الفصل 3

عدم التيقن

المؤلفون

كريستوفر فراي (الولايات المتحدة الأمريكية)، وجيم بنمان (المملكة المتحدة)

ليزا هانلي (الولايات المتحدة الأمريكية)، وسنيفن أوغل (الولايات المتحدة الأمريكية).

المحتويات

3 عدم التيقن 3-6
3-1 المقدمة 3-6
3-1-1 عرض مجمل لتحليل عدم التيقن 3-6
3-1-2 الهيكل الشامل لتحليل عدم التيقن 3-6
3-1-3 المفاهيم الأساسية والمصطلحات 3-7
3-1-4 أسس تحليل عدم التيقن 3-8
3-1-5 أسباب عدم التيقن 3-9
3-1-6 تقليل عدم التيقن 3-12
3-1-7 تأثير اختيار المنهج 3-13
3-2 تقدير عدم التيقن 3-13
3-2-1 مصادر البيانات والمعلومات 3-13
3-2-1-1 أوجه عدم التيقن المرتبطة بالنماذج 3-13
3-2-1-2 البيانات التجريبية للمصادر والبواليع والأنشطة 3-14
3-2-1-3 أحكام الخبراء كمصدر للمعلومات 3-19
3-2-2 تقنيات تحديد حجم عدم التيقن 3-19
3-2-2-1 عدم التيقن المقترن بالنماذج 3-19
3-2-2-2 التحليل الإحصائي للبيانات التجريبية 3-19
3-2-2-3 طرق ترميز أحكام الخبراء 3-20
3-2-2-4 إرشادات الممارسة السليمة لاختيار دوال كثافة الاحتمال 3-21
3-2-3 طرق الجمع بين أوجه عدم التيقن 3-26
3-2-3-1 المقترب 1: انتشار الأخطاء 3-26
3-2-3-2 المقترب 2: محاكاة مونت كارلو 3-31
3-2-3-3 الجمع بين المقترب 1 والمقترب 2 3-36
3-2-3-4 مقارنة المقتربات 3-37
3-2-3-5 توجيهات اختيار المقترب 3-38
3-3 عدم التيقن والترابط الذاتي الزمني 3-38
3-4 استعمال تقنيات أخرى ملائمة 3-39
3-5 التوثيق والإبلاغ 3-39
3-6 أمثلة 3-42
3-7 المعلومات الخلفية التقنية 3-60
3-7-1 متغيرات ومعادلات المستوى 1 3-60
3-7-2 المستوى 1 – تفاصيل معادلات عدم التيقن في الاتجاه 3-61
3-7-3 التعامل مع مقادير عدم التيقن الكبيرة وغير المتناظرة في نتائج المقترب 1 3-63
3-7-4 طريقة حساب المساهمة في عدم التيقن 3-65
المراجع 3-66

المعادلات

المعادلة 3-1 جمع أوجه عدم التيقن – المقترب 1 – الضرب 3-27
المعادلة 3-2 جمع أوجه عدم التيقن – المقترب 1 – الجمع والطرح 3-28
المعادلة 3-3 معامل التصحيح لنصف نطاق عدم التيقن 3-63
المعادلة 3-4 نصف نطاق عدم التيقن المصحح 3-63
المعادلة 3-5 فترات الثقة غير المتناظرة – المتوسط الهندسي 3-64
المعادلة 3-6 فترات الثقة غير المتناظرة – الانحراف المعياري الهندسي 3-64
المعادلة 3-7 نصف نطاق عدم التيقن الأعلى/الأدنى من انتشار الأخطاء 3-64
المعادلة 3-8 مساهمة الفئة X . تغير عدم التيقن المتناظر 3-65
المعادلة 3-9 مساهمة الفئة X . تغير عدم التيقن غير المتناظر 3-65

الأشكال التوضيحية

الشكل 3-1 الهيكل الشامل لتحليل عدم التيقن 3-7
الشكل 3-2 تمثيل الدقة والضبط 3-8
الشكل 3-3 أمثلة على عدم التيقن التناظري واللا تناظري في معامل الانبعاث 3-9
الشكل 3-4 مثال لعدم التيقن المقترن بقياسات الانبعاث ومتوسط الانبعاث 3-15
الشكل 3-5 أمثلة لبعض النماذج الأكثر شيوعا لدالة كثافة الاحتمال 3-23
الشكل 3-6 رسم إيضاحي لطريقة مونت كارلو 3-33
الشكل 3-7 مخطط حساب باستعمال تحليل مونت كارلو لتقدير الانبعاثات المطلقة والاتجاه في فئة واحدة من فئات المصادر باستعمال معامل الانبعاث مضروبا بمعدل النشاط 3-35
الشكل 3-8 مثال لمخططات نتائج محاكاة مونت كارلو 3-36
الشكل 3-9 تقدير النطاقات غير التناظرية لعدم التيقن باعتبار المتوسط الحسابي الذي يفترض التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي المعتمد على نصف نطاق عدم التيقن المحسوب من مقترب انتشار الأخطاء. 3-65

الجداول

الجدول 3-1 الاستراتيجيات الشائعة للتعامل مع مختلف أسباب عدم التيقن 3-**12**
الجدول 3-2 المقترب 1 حساب عدم التيقن 3-29
الجدول 3-3 جدول الإبلاغ العام عن عدم التيقن.....3-41
الجدول 3-4 مثال لحساب المقترب 1 لعدم التيقن لدولة فنلندا (معتمدا على الإحصائيات الفنلندية لعام 2005) 3-42
الجدول 3-5 مثال للإبلاغ عن تحليل عدم التيقن بالمقترب 2 وباستعمال جدول الإبلاغ العام عدم التيقن 3-51

المربعات

المربع 3-1 مثال موجز لحكم الخبير التفصيلي..... 3-21
المربع 3-2 مثال لاستخدام محاكاة مونت كارلو لتقدير أوجه عدم التيقن المقترنة بعلاقات التبعية..... 3-26
المربع 3-3 التعامل مع عدم التيقن المقترن بالنموذج في تحليل الاحتمالات 3-38

3 عدم التيقن

3-1 المقدمة

يتضمن هذا الفصل توجيهات بشأن تقدير مستويات عدم التيقن المقترن بتقديرات الانبعاثات وعمليات الإزالة السنوية واتجاهات الانبعاثات وعمليات الإزالة على مر الزمن وتقديم التقارير عنها. ويحدد هذا الفصل أنواع عدم التيقن من وجهة نظر القائم بتجمع بيانات الحصر ويوضح بالأمثلة مقتربين لجمع عدم التيقن في فئات المصادر داخل مقادير عدم التيقن في مجموع الانبعاثات الوطنية والاتجاهات.

3-1-1 عرض مجمل لتحليل عدم التيقن

تعد تقديرات عدم التيقن عنصرا أساسيا لاستيفاء أي قائمة لحصر غازات الاحتباس الحراري وعمليات إزالتها. وينبغي أن تشتق على السواء للمستوى الوطني وتقدير الاتجاه وكذلك للعناصر المكونة مثل معاملات الانبعاث وبيانات النشاط وبارامترات التقدير الأخرى لكل فئة. كما تقدم هذه التوجيهات مقتربا مهيكلا لتقدير أوجه عدم التيقن. ويشمل الأساليب للقيام بما يلي:

- تحديد أوجه عدم التيقن في المتغيرات الفردية المستعملة في الحصر (مثلا، تقديرات الانبعاثات من الفئات المعينة ومعاملات الانبعاث وبيانات النشاط)،
- ضم مكونات عدم التيقن بمجموع الحصر،
- تحديد مستوى عدم التيقن داخل الاتجاه،
- تعريف المصادر المؤثرة في عدم التيقن المقترن بالحصر للمساعدة على تحديد أولويات جمع البيانات والجهود المبذولة من أجل تحسين دقة قوائم الحصر.

مع أن الغرض من الأساليب الموضحة أدناه هو تقدير مستويات عدم التيقن في قوائم الحصر الوطنية إلا أنه من المهم بمكان إدراك وجود أوجه عدم تيقن أخرى لم تصفها الأساليب الإحصائية من ضمنها أوجه عدم التيقن التي تنشأ من السهو أو ازدواجية العد أو نتيجة أخطاء أخرى خاصة بالمفاهيم أو عدم الفهم التام للعمليات، كل ذلك من شأنه أن يقود لعدم دقة في التقديرات المعدة من النماذج.

ويجب أن ينظر أولا وقبل كل شيء لتحليل عدم التيقن كوسيلة للمساعدة على تحديد أولويات الجهود الوطنية المبذولة لتحسين دقة قوائم الحصر في المستقبل وتوجيه القرارات بشأن الاختيار المنهجي. ولهذا السبب يجب أن تكون الأساليب المستخدمة لتخصيص مستويات عدم التيقن أساليب عملية ومبررة علميا ودقيقة بالقدر الذي يكفي لتطبيقها على مجموعة من فئات الانبعاثات بحسب المصادر والمصارف والأساليب والظروف الوطنية وأن تكون معروضة بطريقة مفهومة لجميع مستخدمي قائمة الجرد. وقد تم توفير قسم مرجعي يحتوي على مزيد من التفاصيل والمعلومات النظرية حول الموضوعات التي سيتناولها هذا الفصل بالمناقشة.

