احتمال نسبته ٢,٥ في المائة) من فرص الحصول على قيمة أعلى من ذلك. وبعد الحصول على القيمة يلتمس طالب المعلومات من الخبير توضيح الأساس المنطقي الذي يستند إليه هذا التقدير، مثل سيناريو التشغيل في المحطة، وهو السيناريو الذي قد يفضي إلى هذا المعدل المرتفع للانبعاثات. وقد تكرر نفس العملية لتحديد النهاية الدنيا من النطاق، وربما الوسيط والمؤي الخامس والعشرين والمؤي الخامس والسبعين. وقد يستعمل خليط من الأسئلة حول القيمة الثابتة والاحتمال الثابت. وينبغي لطالب المعلومات وضع مخطط بياني حتى يتسنى تحديد أي عدم اتساق وتصحيحه أثناء الوقت المتاح مع الخبير. وفي خطوة التحقق يتأكد الطالب من اطمئنان الخبير إلى حسن عرض أحكامه. كما قد ينظر الطالب في كيفية تفاعل الخبير مع إمكانية وجود قيم خارج النطاق التي تم ضمنه تقديم الأحكام حتى يكفل عدم إفراط الخبير في الثقة.

و في بعض الأحيان، قد يتألف الحكم الوحيد المتاح الذي يصدره الخبير من نطاق ربما تصاحبه قيمة أكثر ترجيحاً وفي هذه الظروف تطبق القواعد التالية:

- في الحالات التي لا يقدم فيها الخبراء سوى قيمة تحديدية عليا ودنيا فإننا نفترض أن دالة كثافة الاحتمال ثابتة وأن النطاق يقابل فترة ثقة ٩٥ في المائة.

• في الحالات التي يقدم فيها الخبراء أيضا قيمة رجحى فإننا نفترض دالة مثلثية لكثافة الاحتمال باستعمال أرجح القيم كمثال وبافتراض أن القيم التحديدية العليا والدنيا تستتي ٢,٥ في المائة من المجتمع الإحصائي. ولا حاجة إلى تناظر التوزيع.

وتشمل بعض مصادر المعلومات الأخرى المتعلقة بطلب الحصول على المعلومات من الخبراء سبتزلر وفون هولشتاين (١٩٧٥)؛ مورغان وهنريون (١٩٩٠)؛ مركهوفر (١٩٨٧)؛ هورا وإيمان (١٩٨٩)؛ المجلس القومي للحماية من الإشعاع وقياساته (١٩٩٦).

ونظرا للذاتية الذي تتسم بها أحكام الخبراء، تزداد الحاجة إلى ضمان ومراقبة إجراءات الجودة لتحسين إمكانية مقارنة تقديرات عدم التيقن فيما بين البلدان. ولذلك ينبغي توثيق أحكام الخبراء كجزء من المحفوظات الوطنية، وتشجّع وكالات حصر الغازات على مراجعة هذه الأحكام، وبخاصة ما يتعلق منها بفئات المصادر الرئيسية. وينبغي أن يشمل التوثيق ما يلي:

- الرقم المرجعي للحكم.
- التاريخ.
- الأشخاص المعنيون والجهات التي يتبعون لها.
- الكمية موضوع الحكم.
- الأساس المنطقي للحكم، بما في ذلك كل ما يؤخذ في الاعتبار من بيانات.
- التوزيع الاحتمالي الناتج أو النطاق وأرجح قيمة والتوزيع الاحتمالي الذي يتم الاستدلال عليه لاحقا.
- تحديد أي مراجعين خارجيين.
- نتائج أي مراجعة خارجية.
- موافقة وكالة حصر الغازات ويحدد فيها التاريخ والشخص.

٦-٣ طرق الجمع بين أوجه عدم التيقن

حالما تحدد أوجه عدم التيقن المقترنة بفئات المصادر يصبح من الممكن ضمها للحصول على تقديرات لعدم التيقن المقترن بالحصر الكلي في أي سنة وعدم التيقن المقترن بالاتجاه العام للحصر مع مرور الوقت.

وينتج عن معادلة نشر الأخطاء التي نتناولها بمزيد من الاستفاضة في المرفق ١ لهذا التقرير وفي المرفق الأول للخطوط التوجيهية للهيئة (التعليمات بشأن تقديم التقارير) قاعدتان مناسبتان لضم أوجه عدم التيقن غير المرتبطة باستخدام الجمع والضرب:

- القاعدة ألف: في حال ضم كميات غير مؤكدة باستخدام الجمع فإن الانحراف المعياري للمجموع يساوي الجذر التربيعي لمجموع مربعات الانحرافات المعيارية للكميات المضافة، مع تمثيل الانحرافات المعيارية باستخدام الحدود المطلقة (هذه القاعدة صحيحة رياضياً في حالة المتغيرات غير المرتبطة).

واعتمادا على هذا التفسير يمكن اشتقاق معادلة بسيطة لحساب عدم التيقن المقترن بالمجموع، وعند التعبير عنها باستخدام الحدود المئوية فإنها تصير:

المعادلة ٣-٦

$$U_{\text{total}} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}$$

حيث:

U_{total} هي النسبة المئوية لعدم التيقن في مجموع الكميات (نصف فترة الثقة البالغة ٩٥ % مقسوماً على المجموع (أي المتوسط) ويعبر عنه كنسبة مئوية).

تمثل x_i الكميات غير المؤكدة، وتمثل U_i النسبة المئوية لعدم التيقن في الكمية x_i .

القاعدة باء: تطبق نفس القاعدة عند الجمع بين كميتين غير مؤكدتين باستخدام الضرب ولكن يجب التعبير عن كل الانحرافات المعيارية كأجزاء من متوسط القيم الملائمة (هذه القاعدة تقريبية لكل المتغيرات العشوائية).

ويمكن أيضاً اشتقاق معادلة بسيطة لعدم التيقن المقترن بالنتائج ويعبر عنها بالحدود المئوية:

المعادلة ٤-٦

$$U_{\text{total}} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

حيث:

U_{total} هي النسبة المئوية لعدم التيقن في ناتج الكميات (نصف فترة الثقة البالغة ٩٥ % مقسوماً على المجموع ويعبر عنه كنسبة مئوية).

U_i هي النسب المئوية لعدم التيقن في كل كمية.

تتكون قائمة حصر غازات الاحتباس الحراري أساساً من مجموع جداءات معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة. ولذلك يمكن استعمال القاعدتين ألف وباء مراراً لتقدير عدم التيقن في مجموع الحصر الكلي. ومن الناحية العملية تتراوح أوجه عدم التيقن في فئات المصادر المدرجة في قائمة الحصر من بضع نقاط مئوية إلى رتب القيمة العشرية وقد تكون مرتبطة. ويتعارض ذلك مع فرضيات القاعدتين ألف وباء التي تقول بأن المتغيرات يجب أن تكون غير مرتبطة وتفتقر بانحراف معياري أقل من نحو ٣٠ في المائة من المتوسط. ومع ذلك فمن الممكن في هذه الظروف استعمال القاعدتين ألف وباء للحصول على نتيجة تقريبية. ويمكن بدلاً من ذلك استعمال محاكاة توافقية (طريقة مونت كارلو) التي يمكنها ضم قيم مختلفة لعدم التيقن، بغض النظر عن التوزيع الاحتمالي ونطاق القيم وشكل الارتباط لهذه القيم، شريطة قياسها كميًا بشكل مناسب. وهكذا فإننا نصف أدناه مستويين من مستويات تحليل عدم التيقن:

• **المستوى ١:** تقدير أوجه عدم التيقن حسب فئات المصادر باستعمال معادلة نشر الأخطاء من خلال القاعدتين ألف وباء والضم البسيط لأوجه عدم التيقن حسب فئات المصادر للحصول على تقدير إجمالي لعدم التيقن في سنة واحدة وعلى عدم التيقن في الاتجاه.

• **المستوى ٢:** تقدير أوجه عدم التيقن حسب فئات المصادر باستعمال تحليل مونت كارلو ثم استعمال تقنيات مونت كارلو لتقدير إجمالي عدم التيقن لسنة واحدة وعلى عدم التيقن في الاتجاه.

كما يمكن استعمال تحليل مونت كارلو وبشكل محدود في المستوى ١ لضم قيم عدم التيقن المقترنة ببيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث التي يكون لها توزيعات احتمالية شديدة الاتساع أو غير طبيعية أو كالتاهما. ويمكن لهذا النهج أن يساعد أيضا على التعامل مع فئات المصادر في المستوى ١ المقدره باستعمال نماذج العملية بدلا من استخدام العملية التقليدية لحساب "معامل الانبعاث مضروبا في بيانات الأنشطة". ويتناول القسم ٦-٣-١ أدناه الاختيار بين الطرق المتبعة.

٦-٣-١ المقارنة بين المستويات واختيار الطريقة

نستطيع التعرف على قدر أكبر كثيرا مما كان معروفا من قبل عن كيفية مساهمة بعض فئات المصادر وغازات الاحتباس الحراري في عدم التيقن المقترن بمجموع الانبعاثات في أي سنة وفي اتجاه مجموع الانبعاثات فيما بين السنوات باستعمال المستوى ١ أو المستوى ٢.

ويشير تطبيق المستوى ٢ على قائمة الحصر في المملكة المتحدة (ايغلستون وآخرون، ١٩٩٨) إلى عدم تناظر مجال الثقة البالغة ٩٥ في المائة وإلى أنه ينحصر بين نحو ٧ في المائة و ٢٠ في المائة فوق المتوسط. ويشير تطبيق المستوى ١ (انظر التذييل ٦-٢ المعنون "مثال لحساب المستوى ١ لعدم التيقن") إلى وجود نسبة من عدم التيقن بنحو ± 20 في المائة. وبالنظر إلى أن التقريبات الملازمة للمستوى ١ تعني عدم إمكانية التعامل مع عدم التناظر فإن إجراء هذه المقارنة سيكون مشجعا. ويكمن السبب العملي لعدم التناظر المحدد في إطار المستوى ٢ في أن المعرفة بأن الانبعاثات لا يمكن أن تقل عن صفر تقيد نطاق عدم التيقن في بعض فئات المصادر التي ترتفع فيها درجة عدم التيقن كثيرا. ويمكن لطريقة المستوى ٢ أن تستفيد من هذه المعرفة الإضافية، بيد أن طريقة المستوى ١ لا يمكنها ذلك. وتشير الدراسة المستندة إلى طريقة المستوى ٢ التي أجراها إيغلستون وآخرون عن الاتجاهات فيما بين السنوات إلى أن فترة الثقة البالغة ٩٥ في المائة متناظرة تقريبا وأنها تنحصر بين ٥ في المائة فوق المتوسط وبين ٥ في المائة دونه^٣. ونحصل من النتيجة المقابلة للمستوى ١ على نطاق بنحو ± 20 في المائة. وترجع القيمة الدنيا للمستوى ١ في بعضها إلى تقدير الاتجاه هنا للفترة من ١٩٩٠ إلى ١٩٩٧ في حين يتم إجراء تقدير المستوى ٢ للفترة من ١٩٩٠ إلى ٢٠١٠، ولكن لا يرجح أن يفسر ذلك كل الفروق. على أن كلتا الطريقتين تعطيان قيما متشابهة لعدم التيقن في الاتجاه، وهي قيم تقل عن عدم التيقن في مجموع الانبعاثات في أي سنة.

^٣ وهو تحديدا انخفاض في الانبعاثات بنسبة 6 ± 5 في المائة.

ومن شأن إجراء مزيد من عمليات المقارنة بين الطرق المتبعة أن يفيد كثيراً في تطوير الفهم. وتتسم طريقة المستوى ١ التي تستند إلى الصحف الجدولية بالسهولة البالغة في تطبيقها ولا تكاد تلقي بأي جهد إضافي على وكالات حصر الغازات التي تستعمل أيضاً طريقة المستوى ٢. ولذلك فمن الممارسة السليمة في هذه المرحلة أن تقوم كل البلدان التي تجري تحليلات لعدم التيقن بإعداد تقارير عن نتائج طريقة المستوى ١ وأن تقوم كل وكالات حصر الغازات التي لديها كفاية من الموارد والدراية الفنية باتباع طريقة المستوى ٢.

٦-٣-٢ المستوى ١ - تقدير أوجه عدم التيقن حسب فئات المصادر مع تبسيط الفرضيات

يقدر تحليل المستوى ١ أوجه عدم التيقن باستعمال معادلة نشر الأخطاء على خطوتين. وتستعمل في الخطوة الأولى طريقة تقريب القاعدة باء لضم نطاقات معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة بحسب فئات المصادر وغازات الاحتباس الحراري. وتستعمل في الخطوة الثانية طريقة تقريب القاعدة ألف للوصول إلى إجمالي عدم التيقن في الانبعاثات الوطنية واتجاه الانبعاثات الوطنية بين سنة الأساس والسنة الجارية.

وينبغي تطبيق النهج القائم على المستوى ١ باستعمال الجدول ٦-١ المعنون "المستوى ١ - حساب عدم التيقن وتقديم التقارير عنه" الذي يمكن إعداده باستخدام البرمجيات الجدولية المتاحة تجارياً. ويتم استيفاء الجدول على مستوى فئة المصادر باستعمال نطاقات لعدم التيقن في بيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث متوافقة مع إرشادات الممارسة السليمة القطاعية التي تتناولها الفصول من الثاني إلى الخامس. وينبغي إدخال مختلف الغازات كل على حدة كمكافئات لثاني أكسيد الكربون (أي ينبغي مضاعفة الانبعاثات بقيم إمكانات الاحتراز العالمي خلال ١٠٠ عام). وتقدر مستويات عدم التيقن في الاتجاه باستعمال نوعين من الحساسية:

- النوع ألف : التغيير في الفرق في إجمالي الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة الجارية وهو فرق يعبر عنه كنسبة مئوية وينجم عن زيادة بنسبة ١ في المائة في الانبعاثات المتولدة عن فئة معينة من فئات المصادر وغاز معين في سنة الأساس والسنة الجارية على السواء.

- النوع باء : تغيير الفرق في الانبعاثات الكلية بين سنة الأساس والسنة الجارية ويعبر عنه كنسبة مئوية وهو الفرق الناتج عن حدوث زيادة بنسبة ١ في المائة في الانبعاثات المتولدة عن فئة معينة من فئات المصادر وغاز معين في السنة الجارية فقط.

ومن المتصور أن حساسية النوع ألف تتشأ عن أوجه عدم التيقن التي تؤثر في الانبعاثات في سنة الأساس والسنة الجارية على السواء. وأما الحساسية من النوع باء فتتشأ عن أوجه عدم التيقن التي تؤثر في الانبعاثات في السنة الجارية فقط. وتقترب أوجه عدم التيقن المرتبطة ارتباطاً تاماً فيما بين السنوات بحساسيات النوع ألف. أما أوجه عدم التيقن غير المرتبطة عبر السنوات فتقترب بحساسيات النوع باء. وتشير المناقشة الواردة في الأقسام من ٦-٢-١ إلى ٦-٢-٤ أعلاه إلى نزوع أوجه عدم التيقن في معاملات الانبعاث إلى الاقتران بحساسيات النوع ألف واقتران أوجه عدم التيقن في بيانات الأنشطة بحساسيات النوع باء. على أن هذا الاقتران لا ينطبق في كل الحالات ومن الممكن تطبيق حساسيات النوع ألف على بيانات الأنشطة وتطبيق حساسيات النوع باء على معاملات الانبعاث للتعبير عن ظروف وطنية معينة. وحساسيات النوعين ألف وباء هي تبسيطات تستعمل لتحليل الارتباط.

وخالما تحسب أوجه عدم التيقن المدخلة في الانبعاثات الوطنية باستعمال الحساسيات من النوعين ألف وباء فإنه يمكن حساب مجموعها باستخدام معادلة نشر الأخطاء (القاعدة ألف) لإيجاد إجمالي عدم التيقن في الاتجاه.

ويشار إلى أعمدة الجدول ٦-١ المعنون "المستوى ١ - حساب عدم التيقن وتقديم التقارير عنه" بالأحرف من A إلى Q وهي تحتوي على المعلومات التالية:

- يبين العمودان A و B فئات المصادر وغازات الاحتباس الحراري المحددة من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ.
- يحتوي العمودان C و D على تقديرات حصر فئات المصادر والغازات المعنية في العمودين A و B في سنة الأساس والسنة الجارية^٤ على التوالي ويعبر عنها بمكافئات ثاني أكسيد الكربون.
- يحتوي العمودان E و F على مقادير عدم التيقن المتعلقة ببيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث على التوالي وهي مشتقة من خليط من البيانات العملية وأحكام الخبراء كما جاء من قبل في هذا الفصل ويتم إدخالها كنصف فترة الثقة البالغة ٩٥ في المائة مقسوما على الوسطي ويعبر عنها كنسبة مئوية. وسبب تقسيم فترة الثقة البالغة ٩٥ في المائة إلى نصفين هو أن القيمة المدرجة في العمودين E و F تقابل حينئذ زائد أو ناقص القيمة المعروفة عندما يشار بتجاوز إلى مقادير عدم التيقن بأنها "زائد أو ناقص %x" وبذلك فإن أحكام الخبراء عن هذا النوع يمكن إدخالها مباشرة في الصحيفة الجدولية. وإذا كان معلوما أن عدم التيقن يتسم بدرجة عالية من عدم التناظر فيتم إدخال النسبة المئوية للفرق الأكبر بين المتوسط ونهاية الثقة.
- يمثل العمود G مجموع ضم مقادير عدم التيقن حسب فئات المصادر والمشتق من بيانات الأنشطة في العمودين E و F باستعمال معادلة نشر الأخطاء (القاعدة باء). ولذلك فإن مدخلات العمود G هي الجذر التربيعي لمجموع مربعات مدخلات العمودين E و F.
- يبين العمود H عدم التيقن في العمود G كنسبة مئوية من مجموع الانبعاثات الوطنية في السنة الجارية. ويعد ذلك مقياسا لدرجة عدم التيقن في مجموع الانبعاثات الوطنية حسب فئة المصادر المعنية. ومدخلات كل صف من صفوف العمود H هي مدخلات العمود G مضروبة بمدخلات العمود D ومقسومة على المجموع في نهاية العمود D. والمجموع في نهاية العمود H هو تقدير النسبة المئوية لعدم التيقن في مجموع الانبعاثات الوطنية خلال السنة الجارية ويتم حسابه من المدخلات التي تلوه باستعمال القاعدة ألف. ويتم إيجاد هذا المجموع عن طريق حساب الجذر التربيعي لمجموع مربعات كل مدخلات العمود H.
- يبين العمود I كيفية تغير النسبة المئوية للفرق في الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة الجارية نتيجة حدوث زيادة بنسبة ١ في المائة في انبعاثات فئة المصدر في سنة الأساس والسنة الجارية على السواء. ويبين ذلك حساسية اتجاه الانبعاثات تجاه عدم تيقن متناظر في تقدير الانبعاثات (أي عدم تيقن مرتبط فيما بين سنة الأساس

^٤ السنة الجارية هي آخر سنة تتوافر بيانات عن الحصر فيها.

والسنة الجارية). وهذه هي الحساسية من النوع ألف كما هي معرفة أعلاه. ويحتوي التذييل ٦-١ على القانون المشتق لحساب مدخلات العمود I.

• يبين العمود J كيفية تغير النسبة المئوية للفرق في الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة الجارية نتيجة لحدوث زيادة بنسبة ١ في المائة في انبعاثات فئة المصدر في السنة الجارية فقط. ويبين ذلك حساسية اتجاه الانبعاثات تجاه الخطأ العشوائي في تقدير الانبعاثات (أي غير المرتبط فيما بين سنة الأساس والسنة الجارية). وهذه هي الحساسية من النوع باء كما بينها من قبل. ويرد في التذييل ٦-١ القانون المشتق لحساب مدخلات العمود J.

• يستعمل العمود K المعلومات الواردة في العمودين I و F لتبيان عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الناتج عن عدم التيقن المقترن بمعاملات الانبعاث بافتراض وجود ارتباط بين عدم التيقن المقترن بمعاملات الانبعاث فيما بين السنوات. وإذا قرر المستخدم أن الارتباط المذكور غير موجود، يجب عندها استخدام العمود J عوضاً عن العمود I و تضرب النتيجة بـ $\sqrt{2}$. ويحتوي التذييل ٦-١ على القانون المشتق لمدخلات العمود K.

• يستعمل العمود L المعلومات الواردة في العمودين J و E لإظهار عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات حسب عدم التيقن المقترن ببيانات الأنشطة بافتراض أن عدم التيقن في بيانات الأنشطة غير مرتبط فيما بين السنوات. وإذا قرر المستخدم أن أوجه عدم التيقن المقترنة ببيانات الأنشطة مرتبطة فيما بين السنوات فينبغي حينئذ استعمال البيانات المدرجة في العمود I بدلاً من البيانات المدرجة في العمود J وفي هذه الحالة لا ينطبق العامل $\sqrt{2}$. ويحتوي التذييل ٦-١ على القانون المشتق لمدخلات العمود L.

• يمثل العمود M تقدير عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية حسب فئات المصادر المعنية. ويتم اشتقاقه في إطار المستوى ١ من البيانات الواردة في العمودين K و L باستعمال القاعدة باء. ولذلك فإن البيانات في العمود M تساوي الجذر التربيعي لمجموع مربعات مدخلات العمودين K و L. ويمثل المجموع المدون في نهاية هذا العمود تقديراً لمجموع عدم التيقن المقترن بالاتجاه ويتم حسابه من المدخلات التي تلوه باستعمال معادلة انتشار الأخطاء. ويتم الحصول على هذا المجموع عن طريق تحديد الجذر التربيعي لمجموع مربعات كل مدخلات العمود M. ويبين التذييل ٦-١ الصيغة المستخدمة في حساب مدخلات العمود M والمجموع في نهاية هذا العمود.

• تستعمل الأعمدة من N إلى Q للمؤشرات والحواشي.

• يحتوي العمود N على D أو M أو R تبعاً لما إن كان نطاق عدم التيقن المقترن بمعامل الانبعاث يستند إلى المعلومات الافتراضية (D) الواردة في الإرشادات بشأن فئات المصادر، أو القياسات (M) التي يتم إجراؤها لهذا الغرض، أو المعلومات المرجعية الوطنية (R).

• يحتوي العمود O على D أو M أو R تبعاً لما إن كان نطاق عدم التيقن المقترن ببيانات الأنشطة يستند إلى المعلومات الافتراضية في الإرشادات المتعلقة بالقطاعات أو القياسات التي تم إجراؤها لهذا الغرض أو المعلومات المرجعية الوطنية،

• يحتوي العمود P على الأرقام المرجعية لأي من أحكام الخبراء المستعملة لتقدير أوجه عدم التيقن في فئة هذه المصادر.

- يحتوي العمود Q على رقم حاشية توضيحية يتم تدوينها في نهاية الجدول لتحديد المرجع الوثائقي لبيانات عدم التيقن (بما في ذلك البيانات المقاسة) أو التعليقات الأخرى ذات الصلة بالسطر.

ويشمل التذييل ٦-٢ المعنون "مثال لحساب عدم التيقن في المستوى ١" مثالاً للصحيفة الجدولية مدونة فيها كل البيانات العددية المستوفاة.