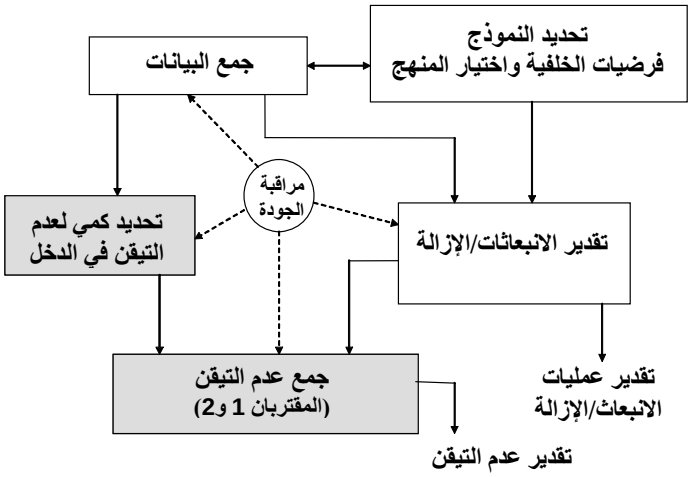
ويتم تحديد حجم عدم التيقن عن طريق تقدير فترة ثقة بنسبة 95 بالمئة لتقدير الانبعاثات وعمليات الإزالة للفئات الفردية ولمجموع الحصر. ويمنح القسم 3-1-3 المعنون *المفاهيم الأساسية والمصطلحات* تعريفا لفترة الثقة التي نسبتها 95 بالمئة.

3-1-2 الهيكل الشامل لتحليل عدم التيقن

يمنح هذا القسم نظرة عامة موجزة لهيكل تحليل عدم التيقن كما يظهر في الجدول 1-3. تعتمد تقديرات الانبعاثات وعمليات الإزالة على ما يلي: (1) تحديد المفاهيم، (2) تحديد النماذج، (3) إدخال البيانات والفرضيات (مثلا، معامل الانبعاث وبيانات النشاط). ويمكن أن تكون كل من هذه المكونات الثلاثة مصدرا لعدم التيقن. ويبدأ التحليل *بتحديد المفاهيم*، أي مجموعة الفرضيات ذات الصلة بهيكل الحصر أو بالقطاع. وعادة ما تشمل الفرضيات المساحة الجغرافية وفترة المعدل الزمني والفئات وعمليات الانبعاثات والإزالة والغازات المشمولة بالتقديرات. الفرضيات والاختيار المنهجي هي التي تحدد الحاجة إلى البيانات والمعلومات. قد يحدث شيء من التداخل والتفاعل بين البيانات والاختيار المنهجي والفرضيات، تم التعبير عن هذه العلاقة في الشكل التالي بسهم مزدوج الاتجاه. وعلى سبيل المثال، إمكانية فصل الفئات عن بعضها والتي تكون ضرورية في منهجيات المستوى العالي قد تعتمد على توافر البيانات. وسواء أكانت البيانات تجريبية أو معتمدة على أحكام الخبراء فينبغي أن تخضع بالقدر المناسب لعمليات جمع البيانات ومراقبة الجودة كما تم تفسيرها في الفصل 2 بعنوان *مقتربات جمع البيانات* والفصل 6 بعنوان *ضمان الجودة/مراقبة الجودة* على التوالي.

وقد تتراوح النماذج من عملية الضرب الحسابية البسيطة لمعاملات الانبعاث وبيانات النشاط لكل فئة ثم الجمع اللاحق لجميع الفئات إلى عمليات أكثر تعقيدا تعتمد على نماذج خاصة لكل فئة. البيانات والمعلومات التي يتم الحصول عليها من عملية جمع البيانات تصبح بدورها مدخلات لقاعدة بيانات أكثر تخصصا للمعارف والأحكام المقترنة بعدم التيقن كما يوضح ذلك الشكل التالي وكما يتم التعرض بالتفصيل لهذا الموضوع في القسم 3-2-1 بعنوان "مصادر البيانات والمعلومات". ويتناول القسم 3-2-1 بالتفصيل أسباب عدم التيقن في صياغة المفاهيم والنماذج والبيانات ويتناول القسم 3-2-2 بالشرح تقنيات تحديد حجم عدم التيقن في البيانات المدخلة. وتشتمل البيانات الضرورية على نسبة تقدير عدم التيقن ودوال كثافة الاحتمالات (دالة كثافة الاحتمالات يشرحها القسم 3-1-4) لمدخلات تحليل عدم التيقن المقترن بحصر الانبعاثات. أساليب تجميع أوجه عدم التيقن من أجل الوصول إلى تقديرات عدم التيقن للفئات الفردية ولقائمة الحصر ككل ترد بالتفصيل في القسم 3-2-3. ويشرح القسم مقتربين لتجميع أوجه عدم التيقن. يتسم المقترب الأول الذي هو عملية حسابية بالسهولة البالغة إذ يعتمد على الصحف الجدولية المعدة على أساس مجموعة من الفرضيات بغية تبسيط الحساب. أما المقترب

الشكل 1-3 الهيكل الشامل لتحليل عدم التيقن



ملاحظة: المربعات المظللة هي التي يركز عليها هذا الفصل.

3-1-3 المفاهيم الأساسية والمصطلحات

التعريفات المقترنة بعملية تحليل عدم التيقن تشمل عدم *التيقن*، *والدقة*، *والضبط*، *والتغيرية*. أحيانا ما تستخدم هذه المصطلحات بشكل غير دقيق مما يدفع إلى اللبس وسوء الفهم. وفي الواقع فإن هذه المصطلحات لها تعريفات إحصائية واضحة ينبغي استعمالها حتى تتضح الأمور المتعلقة بتقدير الكميات والإبلاغ. تحتوي الفقرات التالية على مجموعة من التعريفات ذات الصلة:

الدقة: هي الاتفاق بين القيمة الحقيقية ومعدل مشاهدات القياسات المتكررة أو تقدير المتغيرات. ويعتبر القياس أو التقدير دقيقا عندما يخلو من التحيز أو بنفس النحو من الخطأ المنتظم.

التحيز: هو مرادف لنقص الدقة. التحيز هو خطأ منتظم يمكن حدوثه عند الفشل في جمع كافة العمليات ذات الصلة أو عندما تكون البيانات المتاحة غير ممثلة لمجموع حالات المجتمع الحقيقية وقد يحدث أيضا نتيجة خطأ الجهاز.

حدود الثقة: قيمة الكمية الحقيقية التي يجب تقدير الفترة الخاصة بها هي دالة ثابتة ولكن قيمتها غير معلومة، على سبيل المثال حجم الانبعاثات الكلية السنوية في سنة معينة وفي بلد معين. وحدود الثقة هي النطاق الذي تقع ضمنه القيمة الحقيقية لهذه الدالة الثابتة غير المعلومة القيمة وبحدود ثقة معينة (الاحتمال). وعادة ما تستخدم نسبة 95 بالمائة كحدود ثقة في عمليات حصر غازات الاحتباس الحراري. ومن منطلق إحصائي بحت فإن فترة ثقة بنسبة 95 بالمائة هي الفترة التي من المحتمل بنسبة 95 بالمائة أن تحتوي على القيمة الحقيقية غير المعلومة لكمية ما. وهناك تفسير بديل يفضي بأن حدود الثقة هي النطاق الذي يمكن أن نقول بأمان أنه متناسق مع البيانات أو المعطيات التي تمت ملاحظتها. وتنحصر حدود الثقة التي تبلغ 95 بالمائة بين نهايات الثقة المحددة بالمئويين 2.5 و 97.5 من دالة كثافة الاحتمال.

الضبط: هو الاتفاق بين القياسات المتكررة لنفس المتغير. وهناك علاقة عكسية بين الضبط والخطأ العشوائي بمعنى أنه كلما زادت نسبة الضبط كلما قل الخطأ العشوائي. ويستقل الضبط عن الدقة.

***دالة كثافة الاحتمال* (PDF) :** دالة كثافة الاحتمال هي وصف للمجال وللقيم النسبية الممكنة . ويمكن استعمال دالة كثافة الاحتمال لوصف عدم *التيقن* في تقدير كمية ما كدالة ثابتة قيمتها غير معلومة بشكل دقيق أو استعمالها لوصف التغير الداخلي . وينحصر الغرض من تحليل عدم التيقن عند حصر الانبعاثات في تقييم عدم التيقن داخل القيم الثابتة غير المعلومة لمجموع الانبعاثات وكذلك الانبعاثات والأنشطة المتصلة بفئات معينة. وبالتالي فإنه من المفترض طوال هذا الفصل أن تستعمل دالة كثافة الاحتمال لتقدير عدم التيقن وليس التغير ما لم ينص على غير ذلك.

الأخطاء العشوائية: هو التفاوت صعودا أو نزولا بالنسبة لقيمة وسيطة. وهناك علاقة عكسية بين الخطأ العشوائي والضبط. وعادة ما يتم تحديد كمية الخطأ العشوائي اعتمادا على القيمة الوسيطة إلا أن المتوسط قد يكون منحازا أو غير منحاز. وبالتالي فإن الخطأ العشوائي يعتبر بمثابة مفهوم مستقل إذا ما قورن بالخطأ المنتظم.

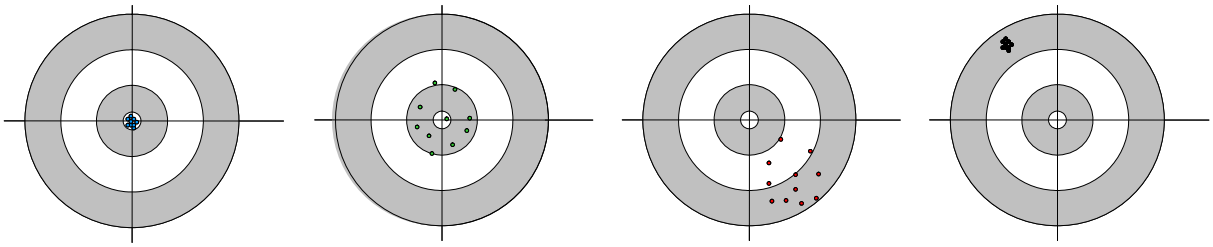
الخطأ المنتظم: هو تعبير آخر للانحياز يعزو إلى نقص الدقة.

عدم التيقن: عدم التيقن هو عدم معرفة القيمة الحقيقية لمتغير ما يمكن وصفه بدالة كثافة الاحتمال (PDF). هذه الدالة هي التي تميز المدى واحتمال مجموعة القيم الممكنة. ويتوقف عدم التيقن على درجة معرفة المحلل والتي تتوقف بدورها على الجودة وكمية البيانات التي يمكن تطبيقها وعلى معرفة العمليات الأساسية أو طرق التداخل.

التغيرية: هو تباين المتغير على مر الزمن وباختلاف المكان أو أعضاء المجتمع (مورغن وهنريون، 1991، كالن وفراي، 1999). وقد تنشأ التغيرية مثلا من الاختلافات في التصميم من مرسل لآخر (الاختلاف بين المصانع أو الاستشعار عن بعد) وفي ظروف التشغيل من وقت لآخر لدى نفس المرسل (التغيرية داخل المصنع). وتعتبر التغيرية خاصية داخلية للنظام أو الطبيعة وليس للمحلل.

الشكل 2-3 تمثيل الدقة والضبط:

(أ) عدم دقة ولكن ضبط، (ب) عدم دقة وعدم ضبط، (ج) دقة ولكن عدم ضبط، (د) دقة وضبط.



(د) (ج) (ب) (أ)

وينبغي أن يكون الحصر دقيقا بمعنى عدم زيادة تقديرات مستويات الانبعاثات أو تقليله بشكل منتظم بالقدر الذي يمكن الحكم عليه، ودقيق بحيث يمكن الحد من مستويات عدم التيقن قدر المستطاع .ويوفر الشكل 2-3 مقارنة بين الدقة والضبط من حيث المفهوم. الحصر الدقيق هو الحصر الخالي من التحيز ولكنه قد يكون مضبوطا أو غير مضبوط. الحصر المضبوط يبدو أنه ذلك الحصر الذي تقل فيه نسبة عدم التيقن ولكن إذا كان الحصر غير دقيق فإنه يزيد أو ينقص في تقدير الانبعاثات أو عمليات الإزالة الحقيقية. ويمكن حدوث عدم الدقة أو التحيز عند الفشل في جمع كافة الانبعاثات أو عمليات الإزالة أو عندما تكون البيانات المتاحة غير ممثلة لمجموع حالات العالم الحقيقي . ولا يوجد مستوى محدد سلفا لمستوى الدقة ويعزى ذلك جزئيا إلى عامل التغير الداخلي الذي تتميز به بعض الفئات.

3-1-4 أسس تحليل عدم التيقن

يستعمل هذا الفصل مفهومين إحصائيين رئيسيين هما دالة كثافة الاحتمال (PDF) و حدود الثقة وهما مصطلحين تم تعريفهما في القسم السابق. ومع أن هذا الفصل يركز على مظاهر عدم التيقن التي يمكن تحديد كمياتها فهناك أيضا أوجه عدم تيقن لا يمكن تقديرها. وتميل أساليب تحليل عدم التيقن الكمي إلى التعامل أولا مع الأخطاء العشوائية المعتمدة على تغير النظام الداخلي وصغر حجم عينة البيانات المتاحة والعناصر العشوائية لقياس الخطأ أو التداخلات المقترنة بعامل العشوائية الذي يتم الحصول عليه من أحكام الخبراء. وعلى النقيض من ذلك فقد تنشأ الأخطاء المنتظمة نتيجة عيوب في تحديد المفاهيم والنماذج وتقنيات القياس أو الأنظمة الأخرى الخاصة بتسجيل البيانات أو تحديد تداخل البيانات فيما بينها والذي يكون أكثر صعوبة عند التقدير الكمي. وكما هو وارد في القسم 3.5 بعنوان الإبلاغ والتوثيق، فمن *الممارسة السليمة* بالنسبة للموارد المحتملة لعدم التيقن التي لم يتم تحديد كمياتها أن يتم وصفها وبالذات بحسب تحديد المفاهيم والنماذج والبيانات وأن تبذل كافة الجهود من أجل تحديد كمياتها في المستقبل.

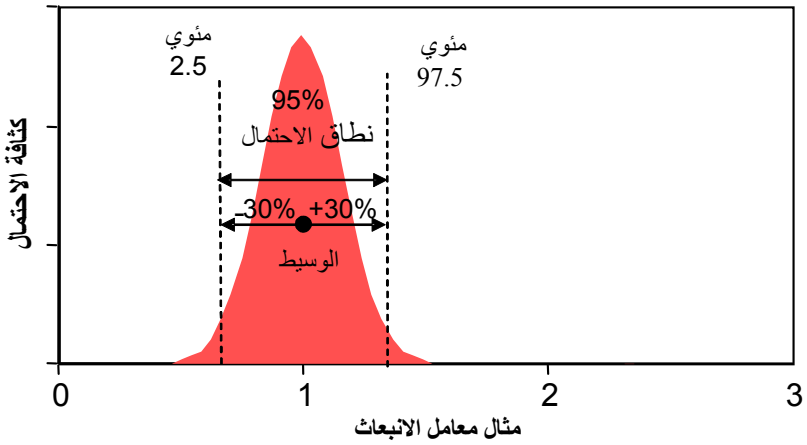
وتقتضي *الممارسة السليمة* العمل بقدر الإمكان على تفادي التحيز في تحديد المفاهيم والنماذج ومدخلات النماذج وذلك بالاستعانة بإجراءات ضمان ومراقبة الجودة المناسبة. وعندما يتعذر تفادي حدوث التحيز تكون من *الممارسة السليمة* تعريف أوجه التحيز وتصحيحها عند إعداد تقدير المتوسط للحصر. وعلى نحو خاص يجب أن تكون النقطة المقدرة أي تلك التي استعملت في إبلاغ الحصر خالية من التحيز بقدر الإمكان وبأقصى قدر عملي. وعندما يتم تصحيح التحيز بأقصى قدر ممكن يمكن عندئذ أن ينصب تحليل عدم التيقن على تحديد كمية الأخطاء العشوائية مع الأخذ في الاعتبار تقدير المتوسط.

وتقضي *الممارسة السليمة* باستعمال نسبة 95 في المائة كحدود الثقة عند تحديد الأخطاء العشوائية كميا. ويمكن أن يعبر عن ذلك أيضا كنسبة مئوية للتقدير المركزي. فعندما تكون دالة كثافة الاحتمالات متناظرة يمكن التعبير عن فترة الثقة بزائد أو ناقص نصف عرض حدود الثقة مقسوم على القيمة التقديرية للمتغير (مثلا، $\pm$ 10%). وعندما تكون دالة كثافة الاحتمالات غير متماثلة ينبغي تحديد الحدود العليا والدنيا لحدود الثقة بشكل منفصل (مثلا، -30%، +50%).