الجدول ٦-١
المستوى ١ - حساب عدم التيقن وتقديم التقارير عنه

M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
عدم التيقن الكلي في اتجاه الانبعاثات الوطنية	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية جراء عدم التيقن في بيانات الأنشطة	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية جراء عدم التيقن في معاملات الانبعاث	الحساسية من النوع باء	الحساسية من النوع ألف	مجموع عدم التيقن كنسبة مئوية من مجموع الانبعاثات الوطنية في السنة t	مجموع عدم التيقن	عدم التيقن المقترن بمعاملات الانبعاث	عدم التيقن المقترن ببيانات الأنشطة	الانبعاثات في السنة t	الانبعاثات في سنة الأساس	الغاز	فئة المصدر المحددة من قبل الهيئة
$\sqrt{K^2 + L^2}$	$J \cdot E \cdot \sqrt{2}$ الملحوظة دال	$I \cdot F$ الملحوظة جيم	$\frac{D}{\sum C}$	الملحوظة باء	$\frac{G \cdot D}{\sum D}$	$\sqrt{E^2 + F^2}$	المدخلات	المدخلات	المدخلات	المدخلات		
%	%	%	%	%	%	%	%	%	جيجا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيجا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون		
											ثاني أكسيد الكربون	مثال 1.A.1 وقود صناعات الطاقة 1
											ثاني أكسيد الكربون	مثال 1.A.1 وقود صناعات الطاقة ٢
											...	الخ...
$\sqrt{\sum M^2}$					$\sqrt{\sum H^2}$				$\sum D$	$\sum C$		
												المجموع

(تابع) الجدول ٦-١ المستوى ١ - حساب عدم التيقن وتقديم التقارير عنه					
Q	P	O	N	B	A
الرقم المرجعي للحواشي	الأرقام المرجعية لأحكام الخبراء	مؤشر جودة بيانات الأنشطة	مؤشر جودة معامل الانبعاث	الغاز	فئة المصدر المحددة من قبل الهيئة
		ملحوظة هاء	ملحوظة هاء		
				ثاني أكسيد الكربون	مثال 1.A.1 وقود صناعات الطاقة ١
				ثاني أكسيد الكربون	مثال 1.A.1 وقود صناعات الطاقة ٢
				...	الخ...
					المجموع

الملحوظة ألف

إذا لم يعرف إلا عدم التيقن الكلي المقترن بفئة ما من فئات المصادر (وليس المقترن بمعامل الانبعاث وبيانات الأنشطة كل على حدة)،
إنن:

- إذا كان عدم التيقن مرتبطاً فيما بين السنوات فيتم إدخال عدم التيقن في العمود F ويدون صفر في العمود E.
- إذا لم يكن عدم التيقن مرتبطاً فيما بين السنوات فيتم قيد عدم التيقن في العمود E ويدون صفر في العمود F.

الملحوظة باء

$$\frac{0.01 \cdot D_x + \sum D_i - (0.01 \cdot C_x + \sum C_i)}{(0.01 \cdot C_x + \sum C_i)} \cdot 100 - \frac{\sum D_i - \sum C_i}{\sum C_i} \cdot 100$$

الملحوظة جيم

في حال افتراض عدم وجود ارتباط بين معاملات الانبعاث، ينبغي استعمال الحساسية باء ويضرب الناتج في $\sqrt{2}$:

$$K_x = J_x \cdot F_x \cdot \sqrt{2}$$

الملحوظة دال

في حال افتراض وجود ارتباط بين بيانات الأنشطة، ينبغي استعمال الحساسية ألف ولا حاجة إلى $\sqrt{2}$:

$$L_x = I_x \cdot E_x$$

الملحوظة هاء

يرجى استعمال المختصرات التالية:

- D- المعاملات الافتراضية **الهيئية** عن فئات المصادر.
- M- المعاملات المستندة إلى القياس.
- R- المعاملات التي تعتمد على البيانات المرجعية الوطنية.

٦-٣-٣ التجميع وتقديم التقارير في المستوى ١

يحتوي الجدول ٦-١ المعنون "المستوى ١- حساب عدم التيقن وتقديم التقارير عنه" على سطر واحد لكل فئة مصادر ولكل نوع من الوقود (عند الاقتضاء) ولكل غاز من غازات الاحتباس الحراري وينبغي استعماله في إعداد التقارير.

وعلى الرغم من أن طريقة المستوى ١ تسمح بوجود ارتباط عبر الزمن كما هو مبين من قبل فإنها لا تفسر ما قد يطرأ بين فئات المصادر من ارتباط وتبعية لأن نفس بيانات الأنشطة أو معاملات الانبعاث قد تستخدم في إجراء تقديرات متعددة. وبهيمين في كثير من الأحيان أحد الغازات على فئة المصادر وهو ما يقلل من تأثير أي ارتباط. على أن الارتباط والتبعية قد يكونان ملموسين في حالة الوقود الأحفوري حيث يستخدم نوع معين من أنواع الوقود مع نفس معامل الانبعاث في العديد من فئات المصادر الثانوية. وإذا كان الاستهلاك الكلي لوقود ما معلوماً (كما هو الحال في بعض الأحيان) بدرجة أكبر من الاستهلاك المجرأ بحسب فئات المصادر فسوف توجد علاقات

تبعية غير مرئية في الإحصاءات بسبب قيود إجمالي الاستهلاك. ويمكن معالجة الارتباط والتبعية عن طريق تجميع فئات المصادر إلى مستوى الاستهلاك لكل وقود على حدة قبل ضم أوجه عدم التيقن. ويستتبع ذلك ضياع بعض التفاصيل في التقارير عن أوجه عدم التيقن ولكنه يعالج علاقات التبعية في الحالات التي يعتقد أنها ملموسة (عندما تزيد مثلاً أوجه عدم التيقن في انبعاثات الوقود الأحفوري المجمعة من مستوى فئات المصادر عما هو متوقع). وقد جمعت على هذا النحو فئات الوقود الأحفوري في المثال الوارد في التذييل ٦-٢ لحساب المستوى ١ باستعمال بيانات المملكة المتحدة. ومن شأن ذلك أن يتيح التوافق مع فئات المصادر المقترحة في الفصل السابع لتحليل فئات المصادر الرئيسية.

٦-٤ المستوى ٢ - تقدير أوجه عدم التيقن حسب فئات المصادر باستعمال تحليل مونت كارلو

يمكن في إطار المستوى ٢ التخفيف من فرضيات التبسيط المطلوبة للمستوى ١. وتستعمل طريقة المستوى ٢ تحليل مونت كارلو لضم أوجه عدم التيقن المقترنة بفئات المصادر.

ويتمثل مبدأ تحليل مونت كارلو في اختيار قيم عشوائية لمعامل الانبعاث وبيانات الأنشطة من بين دوال كثافة الاحتمال الخاصة بها وحساب قيم الانبعاث المقابلة. ويكرر هذا الإجراء عدة مرات باستعمال حاسوب وتستعمل نتائج كل حساب في تكوين دالة كثافة احتمالات الانبعاثات الإجمالية. ويمكن إجراء تحليل مونت كارلو على مستوى فئات المصادر أو مجموعات فئات المصادر أو على مستوى الحصر كله.

ويمكن أن يتعامل تحليل مونت كارلو مع دوال كثافة الاحتمال من أي شكل أو اتساع ممكن. ويمكنه أن يعالج درجات متفاوتة من الارتباط (في الزمن وفيما بين فئات المصادر على السواء) ويمكنه أن يتعامل مع النماذج الأكثر تعقيداً (مثل الرتبة الأولى لتحلل الميثان المنبعث من حفر دفن القمامة) وكذلك عمليات الحساب البسيطة "المعاملات الانبعاث مضمرة في بيانات الأنشطة".

ويسوق إيغلستون وآخرون (١٩٩٨) أحد الأمثلة التي تطبق تحليل مونت كارلو على حصر انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتستخدمه في تقدير أوجه عدم التيقن المقترنة بالانبعاثات الإجمالية واتجاهات الانبعاثات على السواء. وهناك مثال آخر لاستعمال تحليل مونت كارلو في ماك كان وآخرين (١٩٩٤). ويمكن الاطلاع على وصف عام لطريقة مونت كارلو في فيشمان (١٩٩٦).

لا يحقق تحليل مونت كارلو، مثله مثل كل الطرق، نتائج مرضية ما لم يطبق بشكل سليم. ويتطلب ذلك أن يكون القائم بالتحليل على فهم علمي وتقني بالحصر. وبطبيعة الحال فإن النتائج لن تصح إلا بقدر صحة المدخلات، بما فيها أحكام الخبراء.

ويتألف نهج مونت كارلو من خمس خطوات واضحة يبينها الشكل ٦-١. ولا يتعين على المحلل بذل أي مجهود إلا في الخطوتين الأوليين. وأما الخطوات المتبقية فيتم التعامل معها باستخدام مجموعة برمجيات حاسوبية. ويتناول القسم ٦-٥-٣ بإيجاز مختلف مجموعات البرمجيات.

- **الخطوة الأولى: تحديد مستويات عدم التيقن في فئات المصادر.** تحدد مستويات عدم التيقن المقترنة بالبيانات الأساسية. ويشمل ذلك معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة وما يقترن بها من متوسطات ودوال توزيع الاحتمالات وأي ارتباطات متقاطعة بين فئات المصادر. وينبغي مراعاة المعلومات الواردة في الأقسام من ٦-٢ إلى ٦-٥.

- **الخطوة الثانية: إعداد مجموعة البرمجيات.** ينبغي إعداد حساب حصر الانبعاثات ودوال كثافة الاحتمال وقيم الارتباط في مجموعة برمجيات مونت كارلو.

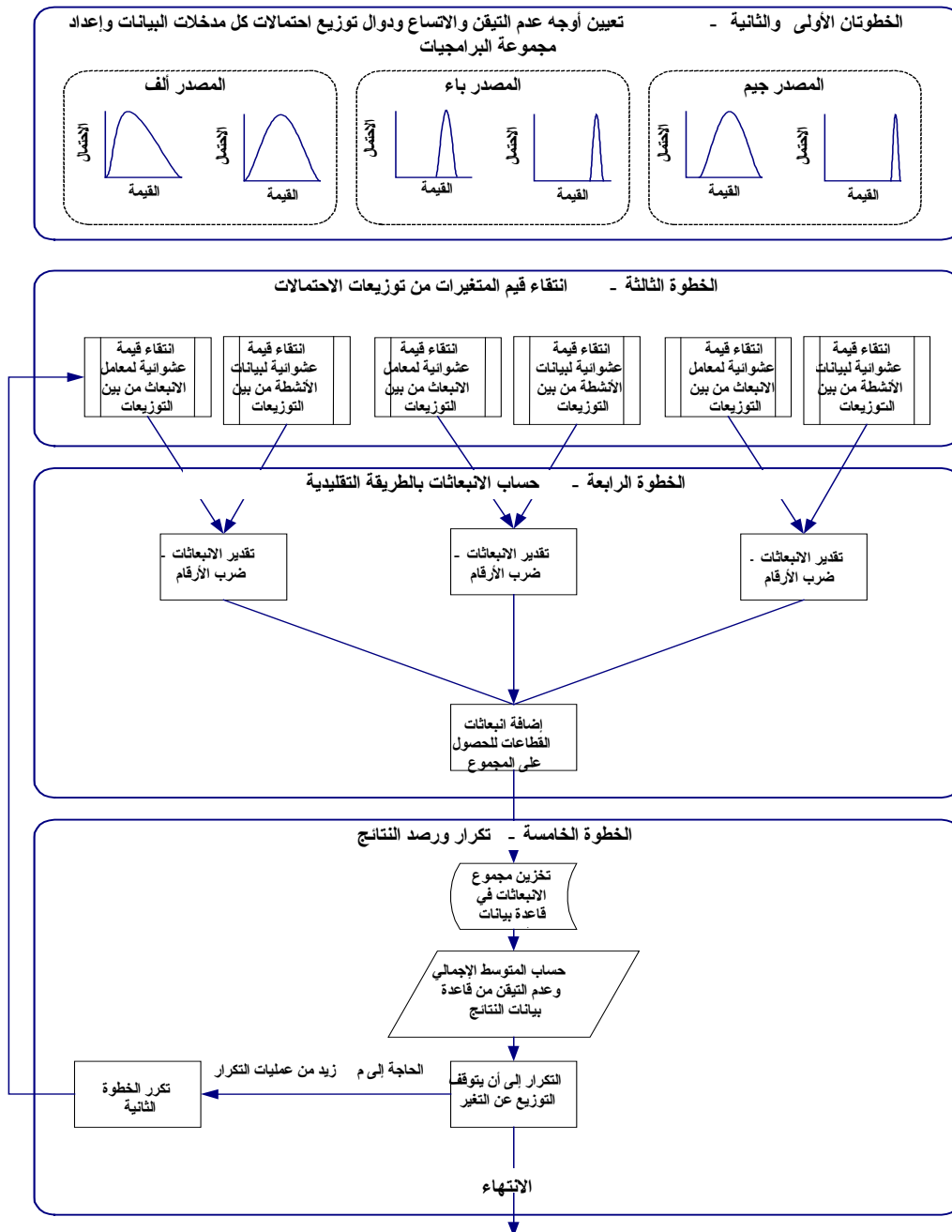
وتستخدم مجموعة البرمجيات في إجراء الخطوات اللاحقة.