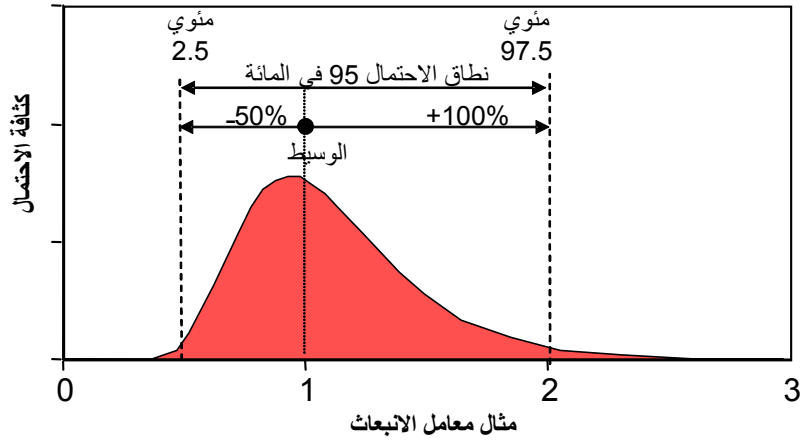
فإذا كان نطاق عدم التيقن الخاص بمتغير غير سالب بالصغر الكافي بالنسبة لقيمة المتوسط يمكن عندئذ في أغلب الحالات وصف عدم التيقن كأنه نطاق تناظري باعتبار قيمة المتوسط كما يتضح في الشكل 3.3 (أ). على سبيل المثال، إذا كانت الانبعاثات المتوسطة تساوي 1.0 وحدة تكون قيمة المئوي 2.5 لعدم التيقن مساوية لـ 0.7 وحدة وتكون قيمة المئوي 97.5 لعدم التيقن مساوية لـ 1.3 وحدة ويصبح عندئذ من الممكن وصف نطاق عدم التيقن بأنه يتراوح ما بين 1.0 وحدة $\pm$ 30 %. وبالتالي عندما يكون النطاق النسبي لعدم التيقن متسع ويرتبط عدم التيقن بمتغير غير سالب (كمعامل الانبعاث) يصبح نطاق عدم التيقن عندئذ غير تناظري بالنسبة للمتوسط كما يظهر في الشكل 3.3 (ب). على سبيل المثال، إذا كانت الانبعاثات المتوسطة تساوي 1.0 وحدة تكون قيمة المئوي 2.5 لعدم التيقن مساوية لـ 0.5 وحدة وتكون قيمة المئوي 97.5 لعدم التيقن مساوية لـ 2.0 وحدة ويصبح عندئذ من الممكن وصف نطاق عدم التيقن

الشكل 3-3 أمثلة على عدم التيقن التناظري واللا تناظري في معامل الانبعاث

(أ) مثال لعدم التيقن التناظري ل ± 30 % بالنسبة للمتوسط



(ب) مثال لعدم التيقن اللا تناظري ل - 50 % إلى +100 % بالنسبة للمتوسط أو معامل 2



3-1-5 أسباب عدم التيقن

هناك أسباب كثيرة وراء اختلاف الانبعاثات وعمليات الإزالة الفعلية عن العدد المحسوب في الحصر. وبعض مصادر عدم التيقن (مثلا، خطأ المعاينة أو القيود التي تحد من دقة الأجهزة المستعملة) قد تولد تقديرات محددة وسهلة التوصيف لنطاق الخطأ المحتمل. على أن هناك مصادر أخرى لعدم التيقن (مثلا، التحيز) قد يتعذر كثيرا تعريفها أو تحديد كمياتها (ريبدال وونيبوارتر، 2001). ومن *الممارسة السليمة* القيام بقدر الإمكان بعد جميع أسباب عدم التيقن في تحليل عدم التيقن والتوثيق الواضح للأسباب التي لم يتم إدراجها.

ويستطيع القائم بعملية الحصر أن يرجع عدم التيقن لأسباب ثمانية هي[1]:

[1] يمكن الحصول على مناقشة وافية حول هذا الموضوع في مورغان وهنريون (1990)، وكولن وفراي (1999).

- ***نقص الاستيفاء:*** وهو الحالة التي يكون فيها القياس أو البيانات الأخرى غير متاحة سواء بسبب عدم الاعتراف بعد بالعملية أو عدم وجود طريقة قياس بعد. وعامة ما يؤدي هذا السبب إلى نقص في صياغة المفاهيم الذي يقود بدوره إلى التحيز وقد يساهم أيضا في الخطأ العشوائي بحسب الحال.
- ***النموذج:*** تتراوح النماذج من حيث التركيب بدءا من المضاعف البسيط (مثلا، معامل الانبعاث) وحتى النماذج الأكثر تعقيدا. الاستعانة بالنماذج لتقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وعمليات الإزالة من شأنها أن تدخل عدم التيقن بما في ذلك التحيز والخطأ العشوائي لأسباب عدة نوجزها فيما يلي:

I. النماذج هي تبسيط للأنظمة الحقيقة وبالتالي فإنها ليست صحيحة. على سبيل المثال يمكن للبرنامج الحاسوبي أن يتضمن أخطاء أو تقريبات كما أن نقطة النموذج قد لا تكون ممثلة وكذلك الاستشعار عن بعد والغطاء الزمني قد يفتقران للتمثيل.

II. ويعتبر التداخل هو تطبيق للنموذج في نطاق معين من المدخلات التي يعتبر النموذج صالحا لها. إلا أنه في بعض الحالات قد يحدث ما يسمى "بالاستقراء الخفي" عندما يتم تقييم النموذج على أساس توليف قيم مدخلاته التي لم يتم بعد الموافقة عليها (كولن وفراي 1999).

III. الاستقراء (بمعنى تفسير النموذج بأبعد من المجال الذي يعتبر تقييم النموذج صالحا لأجله) قد يؤدي إلى عدم التيقن،

IV. كما أن تعدد أساليب التعبير عن النموذج من شأنه أن يقود إلى تقديرات مختلفة،

V. وتشمل مدخلات النموذج بيانات النشاط والبارامترات التي غالبا ما تكون تقريبية عندما تقل المعلومات مما يزيد من عدم التيقن بدرجة تتجاوز التعبير عن النموذج.

- ***نقص البيانات:*** في بعض الحالات قد لا تكون هناك ببساطة بيانات متوافرة لتوصيف انبعاث معين أو عملية إزالة محددة. في هذه الحالات يكون المقترب الشائع هو الاستعانة بالبيانات البديلة للفئات المشابهة أو استعمال الاستيفاء أو الاستقراء.
- ***الافتقار إلى الشمول التمثيلي للبيانات:*** يقترن هذا المصدر لعدم التيقن بعدم التناظر الكامل بين الظروف المقترنة بالبيانات المتاحة وتلك المقترنة بالانبعاثات /عمليات الإزالة أو الأنشطة في العالم الحقيقي. فمثلا قد تكون بيانات الانبعاثات متوفرة في الحالات التي يعمل فيها أحد المصانع بكامل طاقته ولكنها قد لا تتوافر في حالات بداية التشغيل أو التغير في طاقة التشغيل. وفي هذه الحالة لا تناسب البيانات تقديرات الانبعاثات المرغوبة إلا جزئيا . ويقود نقص الشمول التمثيلي عامة إلى التحيز.
- ***خطأ المعاينة العشوائية الإحصائية:*** يرتبط هذا المصدر من مصادر عدم التيقن بالبيانات التي تمثل عينة عشوائية ذات حجم محدود ويعتمد عادة على تباين[2] المجتمع الإحصائي الذي تؤخذ منه العينة وعلى حجم العينة ذاتها (مثل عدد نقاط البيانات). وغالبا ما يمكن تخفيض الخطأ الإحصائي بزيادة عدد العينات الفردية. وهنا يكون من *الممارسة السليمة* التمييز بين التغيرية وعدم التيقن كما تم تعريف المصطلحين سابقا. ولأغراض تحليل عدم التيقن المقترن بالحصر ينبغي الاهتمام بأوجه عدم التيقن في المعدل السنوي على المستوى الوطني أكثر من النطاق الكامل للتغيرية الذي قد يحدث في الفترات الزمنية القصيرة أو المناطق الجغرافية الصغيرة. أحجام العينات الكبيرة لن تؤدي حتما لخفض التغيرية الداخلية بل قد تقود لتضييق فترات الثقة التي تعتبر أساس تقدير عامل العشوائية في عدم التيقن.
- ***خطأ القياس:*** خطأ القياس يمكن أن يكون عشوائي أو منتظم وينتج عن الأخطاء التي تحدث عند القياس والتسجيل ونقل البيانات وصغر خطوة الجهاز وقيم القياس المعيارية غير الصحيحة ومواد الإحالة المرجعية وقيم الثوابت الخاطئة والبارامترات الأخرى التي يتم الحصول عليها من مصادر خارجية واستعمالها في خوارزميات تقليل البيانات (مثلا، القيم الافتراضية الواردة في *الخطوط التوجيهية للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ*) والتقريب والافتراض المدمج في أسلوب القياس وطريقة التقدير و/أو التباين في تكرار مشاهدات الانبعاث أو عملية الإزالة أو المتغير المقترن تحت ظروف تبدو مشابهة.
- ***الإبلاغ الخطأ أو التصنيف الخطأ:*** هنا قد يكون سبب عدم التيقن هو التعريف الناقص أو المفتقر إلى الوضوح أو الخاطئ للانبعاث أو عملية الإزالة. ويقود هذا السبب لعدم التيقن حتما إلى التحيز.
- ***البيانات الناقصة:*** قد ينشأ عدم التيقن عند محاولة القياس ولكن البيانات تكون غير متوفرة. لتوضيح ذلك نسوق مثال القياسات التي توجد تحت حدود الرصد. ويقود هذا السبب لعدم التيقن إلى التحيز والخطأ العشوائي على السواء .فعندما تكون قيم القياس أقل من حدود الرصد يمكن تقدير حد عدم تيقن أعلى. توجد تقنيات إحصائية صارمة للتعامل مع البيانات التي لا يمكن رصدها وأنواع البيانات الأخرى الناقصة مثل البيانات التي تنقص في العشوائية (كولن ووايتن، 1998، غلفاند، 1996، زاو وفراي، 2004 ب). وقد تملي هذه التقنيات القيام بتقدير أو بإيعاز أجزاء من التوزيع حيثما تنقص البيانات.