- **الخطوة الثالثة: انتقاء المتغيرات العشوائية.** وهذه هي بداية عمليات التكرار. ويتم اختيار رقم لكل واحد من البيانات المدخلة أو معاملات الانبعاث أو بيانات الأنشطة بطريقة عشوائية من دالة كثافة الاحتمال لهذا المتغير.
- **الخطوة الرابعة: تقدير الانبعاثات.** تستعمل المتغيرات المختارة في الخطوة الثالثة لتقدير مجموع الانبعاثات. ويفترض المثال الوارد في القسم ٦-١ وجود ثلاث فئات مصادر يتم تقدير كل منها كشظاء مضروب في معامل الانبعاث ثم تجمع نواتج الضرب للحصول على مجموع الانبعاثات. ويمكن أن تكون عمليات الحساب أكثر تعقيداً.

ويمكن ضرب انبعاثات الغازات في قيم إمكانات الاحترار العالمي للحصول على مجموع الانبعاثات الوطنية بمكافئ ثاني أكسيد الكربون. ويسهل دمج الارتباطات التي تبلغ نسبتها ١٠٠ في المائة، وتنتج مجموعات برمجيات مونت كارلو الجيدة إدراج ارتباطات أخرى. وحيث ينبغي أن تتماثل حسابات الانبعاثات مع الحسابات المستعملة في تقدير الحصر الوطني فإن عملية مونت كارلو يمكن دمجها بالكامل في تقديرات الانبعاثات السنوية.

- **الخطوة الخامسة: تكرار ورصد النتائج.** يخزن المجموع المحسوب في الخطوة الرابعة ثم تكرر العملية بدءاً من الخطوة الثالثة. ونحصل من وسطي المجاميع المخزنة على تقدير لمجموع الانبعاثات. ويعطي توزيعها تقديراً لدالة كثافة احتمال الناتج. وتكرر العملية فإن المتوسط يقترب من الإجابة النهائية. وعندما يتوقف المتوسط عن التغير بمقدار يتجاوز قيمة محددة سلفاً، يمكن إنهاء عملية الحساب. وعندما يتحدد أن تقدير فترة الثقة البالغ ٩٥ في المائة قد وصل إلى ± ١ في المائة فمعنى ذلك أنه قد تم التوصل إلى نتيجة ثابتة بالقدر الكافي. ويمكن التحقق من حدوث تقارب عن طريق وضع مخطط لمستويات الانبعاثات. وينبغي أن يكون هذا المخطط ممهداً بالقدر المعقول. (الشكل ٦-٢ المعنون "مثال لمخططات نتائج محاكاة مونت كارلو"). وينبغي إجراء هذه العمليات باستخدام البرمجيات الحاسوبية على أن يقوم المستخدم بتعيين عدد عمليات التكرار أو معايير التقارب.

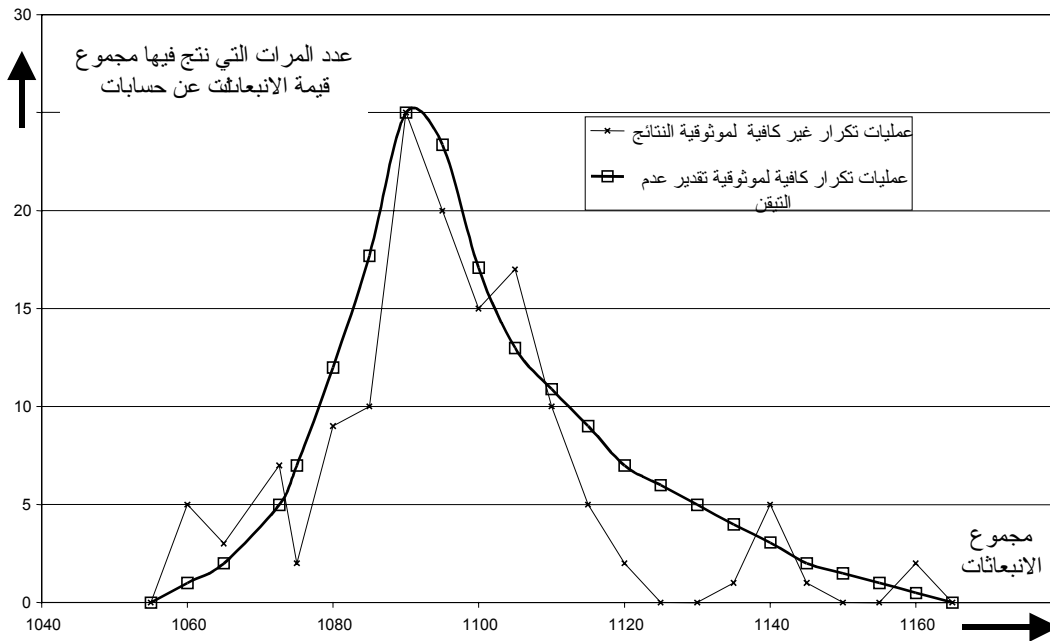
الشكل ٦-١: رسم إيضاحي لطريقة مونت كارلو



ويفترض المثال وجود ثلاث فئات مصادر تحسب فيها الانبعاثات على هذا النحو:

بيانات الأنشطة • معامل الانبعاث.

الشكل ٦-٢: مثال لمخططات نتائج محاكاة مونت كارلو



٦-٤-١ أوجه عدم التيقن في الاتجاهات في المستوى ٢:

يمكن استخدام المستوى ٢ لطريقة مونت كارلو لتقدير أوجه عدم التيقن في الاتجاه وكذلك في القيمة المطلقة للانبعاثات في سنة معينة. وهذا الإجراء امتداد بسيط للإجراء المبين في القسم السابق.

ويعرف الاتجاه هنا بأنه الفرق بين سنة الأساس والسنة المعنية (السنة t). ومن ثم يتعين إعداد تحليل مونت كارلو لتقدير السنيتين كليهما في آن واحد. والإجراء المتبع في ذلك هو ما يلي:

- **الخطوة الأولى: تحديد مستويات عدم التيقن في فئات المصادر.** تحدد دوال كثافة الاحتمال لكل معامل انبعاثات ولكل نشاط. وهذه هي نفس العملية التي سبق وصفها فيما عدا أنه يتعين إجراؤها لسنة الأساس والسنة الجارية على السواء، ويتعين النظر في العلاقات بين البيانات. ويستعمل في كثير من فئات المصادر نفس معامل الانبعاث في كل سنة من السنوات (أي أن هناك ارتباط نسبه ١٠٠ في المائة بين معاملات الانبعاث في كلتا السنيتين). وفي هذه الحالات، يتم وصف توزيع واحد وتستعمل القيمة المختارة منه في كل سنة أثناء الخطوة الثالثة. ويتغير معامل الانبعاث مع مرور الوقت جراء التغييرات في التكنولوجيات أو الممارسات. وينبغي في هذه الحالة استعمال اثنين من معاملات الانبعاث ذات الارتباط الأدنى أو الصفري. وإذا احتوت معاملات الانبعاث على عنصر عشوائي أو إذا تفاوتت من سنة إلى سنة بشكل لا يمكن التنبؤ به فينبغي حينئذ أيضا استعمال معاملات انبعاثات منفصلة (وذلك مثلا في حالة محتوى الكربون في الوقود الأحفوري الذي يمكن أن يتغير تبعا للمعروض في السوق من الوقود ويتضمن أيضا عدم التيقن الخاص به). ويفترض بشكل عام أن معدلات النشاط تكون غير مرتبطة فيما بين السنوات، ومن ثم ينبغي إدخال توزيعين حتى وإن تماثل معلمهما حتى يتم توليد اختيارين عشوائيين مختلفين من هذه التوزيعات في الخطوة الثالثة. وقد تمكن مجموعة البرمجيات

الحاسوبية المستعملة من إعداد ارتباطات أخرى ويمكن استعمال هذه الإمكانيات إذا توافرت معلومات كافية. على أنه يحتمل ألا يلزم القيام بذلك إلا في بضع حالات.

● **الخطوة الثانية: إعداد مجموعة البرمجيات.** ينبغي إعداد مجموعة البرمجيات كما جاء من قبل. بيد أن دوال توزيع الاحتمالات تتطلب تحديد العلاقة بين الانبعاثات في سنتين وسيتم عند حساب الاتجاه إجراء عمليتين منفصلتين ولكنهما آتيتين لحساب الانبعاثات في سنة الأساس والسنة t . وفي حالة افتراض وجود ارتباط نسبهته ١٠٠ في المائة بين البيانات المدخلة (معاملات الانبعاث في المقام الأول) فإنه ينبغي مراعاة تقدير كلتا السنتين باستعمال نفس الرقم العشوائي المختار من دالة توزيع الاحتمال. ويلزم إجراء حساب نهائي لإيجاد الفرق بين السنتين.

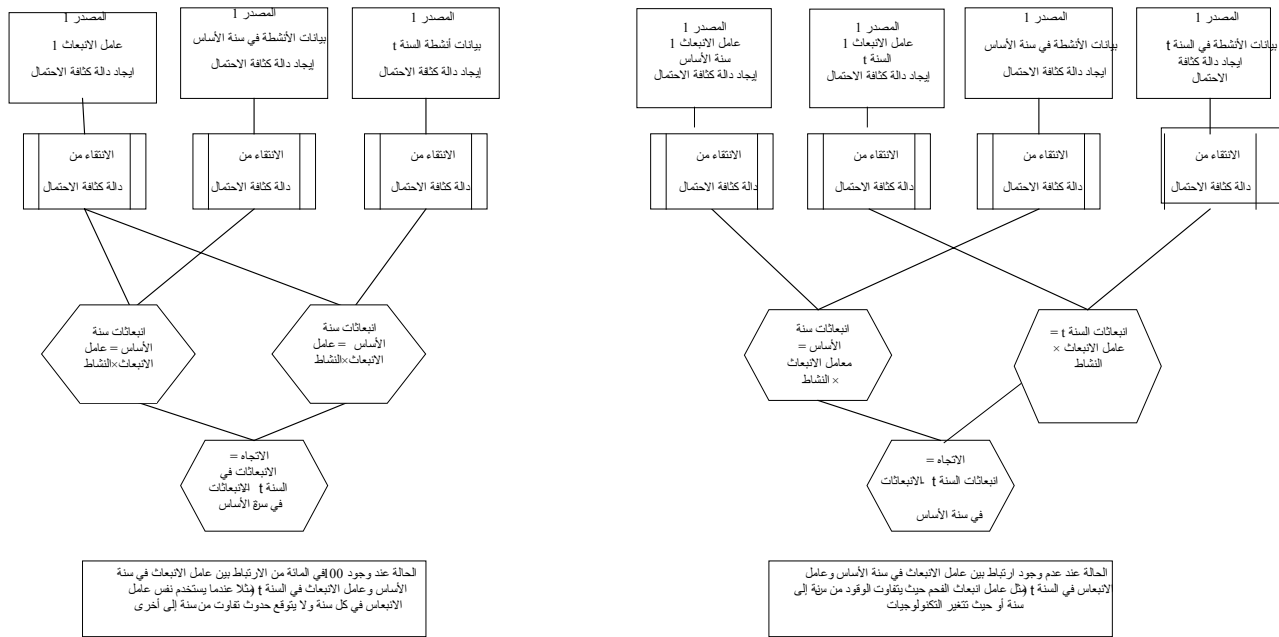
وفي معظم الحالات تتولى مجموعة البرمجيات إجراء الخطوات اللاحقة بشكل تلقائي.

● **الخطوة الثالثة: اختيار المتغيرات العشوائية.** يستمر العمل باستخدام البرنامج الحاسوبي كما جاء من قبل، مع مراعاة أي ارتباط بين دوال كثافة الاحتمال. ويبين الشكل ٦-٣ أدناه مخطط الحساب المتبع في تحليل الاتجاه.

● **الخطوة الرابعة: تقدير الانبعاثات.** تستعمل المتغيرات المختارة في الخطوة الثالثة لتقدير مجموع الانبعاثات كما سبق بيانه.

● **الخطوة الخامسة: النتائج.** يخزن مجموع الانبعاثات المحسوب في الخطوة الرابعة في ملف بيانات. ثم تكرر العملية بدءاً من الخطوة الثالثة إلى أن تتقارب النتائج بشكل كافٍ. وتطبق على ذلك نفس الاعتبارات السابقة. ويتم تقدير مجموعة النتائج في نفس الوقت، بما في ذلك مجموع الانبعاثات والانبعاثات القطاعية في سنة الأساس ومجموع الانبعاثات والانبعاثات القطاعية في السنة t ، والفرق (الاتجاهات) بينها في المجموع وفي أي قطاعات معينة.

الشكل ٦-٣: مخطط حساب باستعمال تحليل مونت كارلو لتقدير الانبعاثات المطلقة والاتجاه في فئة واحدة من فئات المصادر باستخدام معامل الانبعاث مضروباً بمعدل النشاط



٦-٤-٢ تقديم التقارير عن تحليل عدم التيقن في المستوى ٢

صيغة البيانات التالية تلائم نتائج محاكاة مونت كارلو للانبعاثات حسب فئات المصادر وحسب نوع الوقود (عند الاقتضاء) وحسب غازات الاحتباس الحراري مُعبراً عنها بمكافئ ثاني أكسيد الكربون. ويظهر عدم التيقن الإجمالي في اتجاه الانبعاثات الوطنية في نهاية العمودين ظاء وباء من الجدول ٦-٢. كما ينبغي لوكالات حصر الغازات التي تجري تحليلاً من المستوى ٢ أن تبلغ عن نتائج تحليل المستوى ١ باستعمال الجدول ٦-١ كما هو مبين في القسم ٦-٣-١ المعنون "المقارنة بين المستويات واختيار الطريقة المتبعة".

الجدول ٦-٢
تقديم التقارير عن عدم التيقن - المستوى ٢

J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
نطاق النسبة المئوية للتغير المرجح فيما بين السنة t وسنة الأساس	النسبة المئوية للتغير في الانبعاثات فيما بين السنة t وسنة الأساس	النسبة المئوية للتغير في الانبعاثات في مجموع الانبعاثات الوطنية في السنة t	عدم التيقن المتولد في مجموع الانبعاثات الوطنية في السنة t	عدم التيقن في انبعاثات سنة الأساس كنسبة مئوية من الانبعاثات في الفئة	الانبعاثات في السنة t	الانبعاثات في سنة الأساس	الغاز	فئة المصادر المحددة من الهيئة	
نسبة مئوية عليا (المنوي ٩٧,٥)	نسبة مئوية دنيا (المنوي ٢,٥)	النسبة المئوية	النسبة المئوية	فوق النسبة المئوية (المنوي ٩٧,٥)	دون النسبة المئوية (المنوي ٢,٥)	(جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون)	(جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون)		
								مثلي 1.A.1 وقود صناعات الطاقة ١	
								مثلي 1.A.2 وقود صناعات الطاقة ٢	
								...	
								المجموع	

٦-٥ الاعتبارات العملية في استعمال محاكاة مونت كارلو

تتطلب محاكاة مونت كارلو من القائم بالتحليل أن يحدد توزيعات احتمالات كل واحدة من مدخلات النموذج التي يتعين تحديد مقدار عدم التيقن المقترن بها. ويفترض أن المحاكاة تمثل الواقع في حدود معقولة. ويمكن الحصول على توزيعات الاحتمال باستخدام مجموعة من الطرق، بما فيها تحليل البيانات إحصائياً أو طلب الحصول على أحكام الخبراء. وهناك اعتبار رئيسي، وهو وضع توزيعات للمدخلات بحيث تستند كلها إلى نفس الفرضيات الأساسية المتعلقة بتحديد متوسط الزمن، والموقع وغير ذلك من عوامل التكيف ذات الصلة بالتقييم المحدد (مثل الظروف المناخية المؤثرة على انبعاثات غازات الاحتباس الحراري). ولهذا السبب ينبغي ألا نفترض أن توزيع عدم التيقن في بلد ما يمكن استعماله مباشرة كأحد المدخلات في الحصر في بلد آخر.

٦-٥-١ تحديد توزيعات احتمالات مدخلات الحصر

تتطلب محاكاة مونت كارلو تحديد مدخلات النموذج التي يتعين تحديد توزيعاتها الاحتمالية ووضع توزيعات الاحتمالات المقابلة. وقد استعرضنا من قبل في هذا الفصل طرق التوزيع استناداً إلى طلب الحصول على أحكام الخبراء. وأما طرق التوزيع المستندة إلى تحليل البيانات إحصائياً فيبينها ويوضحها كالفراي (١٩٩٩). وتشمل المراجع المفيدة الأخرى هان وشابيرو (١٩٦٧)؛ أنغ وتانغ (١٩٧٥)؛ داغوستينو و ستيفينز (١٩٨١)؛ مورغان وهنريون (١٩٩٠)؛ وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية (١٩٩٦، ١٩٩٧، ١٩٩٩). وترد بعض أمثلة تحليلات الاحتمالات المطبقة على قوائم حصر الانبعاثات في فراي وآخرين (١٩٩٨) وفراي وآخرين (١٩٩٩).

وتتمثل الخطوة الأولى البالغة الأهمية لاستعمال البيانات كأساس لوضع التوزيعات في تحديد ما إن كانت البيانات عينة عشوائية تمثيلية في حالة العينة المأخوذة من المجتمع الإحصائي. وفيما يلي بعض الأسئلة الرئيسية المتعلقة بالبيانات:

- هل تمثل البيانات مجموعة الأحوال المتصلة بمعاملات الانبعاث أو الأنشطة الخاصة بالظروف الوطنية؟
- هل البيانات عينة عشوائية؟
- ما هو متوسط الزمن المقترن بمجموعة البيانات وهل هو نفس الزمن المستخدم في التقييم (الذي يتم إجراؤه للانبعاثات السنوية في سنة معينة)؟

وإذا كانت البيانات عينة تمثيلية عشوائية، يمكن حينئذ تحديد التوزيع باستعمال التقنيات الإحصائية التقليدية حتى وإن كان حجم العينة صغيراً. وقد يلزم تحويل البيانات باستعمال متوسط ملائم للزمن. وترد في المرفق ١ نصائح عامة بشأن اختيار دوال كثافة الاحتمال.

وفي الحالات المثالية، تمثل البيانات المتاحة متوسطاً سنوياً لمعامل انبعاثات أو مجموع سنوي لبيانات الأنشطة. وفي هذه الحالة، تمثل البيانات عينة وحيدة لتوزيع المتوسط السنوي لقيم المجتمع. ويكون الانحراف المعياري التقديري للمجتمع مقياساً ملائماً لعدم التيقن في الانبعاثات السنوية. وقد تمثل البيانات في حالات أخرى تعداداً شاملاً لمجموع النشاط كله (مثل مجموع استخدام الطاقة في نوع معين من أنواع الوقود). وفي هذه الحالة فإن المعلومات المتعلقة بأخطاء القياسات أو أجهزة المسح تشكل أساس تقييم عدم التيقن. وقد يحدد نطاق عدم التيقن في بيانات الأنشطة باستعمال طرق مستقلة أو اختبارات

التوافق. ومثال ذلك أنه يمكن مقارنة بيانات استهلاك الوقود مع تقديرات الإنتاج، بما في ذلك تقديرات الإنتاج التي يتم إجراؤها باستخدام مختلف الطرق.

وفي حالة عينة المجتمع فإن أهم جانب للتقييم هو تحديد ما إن كانت البيانات عشوائية وتمثيلية للمجتمع. فإن تحققت هذه الشروط فيمكن استعمال الطرق الإحصائية التقليدية لتحديد التوزيع. وإن لم تتحقق هذه الشروط، فسيكون من المطلوب تحليل مجموعة البيانات وقيام الخبراء باستنباط التوزيعات. وفي الحالة الأولى يقترح كالن وفراي استطلاع مجموعة البيانات باستعمال الإحصاء والأشكال البيانية الموجزة لتقييم السمات الأساسية (مثل النزعة المركزية ونطاق التغير والالتواء). وينبغي النظر في المعلومات التي نحصل عليها من فحص البيانات، بالإضافة إلى معرفتنا بعمليات توليد المعلومات، عند انتقاء تمثيل رياضي أو عددي لتوزيع المدخلات في محاكاة مونت كارلو.

وحالما ينتقى توزيع معين لمطابقة مجموعة البيانات، يمكن تقدير معالم التوزيع باستعمال تقنيات مثل "تقدير الأرجحية القصوى"^٥ أو "طريقة عزوم المطابقة"^٦ ويمكن تقييم حسن مطابقة التوزيع بطرق متعددة، بما في ذلك مقارنة دالة التوزيع التراكمي المطابقة بمجموعة البيانات الأصلية ومخططات الاحتمالات واختبارات حسن المطابقة (كالن وفراي، ١٩٩٩، على سبيل المثال). ومن المهم عند اختيار توزيع المعالم لتمثيل مجموعة من البيانات عدم الاستناد إلى اختبارات حسن المطابقة فحسب، وإنما إلى أوجه التشابه بين عمليات توليد البيانات في مقابل الأساس النظري للتوزيع (هان وشايبورو، ١٩٦٧ على سبيل المثال).

وإذا حدد متوسط البيانات لأقل من سنة فقد يلزم استقراء عدم التيقن خلال هذه السنة. ومثال ذلك مجموعة بيانات تمثل التغييرية في المتوسط اليومي لقياسات الانبعاثات الناتجة عن فئة مصادر معينة. وأحد النهج التي يمكن اتباعها والتي يصفها بالتفصيل فراي وروديس (١٩٩٦) هو مطابقة توزيع ذي وسائط على مجموعة البيانات المتعلقة بالتغييرية اليومية واستعمال تقنية رقمية تعرف باسم "تأسيس المحاكاة" لتقدير عدم التيقن المقترن بوسائط التوزيع، واستخدام محاكاة مونت كارلو لمحاكاة المتوسطات السنوية العشوائية لمعامل الانبعاث. وباستخدام أسلوب تأسيس المحاكاة، يمكن محاكاة عدم التيقن المقترن بتوزيع عينات معالم التوزيع المطابق (أنظر على سبيل المثال إفرون وتبشيراني، ١٩٩٣؛ فراي وروديس، ١٩٩٦؛ فراي وبيرماستر، ١٩٩٩).

وفيما يلي طريقة إجراء أحد الأشكال البسيطة لأسلوب تأسيس المحاكاة: يتم محاكاة مجموعة بيانات تجميعية عشوائية لها نفس حجم عينة مجموعة البيانات الأصلية وذلك باستعمال محاكاة مونت كارلو. ويشار إلى مجموعة البيانات التجميعية باسم "العينة المعادة". ويمكن حساب أي معلم إحصائي للعينة المعادة، مثل المتوسط أو معالم التوزيع الجديدة لمجموعة البيانات التجميعية. ويشار إلى الإحصاء أو الوسيط الذي يتم تقديره من عينة معادة باسم "إعادة تأسيس" لتلك الإحصاء

^٥ تنتقي طريقة الأرجحية القصوى التقديرات من قيم المعالم التي تصل بالأرجحية إلى أقصى حد (دالة الاحتمال المشترك أو دالة الكثافة المشتركة) للعبئة المشاهدة.

^٦ تعمل طريقة العزوم على إيجاد مقدري المعالم المجهولة عن طريق المساواة بين العينة المناظرة وعزوم المجتمع. وهذه الطريقة سهلة الاستخدام وتحقق التساوق بين المقدرين. وفي كثير من الحالات تنسم طريقة مقدري العزوم بالتحيز (واكرلي ومندهال الثالث و شيفر، ١٩٩٦، الصفحات ٣٩٥-٣٩٧).