فيما يتعلق بالاستقراء بالذات فقد ينشأ عدم التيقن عندما يتم الاستقراء من مصدر حديث وبيانات مستودع لغرض تقدير الحصر للسنة المعنية والتي لا تتوافر بشأنها البيانات (أنظر أيضا الفصل 5 بعنوان، *اتساق المتسلسلات الزمنية*). وعادة ما يتم الإبلاغ عن الاستقراء تحت بند التقديرات "المؤقتة" والتي يتم تحديثها فيما بعد عندما تتوافر البيانات المناسبة. غير أنه وحتى يتم تحديث البيانات يمكن استعمال الحصر المؤقت. أوجه عدم التيقن الأخرى المقترنة بالاستقراء هي نوع من عدم التيقن النمطي. فالأخطاء المقترنة بالاستقراء يمكن أن تكون منتظمة أو عشوائية أو كليهما. فإذا كان هناك سجل مرتب زمنيا لعمليات الاستقراء والتصحيحات اللاحقة لها يمكن عندئذ إعداد بيانات حول توزيع الأخطاء التي تمت ملاحظتها في الماضي. وفي حالة وجود تحيزات في التقديرات المؤقتة سوف يكون متوسط التوزيع مختلف عن الصفر ويمكن عندئذ تحديد كمية التحيز. كان من شأن هذا التوزيع أن يظهر خطأ في قدرة التنبؤ بالمصدر

[2] *تباين مجموع سكان القيم* هو معدل مربع الفارق بين القيم الفردية في سكان مجتمع العينة وقيمة المتوسط. *اختلاف العينة من سكان المجتمع* هو مجموع مربعات الفارق بين قيم العينة ومتوسط العينة مقسوم على عدد القيم في العينة -1.

وفي حالة إمكانية التعرف على دالة كثافة الاحتمال الخاصة بالمتوسط يمكن بالتالي تحديد كمية العديد من أسباب عدم التيقن بالأساليب الإحصائية. وكما هو موضح في القسم 3-2 يمكن تحديد كمية عدم التيقن عن طريق التحليل الإحصائي للبيانات التجريبية أو ترميز (تحديد الكمية) حكم الخبراء في استمارة دالة كثافة الاحتمالات أو بالجمع بين الطريقتين. ومع ذلك توجد أوجه عدم تيقن هيكلية يصعب إدراجها في التحليل الكمي لأوجه عدم التيقن في شكل دوال كثافة الاحتمال. وتشمل نماذج عدم التيقن الهيكلي إمكانية عدم التعرف أو عدم توصيف النظام الواجب تحليله علاوة على المشاكل المتعلقة بالنماذج المستعملة، أي عدم ملائمة النموذج أو أخطاء النموذج. وتتعلق هذه النماذج الأخيرة بحالات خارجة عن غرض الإحصاء (إيزو 1993)[3] ، وبناء على ذلك تم اقتراح أساليب احتمالية للتعامل مع أوجه عدم التيقن المقترنة بالنموذج (مثلا،إيفانز وآخرون، 1994). فيمكن مثلا استعمال أحكام الخبراء لتوزيع الأوزان على النماذج البديلة.

ويقترح الجدول التالي 3-1 عدة أسباب لعدم التيقن التي يمكن معالجتها في التحليل. ويمكن لبعض أسباب عدم التيقن (مثلا، خطأ الإبلاغ /التصنيف) التي يتعرف عليها أن تقل أو حتى تختفي بواسطة إجراء ضمان ومراقبة الجودة وتحسين جمع البيانات و/أو المنهجيات.

[3] هناك بعض الفرص لتوصيف مصادر عدم التيقن المشار إليها. مثال، أوجه عدم التيقن المقترنة بأخطاء النموذج على الأقل جزئيا يمكن توصيفها بمقارنة الخرج بالقيم المقاسة. وبحسب كيفية مقارنة النتائج المصاغة حسب النماذج بالمقاييس يمكن للفرد أن يتعرف على التحيز المقترن بالنموذج والذي قد يتفاوت حسب نوع النظام الذي أعد له النموذج.

الجدول 1-3
الاستراتيجيات الشائعة للتعامل مع مختلف أسباب عدم التيقن

أسباب عدم التيقن	الاستراتيجية			تعليقات أخرى[1]
	تقييم صياغة النموذج وعرض النموذج	تجريبي وإحصائي	أحكام الخبراء	
نقص الاستيفاء:	√			هل تم إسقاط عناصر أساسية في النظام ؟ إذا كان الأمر هكذا فما هو الأثر القابل لتقدير أو غير القابل لتقدير كميته على الخطأ المنتظم ؟ تنفيذ إجراء ضمان ومراقبة الجودة من شأنه أن يتفادى ذلك.
النموذج (التحيز والأخطاء العشوائية)	√	√	√	هل صيغة النموذج مستوفية ودقيقة ؟ ما هو مدى عدم التيقن في مصادقة النموذج المعتمد على اعتماد النموذج ؟ ما هو مقدار دقة وضبط النموذج بالاعتماد على أحكام الخبراء في حالة عدم توفر بيانات الاعتماد الإحصائي ؟
نقص البيانات			√	في حالة نقص البيانات هل يمكن استعمال أحكام الخبراء لإجراء تداخل على أساس تشابه البيانات (البيانات البديلة) أو الاعتبارات الإحصائية ؟ قد تتعلق بنقص الاستيفاء وعدم التيقن المقترن بالنموذج.
الافتقار إلى الشمول التمثيلي للبيانات	√	√	√	
خطأ المعاينة العشوائية الإحصائية		√		أي النظرية الإحصائية لتقدير حدود الثقة اعتمادا على تغير البيانات وحجم العينة.
خطأ القياس:عامل العشوائية		√	√	
خطأ القياس: الخطأ المنتظم (التحيز)	√		√	ضمان ومراقبة الجودة والتحقق يحققان التبصر.
الإبلاغ الخطأ أو التصنيف الخطأ		√	√	تنفيذ إجراء ضمان ومراقبة الجودة من شأنه أن يتفادى ذلك.
البيانات الناقصة		√	√	الأسلوب الإحصائي أو أحكام الخبراء لتقدير عدم التيقن نتيجة عدم التعرف على القياسات أو أنواع أخرى من البيانات الناقصة.

[1] من *الممارسة السليمة* تطبيق إجراءات ضمان ومراقبة الجودة والتحقق قبل أو مع تقديرات أوجه عدم التيقن حسب توجيهات الفصل. إجراءات ضمان ومراقبة الجودة والتحقق يوفران قاعدة مفيدة لتفادي الأخطاء وللتعرف على التحيز (وبالطبع تصحيحه). كما أن ضمان ومراقبة الجودة من شأنه أن ينجح في تفادي أو يساعد على الأقل في رصد وتصحيح أخطاء الإبلاغ وأخطاء التصنيف وينبغي أن يكون هناك تكرارا ما بين تحليل عدم التيقن وضمان ومراقبة الجودة إذا لم يغط تطبيق أساليب عدم التيقن مشاكل ضمان ومراقبة الجودة المحتملة.

3-1-6 تقليل عدم التيقن

عندما يتم تركيز الجهود على تقليل عدم التيقن ينبغي منح الأولوية لمدخلات الحصر التي تؤثر بأكبر قدر على مجموع عدم التيقن المقترن بالحصر مقارنة بتلك المدخلات التي يكون تأثيرها ضئيلا إن لم يكن منعدما على التقدير كما تم وصفه في الفصل 4 بعنوان *اختيار المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية*. وتشمل الأدوات لتحديد الأولوية حيث يجب تقليل عدم التيقن تحليل *الفئة الرئيسية* (أنظر الفصل 4) وتقدير مساهمة أوجه عدم التيقن المقترنة بالفئات الخاصة في مجموع عدم التيقن في الحصر (أنظر القسم 3-2-3). وتبعا لسبب عدم التيقن الموجود فعلا يمكن تقليل قدر عدم التيقن بسبع طرق مختلفة هي التالية:

- *تحسين صياغة النماذج*: تحسين تضمين التقديرات الهيكلية المختارة من شأنه أن يقلل من مقدار عدم التيقن. مثال على ذلك، المعالجة الأفضل للآثار الموسمية التي تقود إلى تقدير سنوي أكثر دقة للانبعاثات أو عمليات الإزالة في قطاع الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى.
- *تحسين النماذج*: تحسين بنية النموذج الهيكلية والبارامترات الخاصة به يمكن أن تقود إلى فهم أفضل وتوصيف أفضل للأخطاء المنتظمة والعشوائية وكذلك لتقليل أسباب عدم التيقن هذه.
- *تحسين شمولية التمثيل*: قد يشمل ذلك التقسيم إلى طبقات أو خطط العينات الأخرى كما يصفها القسم 2-1-2-3. وهذه مسألة على قدر من الأهمية في أجزاء الحصر الخاصة بفئات الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى كما أنها تنطبق أيضا على أجزاء أخرى وبالذات عندما تستعمل تكنولوجيات أخرى داخل الفئة. على سبيل المثال يمكن استعمال أنظمة مراقبة الانبعاث المستمر (CEMS) لتقليل عدم التيقن المقترن ببعض المصادر والغازات طالما أننا نضمن شمولية التمثيل. وتوفر أنظمة مراقبة الانبعاث المستمر بيانات ممثلة للمنشأة حيثما تستعمل ولكن لكي تتسع شمولية التمثيل وتغطي فئة المصدر بالكامل لا بد أن تتوافر أنظمة مراقبة الانبعاث المستمر للعينة العشوائية أو لكل مجموعة المنشآت المستقلة التي تتألف منها الفئة. عند استعمال أنظمة مراقبة الانبعاث المستمر يتغير كل من التركيز والتدفق وبالتالي يحتاج الأمر إلى أخذ عينات من الخاصيتين في نفس الوقت.

- *استعمال وسائل قياس أكثر دقة:* يمكن تقليل خطأ القياس باستعمال وسائل قياس أدق وتفادي التقديرات المبسطة وضمان اتفاق تقنيات القياس المستعملة ومعايرتها. برجاء الرجوع للفصل 2 بعنوان *مقتربات جمع البيانات* لمزيد من التفاصيل في هذا الصدد.
- *جمع بيانات أكثر للقياس:* يمكن تقليل مقدار عدم التيقن المقترن بخطأ العينة العشوائية بزيادة حجم العينة. ويمكن تقليل خطأ التحيز والخطأ العشوائي على السواء بسد ثغرات البيانات. وينطبق ذلك على القياسات وعلى عمليات المسح.
- *التخلص من احتمالات التحيز المعروفة:* يمكن تحقيق ذلك عن طريق ضمان جودة وضع ومعايرة الأجهزة (أنظر القسم 2-2 في الفصل 2) والتأكد من أن النماذج وإجراءات التقدير الأخرى ملائمة وممثلة كما هو موضح في شجرة القرارات والنصائح الأخرى حول اختيار المنهجية في المجلدات القطاعية وعن طريق تطبيق أحكام الخبراء بشكل منتظم.
- *تحسين مستوى المعرفة:* بشكل عام يساعد تحسين فهم الفئات والعمليات التي تفضي إلى الانبعاثات وعمليات الإزالة على اكتشاف مشاكل عدم الاستيفاء وتصحيحها. ومن *الممارسة السليمة* الاستمرار في تحسين الانبعاثات وعمليات الإزالة اعتمادا على المعارف الجديدة (أنظر الفصل 5، *اتساق المتسلسلات الزمنية*).

3-1-7 تأثير اختيار المنهج

من الممكن أن يؤثر اختيار المستوى المنهجي على تحليل عدم التيقن بطريقتين مختلفتين. أولا، الانتقال لمستوى أعلى من أساليب الحصر وهو عامة ما يقلل قدر عدم التيقن بشرط حسن تنفيذ أساليب المستوى العالي لأنها من المفترض أن تقلل التحيز وتمثل بشكل أفضل تعقد النظام. وثانيا، الانتقال لمستوى أعلى من أساليب الحصر قد يؤدي إلى رفع مقادير عدم التيقن في حالات معينة .فغالبا ما لا تمثل زيادة مقدار عدم التيقن نقص في المعرفة بل أنها عامة ما تكشف عن معرفة أكثر واقعية لحدود المعرفة الحالية. وقد يحدث ذلك في حالات إجراء حساب ناقص لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري في أسلوب المستوى الأدنى أو عندما يكشف تطبيق المستويات الأعلى عن تعقد إضافي وأوجه عدم تيقن جديدة لم تكن ظاهرة تماما في الأساليب الأقل مستوى. وهذا يعني عمليا أن عدم التيقن قد تم تقديره سابقا بأقل من قدره الحقيقي وأن الانتقال إلى أسلوب المستوى الأعلى يمنح تقديرا أكثر دقة لعدم التيقن. وفي بعض الحالات قد يزيد عدم التيقن في طريقة حصر عن حصر آخر لأن كل طريقة تملك متطلبات بيانات تختلف عن الطريقة الأخرى. مثلا، تكون التقديرات المجمعة للانبعاثات أدق لأنها تعتمد على أو أنه يسهل مقارنتها بالقيم المقيسة بينما التقديرات غير المجمعة قد تحتاج أحيانا لفرضيات إضافية لا تكون بياناتها متاحة بعد أو لا تكون هناك قدرة كافية على التحقق من تلك التقديرات. كما أن مستوى التجزيء قد يتفاوت من فئة لأخرى.

3-2 تقدير عدم التيقن

بعد أن يتم التعرف على أسباب عدم التيقن في تقدير الحصر ينبغي أن تقوم وكالة الحصر بجمع البيانات الملائمة لوضع تقديرات على المستوى الوطني وتقديرات خاصة بالفئة فيما يتعلق بعدم التيقن وبفترة ثقة 95 في المائة. التطبيق النموذجي يتمثل في اشتقاق تقدير الانبعاث وعملية الإزالة ونطاق عدم التيقن من البيانات المقاسة لكل فئة. وبما انه من العملي قياس كل مصدر انبعاث أو فئة بالوعة بهذه الطريقة فقد يحتاج إلى طرق أخرى لتقدير عدم التيقن. ويقضي المقترب العملي لتقدير عدم التيقن باستعمال أفضل التقديرات المتاحة والتي غالبا ما تتشكل من مجموع البيانات المقيسة والمعلومات المنشورة ونتائج النموذج وأحكام الخبراء. وتمنح التوجيهات القطاعية في المجلدات من 2 إلى 5 من *هذا الدليل* تقديرات افتراضية لعدم التيقن ينبغي استعمالها مع الأساليب التي يصفها هذا الفصل.

وعلى الرغم من أن أوجه عدم التيقن المحددة من البيانات المقاسة غالبا ما تعتبر أكثر صرامة من تقديرات عدم التيقن المعتمدة على النماذج إلا أن التقديرات الأخيرة أي التي تعتمد على النماذج غالبا ما تعتبر على نفس القدر من الصرامة كتلك المعتمدة على أحكام الخبراء ويتوقف هذا الترتيب على الفئة و/أو حالات الدولة المعينة. وبشكل خاص يكون من *الممارسة السليمة* ضمان تمثيلية عدم التيقن للتطبيق في الحصر والظروف الخاصة بالدولة وأنه يشمل جميع أسباب عدم التيقن الواردة في الجدول 1-3.

وينقسم هذا القسم إلى ثلاثة أقسام فرعية مرتبطة فيما بينها، هي التالية: القسم 1-2-3 ويركز على مصادر البيانات والمعلومات التي يمكن استعمالها لتعريف و، عند الإمكان، تقدير أوجه عدم التيقن. القسم 2-2-3، ويركز على الطرق التي تساعد على تفادي أو تصحيح التحيز وتقدير عامل عشوائية عدم التيقن المقترن بمدخلات النماذج. القسم 3-2-3، ويشرح مقتربين لتجميع أوجه عدم التيقن في المدخلات من أجل الوصول إلى تقديرات عدم التيقن لفئات الانبعاث وعمليات الإزالة الفردية ولقائمة الحصر.

3-2-1 مصادر البيانات والمعلومات

يحدد هذا القسم مصادر البيانات والمعلومات لتقدير كمية عدم التيقن. وتوجد ثلاث مصادر رئيسية للبيانات والمعلومات هي: المعلومات التي تشملها النماذج، البيانات التجريبية المقترنة بقياسات الانبعاثات وبيانات الأنشطة المستنتجة من المسح والإحصاء والتقدير الكمي لعدم التيقن اعتمادا على أحكام الخبراء.

3-2-1-1 أوجه عدم التيقن المرتبطة بالنماذج

النموذج هو تمثيل لنظام العالم الحقيقي. وعادة ما تصاغ النماذج على أساس خيارات حول ما يدرج في النموذج وما يستبعد منه إضافة إلى خيارات بشأن مستوى تفاصيل (أو التجميع) الظواهر المدرجة في النموذج. إنطلاقا من هذه التعريف فإن النموذج لا يعكس تماما نظام العالم الحقيقي. وغالبا ما يتم التفكير في هيكل النموذج من منطلق المعادلات المستعملة ومدخلات ومخرجات النموذج (كيرشنر، 1990). وبشكل عام قد يصاغ النموذج من منطلق الفرضيات المتعلقة بكيفية تصرف نظام العالم الحقيقي. وبالتالي فإن هناك مسألتين

عدم التيقن المقترن بصياغة النموذج: تم تعريف الفشل في تحديد التقديرات الهيكلية للحصر المناسبة والدقيقة بعدم التيقن المقترن بصياغة النموذج (كالن وفراي، 1999) ويقود ذلك عادة إلى التحيز في التقدير. ومن ضمن أسباب عدم التيقن في صياغة النموذج أخطاء التوصيف والأخطاء التي تشملها أحكام الأخصائيين ونقص توصيف الفرضيات (EPA, 1997).