أو لذلك الوسيط. وتكرر بعد ذلك هذه العملية مرات كثيرة (تتراوح في العادة بين ٥٠٠ و ١٠٠٠ مرة) لتوليد عدد مناظر من العينات المعادة والإحصاءات المتكررة. وتأخذ الإحصاءات قيما مختلفة في كل مرة لأن العينات المعادة نسخ عشوائية تحاكي مجموعة البيانات الأصلية. وهكذا فإن هذه الطريقة تعد تقنية رقمية لتقدير توزيعات معاينة لأي إحصاء لأي نوع من أنواع التوزيعات التي توجد لها الإحصاءة. وتقنية تأسيس المحاكاة هي في مغزاها تقنية رقمية لمحاكاة خطأ المعاينة العشوائي. والعينات المعادة التي تتراوح بين ٥٠٠ و ١٠٠٠ عينة تتضمن عددا مناظرا للتوزيعات المقبولة البديلة التي كان يمكن لمجموعة البيانات الأصلية أن تكون عينة عشوائية منها. ولهذه التوزيعات البديلة التي يعبر كل واحد منها عن التغييرية اليومية في المثال يمكن محاكاة ما قيمته سنة من تقديرات الانبعاثات (أي ٣٦٥ عينة عشوائية للانبعاثات اليومية يتم حساب مجموعها للحصول على مجموع سنوي أو يتم حساب متوسطها للحصول على متوسط سنوي لمعامل الانبعاث) يتم الحصول منها على ٥٠٠ إلى ١٠٠ تقدير للمتوسط السنوي أو المجموع السنوي للانبعاثات. ويصف توزيع هذه التقديرات عدم التيقن في الحالة السنوية استناداً إلى الخطأ العشوائي في تحصيل العينات. وهناك فرضية أساسية في هذا المثال، وهو أن القيم اليومية لا ترتبط ذاتيا وأن القيم اليومية تمثل الظروف السنوية، أي أنه لا توجد على سبيل المثال أي تأثيرات موسمية لا تعبر عنها العينة.

٦-٥-٢ ما هو حجم الجهد المطلوب لتوصيف عدم التيقن في مدخلات الحصر؟

ينبغي من الوجهة المثالية أن يكون مقدار الجهد المبذول في وصف عدم التيقن المقترن بأحد مدخلات الحصر متناسبا مع أهميته في تقييم عدم التيقن الإجمالي. ولا يستصوب عند استخدامنا للموارد المحدودة أن نكرس كثيرا من الوقت لجمع البيانات وأحكام الخبراء المتعلقة بإحدى فئات المصادر التي لا تؤثر كثيرا على عدم التيقن الإجمالي. وبالمثل فإن من عيوب التقييم عدم تخصيص موارد معقولة لتحديد مقدار عدم التيقن في المدخلات التي تؤثر تأثيرا كبيرا على مدخلات الحصر. وهكذا فإن كثيرا من المحللين القائمين بإجراء عمليات المحاكاة الاحتمالية يقترحون نهجا تكراريا لإجراء المحاكاة. وفي الإعادة الأولى لتحليل عدم التيقن قد تجرى تقييمات تمهيدية لعدم التيقن المقترن بالمدخلات بغرض التحديد الأولي لمصادر عدم التيقن الرئيسية. وتصف بعض المراجع، مثل مورغان وهنريون (١٩٩٠)؛ فراي وآخرون (١٩٩٩) وغير ذلك من المراجع، طرق تقييم أهمية كل واحدة من المدخلات. وهناك مثال لتقنية بسيطة نسبيا، وهو حساب معامل الارتباط بين القيم العددية لمحاكاة توزيع مخرجات الحصر وبين القيم العددية لمحاكاة كل توزيع من توزيع المدخلات. ويعبر هذا الارتباط عن قوة العلاقة الخطية بين الاثنین. وكلما كبر حجم معامل الارتباط كلما ازدادت قوة العلاقة بين عدم التيقن في المدخل وبين عدم التيقن في المخرج، وهو ما يشير إلى ضرورة اعتبار المدخل "حاساسا". وهناك الكثير من حزم البرمجيات لحساب الحساسية بصورة تلقائية للمستعمل وعرضها بيانيا.

وبعد تحديد المدخلات الحساسة، يمكن حينئذ توجيه الجهود كلما اقتضى الأمر إلى تحسين عمليات تقدير مستوى عدم التيقن المقترن فقط بتلك المدخلات. ويمكن بعد ذلك إجراء التحليل النهائي لعدم التيقن بمزيد من الثقة على أساس أن المدخلات المهمة قد حصلت بالتناسب على قدر من الاهتمام أكبر من المدخلات غير الحساسة.

وهناك نقطة أخرى في صدد الإعادة تتصل بالجوانب الأبعد مدى لإجراء تحليلات عدم التيقن. إذ يمكن أن يكون إعداد محاكاة مونت كارلو للمرة الأولى أمرا مثبطا. على أنه باكتساب وكالة حصر الغازات للخبرة في إجراء هذه التحليلات، فمن المرجح أنه سيكون من اليسير عليها في المستقبل تحسين التحليل. وتحليل مونت كارلو هو في العادة عملية تعلم لكل القائمين بها لأنها تثير أسئلة حاسمة ومهمة بشأن الأساس الذي يستند إليه إجراء حصر الانبعاثات ومستوى جودة هذا

الحصر. وبذلك فإن محاكاة مونت كارلو تساعد مع مرور الوقت على تحديد الحالات التي يتم فيها تركيز أنشطة جمع البيانات التي تسفر عن تحسين الثقة في الحصر.

٦-٥-٣ اختيار أسلوب المحاكاة وحجم عينة المحاكاة

هناك العديد من الأدوات البرمجية المتاحة تجارياً التي يمكن استعمالها لإجراء محاكاة مونت كارلو، ومن أمثلتها Crystal Ball و @Risk و Analytica و Mathematica. والبرنامجان الأولان هما أداتان إضافيتان لبرامج الجدولة التي يشيع استخدامها. وتتيح الكثير من الأدوات البرمجية الحاسوبية مختلف طرق المعاينة، بما في ذلك محاكاة مونت كارلو العشوائية وتغييرات معاينة المكعب اللاتيني الزائدي. ويمكن لمعاينة المكعب اللاتيني الزائدي أن تولد توزيعات تبدو "أكثر نعومة" لمخرجات النموذج في حالة أحجام العينات التي لا تزيد عن بضع مئات من العينات. والعيب الذي تتطوي عليه معاينة المكعب اللاتيني الزائدي هو أنه يجب أن يحدد سلفاً عدد عمليات الإعادة المستخدمة. وعلّة ذلك هو عدم إمكانية الجمع بين اثنتين أو أكثر من عمليات محاكاة معاينة المكعب اللاتيني الزائدي لأنها ستستخدم طبقات متداخلة، مما يفضي إلى صعوبات في تفسير النتائج. وفي بعض الحالات، يمكن لمعاينة المكعب اللاتيني الزائدي أن تسفر عن تقديرات ناقصة للعزوم العليا لتوزيعات الاحتمالات حيث إن طريقة التقسيم إلى طبقات يمكن أيضاً أن تعوق تجميع القيم الشديدة الارتفاع أو الانخفاض مثلما يمكن أن يحدث في مجموعات البيانات العشوائية. ويقترح بشكل عام استعمال محاكاة مونت كارلو العشوائية باعتبارها الطريقة الافتراضية لأنها تتيح مرونة أكبر لمواصلة المحاكاة العشوائية في أحجام العينات الأكبر عند اللزوم إلى أن تتقارب توزيعات مخرجات النموذج. ويوفر كالن وفراي (١٩٩٩) مزيداً من المعلومات عن مقارنة معاينة المكعب اللاتيني الزائدي ومحاكاة مونت كارلو (الصفحات ٢٠٧-٢١٣).

٦-٥-٤ التبعية والارتباط بين مدخلات الحصر

من المسائل الرئيسية التي يراعيها المحللون في كثير من الأحيان عند إعداد تحليل احتمالي هو ما إن كانت هناك علاقات تبعية أو ارتباطات بين مدخلات النموذج. ومن الوجهة المثالية، يفضل تحديد النموذج حتى تكون المدخلات مستقلة عن بعضها البعض قدر الإمكان. وبدلاً من محاولة تقدير بيانات أنشطة الكثير من الفئات الثانوية التي يشتق بعض بياناتها بالفروق ولو جزئياً، قد يستحسن تعيين أوجه عدم تيقن لمقاييس النشاط التجميعية المعروفة بشكل أفضل. ومثال ذلك أن استخدام الوقود للأغراض المنزلية قد يتم تقديره كفرق بين مجموع الاستهلاك وبين الاستخدام في قطاعات النقل والصناعة والتجارة. وفي هذه الحالة، يرتبط تقدير عدم التيقن المقترن باستهلاك الوقود للأغراض المنزلية ارتباطاً سالباً بأوجه عدم التيقن المقترن باستعمال الوقود في الفئات الثانوية الأخرى، بل وقد يزيد كثيراً مقارنة بعدم التيقن في مجموع الاستهلاك. وهكذا، بدلاً من محاولة تقدير أوجه عدم التيقن كل على حدة في كل فئة ثانوية، من العملي تقدير عدم التيقن في مجموع الاستهلاك الذي قد نتاح تقديرات واختبارات مقارنة له.

٦-٥-٥ هل للارتباط أهمية؟

من المهم أن نتذكر أن علاقات التبعية، حتى وإن وُجدت، قد لا تمثل أي أهمية في تقييم أوجه عدم التيقن. ولا تهم علاقات التبعية بين المدخلات إلا إذا وجدت هذه العلاقات بين مدخلين فيكون عدم التيقن في الحصر حساساً لهما وإذا كانت علاقات التبعية قوية بالقدر الكافي. وفي المقابل فإن علاقات التبعية الضعيفة بين المدخلات أو علاقات

التبعية القوية بين المدخلات التي لا يكون عدم التيقن المقترن بالحصص حساسا لها، لن تؤثر على التحليل إلا قليلا نسبيا.

٦-٥-٦ بعض الطرق للتعامل مع علاقات التبعية أو الارتباط

عندما يثبت أن علاقات التبعية بين المدخلات تتسم بأهمية فيمكن حينئذ النظر في مجموعة متنوعة من التقنيات لدمجها في التحليل. وتشمل أمثلة ذلك ما يلي: '١' نمذجة علاقة التبعية صراحة؛ '٢' تقسيم أو تجميع فئات المصادر لتقليل تأثير علاقات التبعية إلى الحد الأدنى؛ '٣' محاكاة الارتباط باستعمال طرق الإقران المقيدة (التي تحتوي عليها الكثير من مجموعات البرمجيات)؛ '٤' استعمال تقنيات إعادة تحصيل العينات في الحالات التي تتوافر فيها مجموعات البيانات المتعددة المتغيرات؛ '٥' النظر في حالات التقييد أو الحساسية (فهناك مثلا حالة تفترض الاستقلال وحالة أخرى تفترض ارتباطا موجبا كاملا). ويرد مزيد من النقاش والأمثلة لأنواع هذه الطرق في كالن وفراي (١٩٩٩)؛ مورغان وهنريون (١٩٩٠)؛ وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية (١٩٩٦). كما تحتوي هذه الوثائق على قوائم مرجعية مشفوعة بإحالات إلى الكتابات ذات الصلة.

٧-٥-٦ تعيين الارتباط في مدخلات الحصر

تتيح الكثير من حزم البرمجيات تحديد الارتباط بين مدخلات النموذج (مثل إيمان وكونوفر، ١٩٨٢). وفي بعض الحالات قد لا توفر البرمجيات هذه الخاصية إلا مع معاينة الكعب اللاتيني الزائدي في حين أنها قد تتوافر أيضا في برمجيات أخرى جنبا إلى جنب مع محاكاة مونت كارلو العشوائية. وهناك تفاصيل متعلقة بهذه الطرق قد يرغب المستعملون المتقدمون في معرفتها، وهي أن هذه الأدوات البرمجية يمكن أن تستنبط ارتباط الرتب بين أي اثنين أو أكثر من التوزيعات، ولكنها لا تحدث ارتباطا بسيطاً. على أن هناك طرقاً يمكن استعمالها لتحديد الارتباط البسيط في بعض أنواع التوزيعات، مثل التوزيعات الطبيعية المتعددة المتغيرات (أنظر مورغان وهنريون، ١٩٩٠ أو كالن وفراي، ١٩٩٩ للاطلاع على بعض الأمثلة).

٨-٥-٦ تحليل مخرجات الحصر

يتيح كثير من مجموعات البرمجيات للمستعمل عرض دوال كثافة الاحتمال ودوال التوزيع التراكمي وهي توفر مخرجات الإحصاءات الموجزة لأحد مدخلات النماذج. وتظهر دالة التوزيع التراكمي في العادة كمنحنى أكثر نعومة من دالة كثافة الاحتمال في أي حالة معينة. وإضافة إلى ذلك فإن دالة التوزيع التراكمي تسمح بالتفسير الكمي للمتوسط ولفتره الثقة ٩٥ في المائة أو أي مئوي آخر للتوزيع. وللأغراض العملية فإن دالة التوزيع التراكمي هي في كثير من الأحيان من أفضل الأشكال فائدة في تمثيل مخرجات النماذج. وأما دالة كثافة الاحتمال فهي لا تفيد إلا في الحصول على معلومات نوعية عن المخرجات، مثل تحديد ما إن كانت المخرجات ملتوية.

٩-٥-٦ التشجيع على استعمال التقنيات الملائمة

ليس المقصود من الإرشادات المقدمة هنا إعاقة استعمال الوسائل المحسنة كلما توافرت. كما أن هذه الوثيقة لا تغطي كل الحالات التي قد تواجه القائم بالتحليل. ولذلك فإننا نشجع وكالة حصر الغازات على الرجوع إلى المراجع المذكورة أدناه للحصول على اقتراحات إضافية بشأن كيفية إجراء تحليلات عدم التيقن.

٦-٦ خاتمة

لعل الطرق المبيّنة في هذا الفصل تمكن وكالات حصر الغازات من تقدير مستوى عدم التيقن في مجموع الانبعاثات في أي سنة وعدم التيقن في الاتجاه فيما بين السنوات، بالإضافة إلى تأثير كل فئة من فئات المصادر على أوجه عدم التيقن الإجمالية وتقديم تقارير عنها. وينبغي أن تساعد هذه المعلومات في تحديد أولويات الجهود المبذولة لتحسين دقة الحصر في المستقبل ويمكنها أن تبين كيفية استجابة أوجه عدم التيقن الإجمالية وأوجه عدم التيقن في الاتجاه كلما انخفضت أوجه عدم التيقن في بعض فئات المصادر.

التذييل ٦-١

اشتقاق الصيغ في الجدول ٦-١ (المستوى ١)

شرح المتغيرات

 C_x = قيمة مدخل ما في العمود C والصف x

n = عدد فئات الانبعاثات (الصفوف)

 $\sum C_i$ = مجموع كل فئات الانبعاثات (الصفوف) المدرجة في الحصر من $i=1$ to $i=n$

الاعمدة من A إلى F

البيانات المدخلة

العمود G

مجموع عدم التيقن باستعمال معادلة نشر الأخطاء $G_x = \sqrt{E_x^2 + F_x^2}$

العمود H

مجموع عدم التيقن كنسبة مئوية من مجموع الانبعاثات في السنة t

$$H_x = \frac{G_x \cdot D_x}{\sum D_i}$$

يتم الحصول على المجموع في العمود H (مجموع عدم التيقن في الانبعاثات) باستعمال معادلة نشر الأخطاء:

$$\text{Total of column H} = \frac{\sqrt{\sum_x \left[\left(\sum_x D_x \right)^2 \cdot (H_x)^2 \right]}}{\sum_x D_x} = \sqrt{\sum_x H_x^2}$$

العمود I

تبين مدخلات العمود I كيفية تغير الفرق في الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة t نتيجة حدوث زيادة بنسبة ١ في المائة في انبعاثات فئة المصادر x في سنة الأساس والسنة t. ويبين ذلك حساسية اتجاه الانبعاثات لعدم التيقن المنتظم في تقدير الانبعاثات، أي عدم التيقن المرتبط فيما بين سنة الأساس والسنة t. وتوصف هذه الحساسية بأنها حساسية من النوع ألف.

I_x = النسبة المئوية للاتجاه إذا طرأت زيادة بنسبة ١ في المائة على فئة المصادر x في كلتا السنتين - النسبة المئوية بدون الزيادة

$$= \frac{0.01 \cdot D_x + \sum D_i - (0.01 \cdot C_x + \sum C_i)}{(0.01 \cdot C_x + \sum C_i)} \cdot 100 - \frac{\sum D_i - \sum C_i}{\sum C_i} \cdot 100$$

العمود J

تبين المدخلات في العمود J كيفية تغير الفرق في الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة t نتيجة حدوث زيادة بنسبة ١ في المائة في انبعاثات فئة المصادر x في السنة t فقط. ويبين ذلك حساسية اتجاه الانبعاثات لخطأ عدم التيقن العشوائي في تقديرات الانبعاثات، أي غير المرتبط فيما بين سنة الأساس والسنة Y. وتوصف هذه الحساسية بأنها حساسية من النوع باء.

$J_x =$ النسبة المئوية للاتجاه إذا طرأت زيادة بنسبة ١ في المائة على فئة المصادر x في السنة t - النسبة المئوية للاتجاه بدون الزيادة

$$= \frac{0.01 \cdot D_x + \sum D_i - \sum C_i}{\sum C_i} \cdot 100 - \frac{\sum D_i - \sum C_i}{\sum C_i} \cdot 100$$

$$= \frac{D_x}{\sum C_i}$$

العمود K

على افتراض استعمال نفس معامل الانبعاث في كلتا السنتين ووجود ارتباط تام بين معاملات الانبعاث الفعلية فإن النسبة المئوية للخطأ الناتج عنها يكون متساوياً في كلتا السنتين. ولذلك فإن الصيغة المستعملة لحساب مقدار عدم التيقن الذي يطرأ على الاتجاه بسبب معامل الانبعاث هو:

$$K_x = \text{sensitivity A} \cdot \text{uncertainty of emission factor}$$

$$= I_x \cdot F_x$$

وفي حال افتراض عدم وجود أي ارتباط بين معاملات الانبعاث فينبغي حينئذ استعمال حساسية من النوع باء ويتعين زيادة الناتج بمقدار $\sqrt{2}$ للسبب المبين أدناه في الاشتقاق الرئيسي للعمود L.

العمود L

الاتجاه هو الفرق في الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة t. ولذلك ينبغي مراعاة عدم التيقن المقترن ببيانات أنشطة سنة الأساس والسنة t. وفيما يلي الصيغة المستخدمة في الجمع بين هذين النوعين من عدم التيقن باستعمال معادلة نشر الأخطاء وافتراض التماثل بين عدم التيقن في سنة الأساس وبين عدم التيقن في السنة t:

$$= \sqrt{(\text{uncertainty (activity data, base year)})^2 + (\text{uncertainty (activity data, year t)})^2}$$

$$\approx \sqrt{(\text{uncertainty (activity data, year t)})^2 \cdot 2}$$

$$= E_x \cdot \sqrt{2}$$

وبالنظر إلى افتراض أن بيانات الأنشطة في كلتا السنتين مستقلة فإن العمود L يساوي:

$$L_x = \text{الحساسية من النوع باء} \bullet \text{مجموع عدم التيقن في بيانات الأنشطة في كلتا السنتين}$$

$$= J_x \bullet E_x \bullet \sqrt{2}$$

وفي حال افتراض وجود ارتباط بين بيانات الأنشطة فينبغي استعمال الحساسية ألف ولا ينطبق المعامل $\sqrt{2}$

$$L_x = I_x \bullet E_x$$

العمود M

يظهر في العمود M مجموع عدم التيقن في الاتجاه نتيجة لعدم التيقن في بيانات الأنشطة ومعامل الانبعاث.

$$M_x = \sqrt{K_x^2 + L_x^2}$$

ويتم الجمع بين المدخلات M_i للحصول على مجموع عدم التيقن في الاتجاه باستعمال معادلة نشر الأخطاء على النحو التالي:

$$\text{Total of column M} = \frac{\sqrt{\sum_x \left[\left(\sum_x (D_x - C_x) \right)^2 \bullet (M_x)^2 \right]}}{\sum_x (D_x - C_x)} = \sqrt{M_1^2 + M_2^2 + \dots + M_n^2}$$

التذييل ٢-٦

مثال لحساب المستوى ١ لعدم التيقن

الجدول ٣-٦												
مثال لحساب عدم التيقن وتقديم التقارير عنه - المستوى ١												
M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث	الحساسية من النوع باء	الحساسية من النوع ألف	مجموع عدم التيقن كنسبة مئوية من مجموع الانبعاثات الوطنية في السنة t	مجموع عدم التيقن	عدم التيقن في معامل الانبعاث	عدم التيقن في بيانات الأنشطة	انبعاثات السنة t ١٩٩٧	انبعاثات سنة الأساس ١٩٩٠	الغاز	فئة المصادر المحددة من الهيئة
%	%	%	%	%	%	%	%	%	جيجا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيجا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون		
٠,٦٦	٠,٣١	٠,٥٨ -	٠,١٨٤٠	٠,٠٩٦٦ -	١,٢	٦,١	٦	١,٢	١٤٢ ٢٦٦	٢٣٨ ٢١٨	ثاني أكسيد الكربون	الفحم
٠,٣٦	٠,٣٦	٠,٠٢	٠,٢٥٣٨	٠,٠٠٧٦	٠,٦	٢,٢	٢	١	١٩٦ ١٦١	٢٠٨ ٦٨٤	ثاني أكسيد الكربون	النفط
٠,٦٧	٠,٦٦	٠,١٠	٠,٢٣٥١	٠,١٠٣٩	٠,٦	٢,٢	١	٢	١٨١ ٦٩١	١١١ ٠٥٢	ثاني أكسيد الكربون	الغاز الطبيعي
٠,٠٢	٠,٠١	٠,٠٢	٠,٠٠١٠	٠,٠٠٠٨	٠,٠	٢١,٢	٢٠	٧	٧٤١	١٣٨	ثاني أكسيد الكربون	مصادر أخرى (النفايات)
٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠١ -	٠,٠٠٢٠	٠,٠٠١٠ -	٠,٠	٦,١	٦	١,٢	١ ٥٦٦	٢ ٥٧٣	ثاني أكسيد الكربون	تحويل الوقود الصلب
٠,٠٣	٠,٠٠	٠,٠٣ -	٠,٠٠٨١	٠,٠٠٢٤ -	٠,١	١٤,٠	١٤		٦ ٢٦٥	٨ ٩٠٨	ثاني أكسيد الكربون	النفط والغاز الطبيعي
٠,٠١	٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠٠٨٠	٠,٠٠٠١	٠,٠	٢,٢	٢	١	٦ ١٥٧	٦ ٦٩٣	ثاني أكسيد الكربون	إنتاج الأسمنت
٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠٢٢	٠,٠٠٠٨	٠,٠	٥,١	٥	١	١ ٧٠٣	١ ١٩٢	ثاني أكسيد الكربون	إنتاج الجير
٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠٢٠	٠,٠٠٠٤	٠,٠	٥,١	٥	١	١ ٥٥١	١ ٣٦٩	ثاني أكسيد	استعمال الحجر

الجدول ٣-٦

مثال لحساب عدم التيقن وتقديم التقارير عنه - المستوى ١

M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	
عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث	الحساسية من النوع بء	الحساسية من النوع ألف	مجموع عدم التيقن كنسبة مئوية من مجموع الانبعاثات الوطنية في السنة t	مجموع عدم التيقن	عدم التيقن في معامل الانبعاث	عدم التيقن في بيانات الأنشطة	انبعاثات السنة t ١٩٩٧	انبعاثات سنة الأساس ١٩٩٠	الغاز	فئة المصادر المحددة من الهيئة	
%	%	%	%	%	%	%	%	%	جيجا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيجا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون			
												الجيري والدولوميت	
٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠٠٢	٠,٠٠٠٠	٠,٠	١٥,١	٢	١٥	١٢٠	١١٦	الكربون ثاني أكسيد الكربون	2A4 استعمال كربونات الصوديوم	
٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠١١	٠,٠٠٠٥	٠,٠	٥	٥		٨١٤	١ ٣٥٨	ثاني أكسيد الكربون	2B إنتاج النشادر	
٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠١	٠,٠٠١٩	٠,٠٠١٩	٠,٠	٦,١	٦	١,٢	١ ٤٩٥	٣ ٢١٠	ثاني أكسيد الكربون	2C1 إنتاج الحديد والصلب	
٠,٢٩	٠,٢٥	٠,١٤	٠,٠٣٥٠	٠,٠٠٢٧	٢,١	٥٤,٢	٥٤	٥	٢٧ ٠٧٥	٣١ ٩٦٥	ثاني أكسيد الكربون	5D التغيير في استعمال الأراضي والحراجة	
٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠١	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٧	٠,٠	٢١,٢	٢٠	٧	٢٩	٦٦٠	ثاني أكسيد الكربون	6C إحراق النفايات الصلبة المحلية	
									٥٦٧ ٦٣٤	٦١٦ ١٣٧	مجموع ثاني أكسيد الكربون		
٠,٠٢	٠,٠٠	٠,٠٢	٠,٠٠٢٦	٠,٠٠٠٤	٠,١	٥٠	٥٠	١,٢	١ ٩٧٥	٢ ٥٠٧	الميثان	1A كل أنواع الوقود	
٠,١٥	٠,٠١	٠,١٥	٠,٠٠٨٧	٠,٠١١٦	٠,١	١٣	١٣	١	٦ ٦٨٧	١٧ ١٨٨	الميثان	1B1 تعدين الفحم	
٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠٠٢	٠,٠٠٠٠	٠,٠	٥٠,٤	٥٠	٦	١٧٣	٢١٥	الميثان	تحويل الوقود الصلب	
٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٠	٠,٠٠٩٤	٠,٠٠٠١	٠,٢	١٥,١	١٥	٢	٧ ٣٠١	٨ ١٠٣	الميثان	1B2 نقل الغاز الطبيعي	
٠,٠٤	٠,٠٤	٠,٠١	٠,٠٠٢٥	٠,٠٠٠٣	٠,١	٢٧,٩	٢٦	١٠	١ ٩٥٧	٢ ٤٠٢	الميثان	النفط والغاز البحري	
٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠	٥٠	٥٠	١,٢	١٣	١٦	الميثان	2C إنتاج الحديد والصلب	
٠,٠٥	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٢٤٣	٠,٠٠٠١٦	٠,٥	٢٠	٢٠	١	١٨ ٧٥٢	١٩ ١٧٧	الميثان	4A التخمر الداخلي	
٠,٠١	٠,٠٠	٠,٠١	٠,٠٠٣٠	٠,٠٠٠٣	٠,١	٣٠	٣٠	١	٢ ٣٢٥	٢ ٣٣٨	الميثان	4B معالجة الروث	