عدم التيقن المقترن بالنموذج: تنشأ أوجه عدم التيقن من عيوب تصميم النموذج. فأحيانا تنشأ هذه العيوب عندما لا تتوافر البيانات بالقدر الكافي. وقد يكون للنموذج مصادر أخرى للأخطاء الهيكلية مثل الفشل في الأخذ في الاعتبار على النحو السليم حساسية الانبعاثات المتصلة بالظروف المحيطة أو بعوامل أخرى. كما أن النموذج قد يشكل تحيز في حد ذاته لتقدير الانبعاثات أو عمليات الإزالة لفئة معينة وكذلك لإدارة البيانات في عملية الحصر ككل. وفي بعض الأحيان يصل عدم تيقن النموذج لمستويات هائلة. وعادة ما يتم توصيفه بشكل غير كاف وقد لا يتم توصيفه إطلاقا في حالات أخرى.

3-2-1-2 البيانات التجريبية للمصادر والبواليع والأنشطة

يصف هذا القسم مصادر البيانات التجريبية ومدى تأثيرها على عدم التيقن وارتباطها بقياس بيانات الانبعاثات والبيانات المستقاة من الأدبيات وبيانات الأنشطة.

تقديرات عدم التيقن التي يتم الحصول عليها من بيانات الانبعاثات /عمليات الإزالة المقاسة

يفترض هذا القسم أنه تم استعمال *الممارسات السليمة* في الحصول على البيانات كما يشير إليها الفصل 2 والفصل 6 بعنوان *ضمان/مراقبة الجودة والتحقق*. عند تقدير عدم التيقن من بيانات الانبعاثات المقاسة يؤخذ في الاعتبار المسائل التالية: (أ) شمولية تمثيل البيانات واحتمال التحيز، (ب) دقة وتحديد القياسات، (ج) حجم العينة والتغير المتبادل بين الوحدات في القياس ومدى تأثيرها على عدم التيقن من حيث المتوسط السنوي للانبعاثات وعمليات الإزالة، (د) التغير بين السنوات في الانبعاثات وعمليات الإزالة وما إذا كانت التقديرات معتمدة على معدل عدة سنوات أو على أساس سنة بعينها.

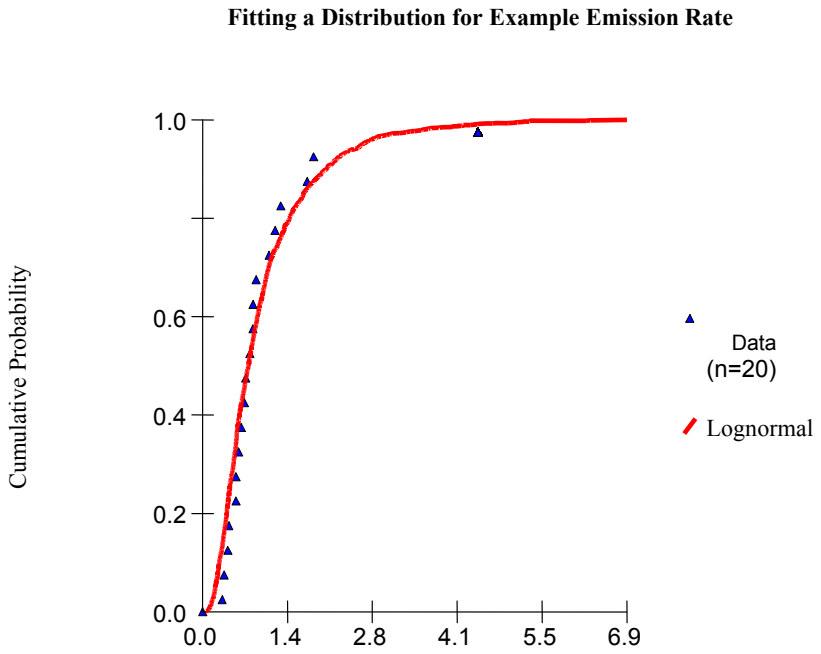
وتفترض شمولية تمثيل العينة (أو تصميم العينة) أن القياسات قد تمت حسب خصائص النظام العادي وظروف التشغيل والفترات الزمنية و/أو مناطق الاهتمام الجغرافية. وتتأثر نسبة دقة وتحديد القياسات الفردية على الأجهزة والبروتوكولات المستعملة لإجراء القياس. أما حجم العينة فغالبا ما يكون بمثابة خيار بين الرغبة في مزيد من البيانات والتكلفة التي تفرضها القياسات. وفي بعض الحالات مثل حالات المراقبة المستمرة قد يكون حجم العينة كبيرا بدرجة كافية فيمكن استعمالها كتعداد شامل للبيانات بدلا من اعتبارها مجرد عينة جزئية. وبشكل عام فإن التغيرية في البيانات من فترة زمنية قصيرة (مثلا، ساعات أو أيام أو أسابيع) لفترة أخرى تتوقف على خصائص الفئة. فإذا كان الهدف هو وضع تقدير لمعدل الانبعاثات أو عمليات الإزالة السنوية فقد يحتاج الأمر حينئذ لأحكام الخبراء لتحديد ما إذا كانت القياسات التي تتم على فترة زمنية قصيرة تمثل معدلات الفترة الزمنية الأطول وإن لم تكن كذلك فهل يمكن توسيع برنامج القياس ليشمل فترات زمنية إضافية. فعلى سبيل المثال، قياسات التدفق (البيانات أو معامل الانبعاث) لابد أن تكون ممثلة للسنة بالكامل. وتعتبر هذه النقطة حيوية في قطاع الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى حيث أن الانبعاثات تعتمد بشكل وثيق على الظروف المناخية والتي بدورها تختلف في فترة النمو عن فترة الشتاء.

الشكل 4-3 **مثال لعدم التيقن المقترن بقياسات الانبعاث ومتوسط الانبعاث**

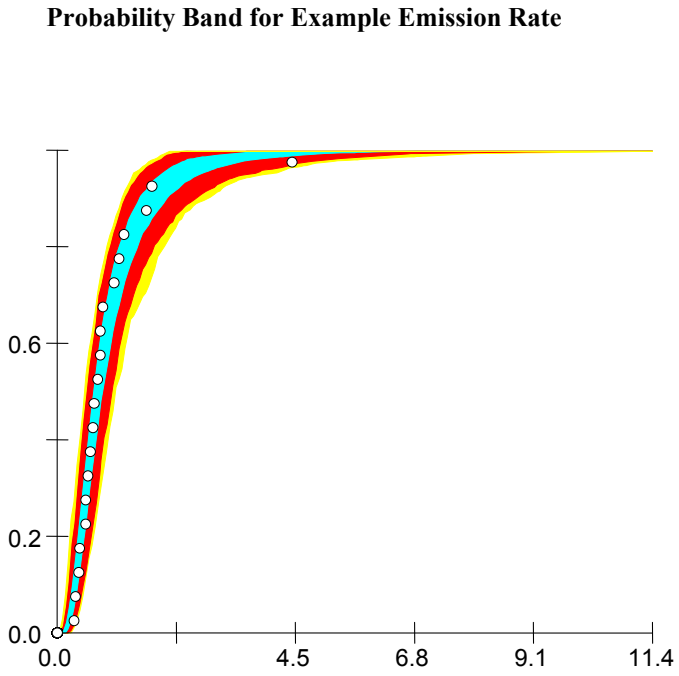
(أ) مطابقة التوزيع لتغيرية انبعاثات الوحدات
(ب) عدم التيقن المقترن بمطابقة التوزيع بسبب صغر حجم العينة (ن = 20)
(ج) عدم التيقن في نسبة متوسط الانبعاث.