الجدول ٣-٦

مثال لحساب عدم التيقن وتقديم التقارير عنه - المستوى ١

M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	
عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث	الحساسية من النوع باء	الحساسية من النوع ألف	مجموع عدم التيقن كنسبة مئوية من مجموع الانبعاثات الوطنية في السنة t	مجموع عدم التيقن	عدم التيقن في معامل الانبعاث	عدم التيقن في بيانات الأنشطة	انبعاثات السنة t ١٩٩٧	انبعاثات سنة الأساس ١٩٩٠	الغاز	فئة المصادر المحددة من الهيئة	
%	%	%	%	%	%	%	%	%	جيجا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيجا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون			
٠,٠٢	٠,٠٠	٠,٠٢ -	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٣ -	٠,٠	٥٥,٩	٥٠	٢٥	صفر	٢٦٦	الميثان	إحراق المخلفات الزراعية في الحقول	4F
٠,٥٣	٠,٤٨	٠,٢٤ -	٠,٠٢٢٤	٠,٠٠٥٢ -	١,٢	٤٨,٤	٤٦	١٥	١٧ ٣٤٦	٢٣ ٤٥٧	الميثان	التخلص من النفايات الصلبة	6A
٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠١	٠,٠٠٠٩	٠,٠٠٠١	٠,١	٥٠,٣	٤٨	١٥	٧٢٦	٧٠١	الميثان	معالجة مياه المخلفات	6B
٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠	٥٠,٥	٥٠	٧	١	١	الميثان	إحراق النفايات	6C
									٥٧ ٢٥٧	٧٦ ٣٧١	مجموع الميثان		
٠,٠١	٠,٠١	٠,٠١	٠,٠٠٤٦	٠,٠٠٠١	١	١٩٥	١٩٥	١,٢	٣ ٥٦٢	٣ ٨٦٥	أكسيد النيتروز	أنواع الاحتراق الأخرى	1A2& 1A4& 1A5
٠,٥٤	٠,٠١	٠,٥٤	٠,٠٠٤٧	٠,٠٠٣٢	٠,٩	١٧٠	١٧٠	١,٤	٣ ٦٤٥	١ ٣٠٠	أكسيد النيتروز	النقل	1A3
٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠٠	٠,٠	١١٠,٥	١١٠	١٠	٢	٣	أكسيد النيتروز	النفط والغاز الطبيعي	1B2
٠,١٠	٠,٠٢	٠,١٠ -	٠,٠٢٣٠	٠,٠٠٦٧ -	٠,٤	١٥٠,٠	١٥	٠,٥	١٧ ٧٦٦	٢٥ ١٣٦	أكسيد النيتروز	إنتاج حمض الأديبيك	2B
٠,١١	٠,٠٧	٠,٠٨ -	٠,٠٠٤٨	٠,٠٠٠٤ -	١,٢	٢٣٠,٢	٢٣٠	١٠	٣ ٧٢٣	٤ ٣٨٣	أكسيد النيتروز	إنتاج حمض النيتريك	2B
٠,٠٨	٠,٠٠	٠,٠٨	٠,٠٠٢٠	٠,٠٠٠٢	١,١	٥٠,٩	(١)٥٠,٩	١	١ ٥٥٩	١ ٥٨٣	أكسيد النيتروز	معالجة الروث	4B
١,٤٧	٠,٠٥	١,٤٧	٠,٠٣٧٦	٠,٠٠٢٩	٢١	٥٠,٩	٥٠,٩	١	٢٩ ٠٩٨	٢٩ ٤٧٢	أكسيد النيتروز	التربة الزراعية	4D
٠,٠٢	٠,٠٠	٠,٠٢ -	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠١ -	٠,٠	٢٣٠,٢	٢٣٠	١٠	صفر	٧٨	أكسيد النيتروز	إحراق المخلفات الزراعية في الحقول	4F
٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠	٠,٠٠٠٢	٠,٠٠٠٠	٠,٠	١٠٠	١٠٠	١	١٥٧	١٥٣	أكسيد النيتروز	معالجة مياه المخلفات	6B

الجدول ٣-٦

مثال لحساب عدم التيقن وتقديم التقارير عنه - المستوى ١

M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A	
عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث	الحساسية من النوع بء	الحساسية من النوع ألف	مجموع عدم التيقن كنسبة مئوية من مجموع الانبعاثات الوطنية في السنة t	مجموع عدم التيقن	عدم التيقن في معامل الانبعاث	عدم التيقن في بيانات الأنشطة	انبعاثات السنة t ١٩٩٧	انبعاثات سنة الأساس ١٩٩٠	الغاز	فئة المصادر المحددة من الهيئة	
%	%	%	%	%	%	%	%	%	جيجا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيجا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون			
٠,٠٣	٠,٠٠	٠,٠٣ -	٠,٠٠٠٠	٠,٠٠٠١ -	٠,٠	٢٣٠,١	٢٣٠	٧	١١	١١٥	أكسيد النيتروز	إحراق النفايات	6C
									٥٩ ٥٢٥	٦٦ ٠٨٩	مجموع أكسيد النيتروز		
٠,٢٧	٠,٠٧	٠,٢٦	٠,٠٢٣٩	٠,٠١٠٤	٠,٧	٢٥,١	٢٥	٢	١٨ ٤٤٧	١١ ٣٧٤	المركبات الكربونية الفلورية الهيدروجينية	العمليات الصناعية	2
٠,٠٤	٠,٠١	٠,٠٣ -	٠,٠٠٠٩	٠,٠٠١٨ -	٠,٠	١٩,٦	١٩	٥	٦٦١	٢ ٢٨١	المركبات الكربونية الفلورية الهيدروجينية	العمليات الصناعية	3
٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠١	٠,٠٠١٥	٠,٠٠٠٧	٠,٠	١٢,٨	٨	١٠	١ ١٧٠	٧٢٤	سادس فلوريد الكبريت	العمليات الصناعية	4
											مجموع الهالوكربونات وسادس فلوريد الكبريت		
									٧٠٤ ٦٩٣	٧٧٢ ٩٧٦	المجموع المرجح لإمكانية الاحترار العالمي	مجموع الانبعاثات	
٢		عدم التيقن في الاتجاه (%)			٢١,٣	عدم التيقن الإجمالي في السنة (%)						مجموع عدم التيقن	

(أ) تقديرات عدم التيقن من التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي المستعمل في محاكاة مونت كارلو. أي (متوسط المنوي ٩٧,٥%) / المتوسط * ١٠٠

المراجع

- Ang, A.H.S. and W.H. Tang (1975). *Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Volume 1*. John Wiley and Sons, New York.
- Cullen, A.C. and H.C. Frey (1999). *Probabilistic Techniques in Exposure and Risk Assessment: A Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs*. Plenum Press, New York.
- D'Agostino, R.B. and M.A. Stephens (1986). *Goodness of Fit Techniques*. Marcel Dekker, New York.
- Efron, B. and Tibshirani, R.J. (1993). *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman and Hall, New York.
- Eggleston, S. et al. (1998). *Treatment of Uncertainties for National Greenhouse Gas Emissions*. Report AEAT 2688-1 for DETR Global Atmosphere Division, AEA Technology, Culham, UK.
- Fishman G.S. (1996). *Monte Carlo: Concepts, Algorithms, and Applications*. Springer-Verlag, New York.
- Frey, H.C. and D.E. Burmaster (1999). 'Methods for Characterization of Variability and Uncertainty: Comparison of Bootstrap Simulation and Likelihood-Based Approaches'. *Risk Analysis*, 19(1): 109-129.
- Frey, H.C. and D.S. Rhodes (1996). 'Characterizing, Simulating, and Analyzing Variability and Uncertainty: An Illustration of Methods Using an Air Toxics Emissions Example'. *Human and Ecological Risk Assessment*, 2(4), pp. 762-797.
- Frey, H.C., Bharvirkar, R., Thompson, R. and Bromberg, S. (1998). 'Quantification of Variability and Uncertainty in Emission Factors and Inventories'. *Proceedings of Conference on the Emission Inventory*, Air & Waste Management Association, Pittsburgh, PA, USA.
- Frey, H.C., Bharvirkar, R. and Zheng, J. (1999). *Quantitative Analysis of Variability and Uncertainty in Emissions Estimation, Final Report*. Prepared by North Carolina State University for U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, USA, July 1999. Available at www4.ncsu.edu/~frey/
- Hahn, G. J. and Shapiro, S. S. (1967). *Statistical Models in Engineering*, John Wiley and Sons, New York.
- Hora, S.C., and R.L. Iman (1989). 'Expert opinion in risk analysis: The NUREG-1150 methodology'. *Nuclear Science and Engineering*, 102, pp. 323-331.
- Iman, R. L. and Conover, W. J. (1982). 'A Distribution-Free Approach to Inducing Rank Correlation Among Input Variables'. *Communications in Statistics*, B11(3), pp. 311-334.
- McCann, T.J. & Associates and Nosal, M. (1994). *Report To Environment Canada Regarding Uncertainties In Greenhouse Gas Emission Estimates*. Calgary, Canada.
- Merkhofer, M.W. (1987). 'Quantifying judgmental uncertainty: methodology, experiences, and insights'. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 17(5), pp. 741-752.
- Morgan, M.G. and M. Henrion (1990). *Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*. Cambridge University Press, New York.
- NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements) (1996). *A Guide for Uncertainty Analysis in Dose and Risk Assessments Related to Environmental Contamination*. NCRP Commentary No. 14, Bethesda, MD, USA.
- Robinson, J.R. (1989). 'On Uncertainty in the Computation of Global Emissions for Biomass Burning'. *Climatic Change*, 14, pp. 243-262.
- Spetzler, C.S., and von Holstein, S. (1975). 'Probability encoding in decision analysis'. *Management Science*, 22(3), pp. 340-358.

-
- USEPA (1996). *Summary Report for the Workshop on Monte Carlo Analysis*. EPA/630/R-96/010, Risk Assessment Forum, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA.
- USEPA (1997). *Guiding Principles for Monte Carlo Analysis*. EPA/630/R-97/001, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA, March 1997. Available on World Wide Web at: <http://www.epa.gov/ncea/mcpolicy.htm>.
- USEPA (1999). *Report of the Workshop on Selecting Input Distributions For Probabilistic Assessments*. EPA/630/R-98/004, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, January 1999. Available on World Wide Web at: <http://www.epa.gov/ncea/input.htm>.
- Wackerly, D. D., Mendenhall III, W. and Scheaffer, R. L. (1996). *Mathematical Statistics with Applications*. Duxbury Press, USA.