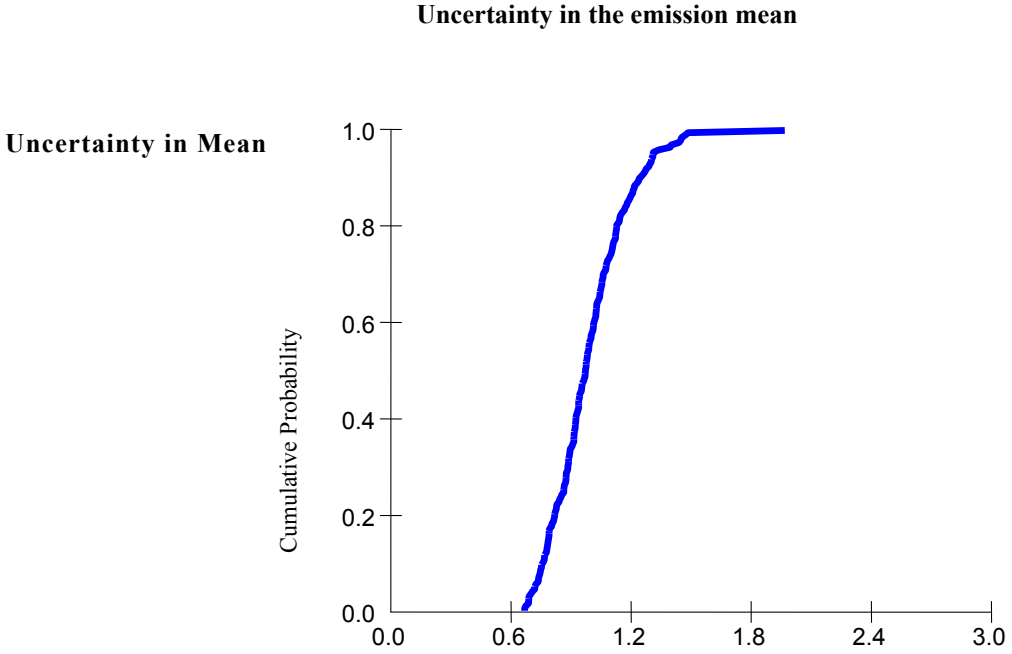
(أ) التغيرية فيما بين الوحدات

(a) Inter-Unit Variability



(b) Uncertainty in Distribution of Variability





وكمثال ثاني، نفترض أننا نريد تقدير عدم التيقن المقترن بالانبعاثات الوطنية السنوية لفئة بعينها كالانبعاثات مثلا من سيارات الركاب التي تعمل بالبنزين. يختلف معدل الانبعاث من سيارة لأخرى، ويوضح ذلك الجدول 3.4 (أ) الخاص بالتغيرية بين الوحدات. ولأن توزيع التغيرية بين الوحدات مقدر من عينة بيانات صغيرة الحجم تتأثر بشدة بخطأ عشوائية العينة فإنه يوجد عدم تيقن بالنسبة للتغيرية الفعلية ولكنها مجهولة لتوزيع مجتمع عينة السيارات كما يقترحه الجدول 4-3 (ب). كما أن هناك أيضا تغيرية بين الوحدات في الانبعاثات على مدار الوقت لأي سيارة. إلا أن التركيز عند التقدير السنوي الوطني ينصب بشكل عام على تجميع مساهمات مجتمع السيارات بالكامل في الانبعاثات في السنة كلها. وفي هذه الحالة لا نعلق أهمية كبيرة على نطاق التغيرية بين السيارات ولكن على معدل الانبعاث المتوسط بين جميع السيارات (مثلا، الشكل 4-3 (ج)). وغالبا ما يكون مدى عدم التيقن أقل من التغيرية بين السيارات (أو بشكل أعم بين الوحدات) (مثلا، فراي وزنغ، 2002). ومن هذا المنطلق فعندما يملي هدف التحليل أن يعتمد التقدير على عدم التيقن في المتوسط بدلا من التغيرية بين الوحدات الفردية ينبغي أن نركز التحليل على عدم التيقن في المتوسط. عدم التصرف على هذا النحو قد يؤدي في النهاية إلى تقدير مبالغ لنطاق عدم التيقن.

وفي حالة المراقبة المستمرة لانبعاثات النقطة أو لمخطط العينة الدورية التي ترصد نماذج الأنشطة العادية توجد بيانات تجريبية ممثلة ومناسبة يمكن أن نرسي عليها تقدير عدم التيقن داخل متوسط الانبعاثات السنوية. فمثلا، إذا كان هناك بيانات لعدة سنوات يمكن حينئذ تحديد كمية معدل الانبعاثات السنوي لعدة سنوات كما يمكن استعمال توزيع الانبعاثات السنوية من سنة لأخرى لتحقيق فترة الثقة 95 في المائة في المعدل السنوي. وبافتراض أن المعدل السنوي يعتمد على البيانات الواردة من عدة فئات مستقلة فيكون احتمال ترابط الأخطاء بين السنوات ضعيفا. ويكون لذلك تاثيرا على تقدير عدم التيقن في الاتجاهات كما تمت مناقشتها في القسم 3-3 المعنون عدم *التيقن والترابط الذاتي الزمني*. وبالتالي فإن الارتباط الذاتي داخل الفئات غير المحددة مثل المحاصيل الزراعية يكون مرتفعا إذا كانت المحاصيل محددة بالظروف المناخية الأمر الذي يؤثر بدوره على شمولية تمثيل البيانات لأغراض التقدير المعينة.

في الحالات التي لا يتاح فيها إجراء قياسات مستمرة قد يكون من الممكن قياس الانبعاثات بشكل دوري يمكن من خلاله تقدير أوجه عدم التيقن. وإذا أمكن الربط بين هذه القياسات وبين بيانات الأنشطة التمثيلية، وهي بيانات بالغة الأهمية بطبيعة الحال، فمن الممكن حينئذ تحديد معامل انبعاثات خاص بالموقع المحدد بالإضافة إلى دالة كثافة احتمال لتمثيل الانبعاثات السنوية. قد تتسم هذه المهمة بالتعقيد، وقد يحتاج تحقيق الشمول التمثيلي إلى تجزئة (تقسيم) البيانات للتعبير عن ظروف التشغيل النمطية. ومثال ذلك ما يلي:

- يمكن أن يؤدي الإقلاع أو التوقف إلى اختلاف معدلات الانبعاث المنسوبة لبيانات النشاط. وينبغي في هذه الحالة تجزئة البيانات مع اشتقاق معاملات انبعاث ودوال كثافة احتمال مختلفة لكل من حالة 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 (مثلا، 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 لا تعبر عن مجموع الانبعاثات لأنها يمكن أن تجرى فقط عندما يكون هناك شك في ارتفاع انبعاثات الميثان ومن منطلق المعاينة الروتينية. وفي هذه الحالات يحتاج تحليل عدم التيقن إلى تقدير النسبة بين البيانات المقاسة وبين مجموع الانبعاثات.

- كما أن القياسات التي تتم بشكل عام على فترات قصيرة قد لا تأخذ عينات مناسبة من الأحداث العابرة (مثل هطول الأمطار) التي تمثل تدفقات هامة ولكنها لا تدوم سوى فترة قصيرة وبالتالي لن تعد أبدا ضمن الحصص الهامة للانبعاثات السنوية. فإذا أسقطت إستراتيجية أخذ العينات نسبة كبيرة من هذه الأحداث فإن المعدل السنوي لتقدير الانبعاث الذي يتم الحصول عليه يمكن أن يكون متحيزا بشكل كبير. وقد تدخل انبعاثات أكسيد النتروز من الأراضي الزراعية ضمن هذه الفئة.

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. ومن الناحية النظرية يمكن تطبيق التقنيات الإحصائية لتقدير قيم معالم كثير من التوزيعات الثنائية المعالم (مثل التوزيعات الطبيعية والطبيعية اللوغاريتمية) التي يمكن استعمالها لتوصيف تغيرية مجموعة البيانات طالما ثمة ثلاث أو أكثر من نقاط البيانات وطالما كانت البيانات عينة عشوائية ممثلة للكمية المعنية (كالن وفراي، 1999، ص 116-117). بينما يشيع الاعتقاد بأنه ينبغي وجود 8 أو 9 نقاط بيانات تقريبا أو أكثر إذا كان ذلك ممكنا كأساس لاختيار تشكيلة المعالم الملائمة لتوزيع البيانات ولكن الفرضية الأكثر أهمية والأساسية التي يجب تحقيقها لاختيار تشكيلة المعالم الملائمة لتوزيع البيانات هي أن البيانات عينة عشوائية وممثلة للكمية المعينة. وإذا كانت هذه الفرضية صحيحة يكون حينئذ لحجم العينة تأثيرا على مدى اتساع حدود الثقة لأي إحصاء يتم من العينة. ويميل الكثير من المحللين إلى الحصول على أقل حجم عينة ممكن ولكن هذا الميل لا يتصل بالمسألة الرئيسية التي هي شمولية التمثيل. فالبيانات لا تصبح أكثر تمثيلية لأن حجم العينة قد زاد.

فإذا استخدمت العينات الصغيرة الحجم سوف 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، 1999، ص. 158-159). 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 (الانحراف المعياري مقسوم على المتوسط) عن 0.3 تقريبا ويكون معروفا بمستوى ثقة معقول فقد يكون التوزيع الطبيعي فرضية معقولة (روبنسن، 1989). أما إذا كان معامل التغير كبيرا وكانت الكمية غير سالبة فقد يكون من الملائم حينئذ افتراض توزيعات ذات التواء إيجابي، مثل التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي. ونتطرق إلى التوجيهات الخاصة باختيار التوزيعات في القسمين 2-2-2-3 و4-2-2-3أدناه.

وفي حالات مجموعات البيانات الكبيرة غالبا ما يُقدر عدم التيقن في المتوسط بزائد أو ناقص 1.96 (أو 2 تقريبا) مضروبا في الخطأ المعياري حيث الخطأ المعياري هو انحراف العينة المعياري مقسوما على الجذر التربيعي لحجم العينة. ويعتمد هذا الحساب على تقدير التوزيع الطبيعي. غير أنه في الحالات التي يكون عدد العينات/القياسات صغيرا وهو ما يكثر عند تحديد معاملات الانبعاث، فإن معامل الضرب 1.96 يستبدل "بمعامل التغطية" والذي يشار إليه بالرمز k ويحصل عليه من التوزيع t الفرعي . وفي الأحجام الصغيرة يكون k أكبر من 1.96 لفترة ثقة 95 في المائة ولكنه يقارب 1.96 كلما كبر حجم العينة ليصل إلى 30 أو يتجاوز ذلك. وفي الحالات التي لا يكون فيها توزيع عدم التيقن داخل المتوسط متناظرا يمكن حينئذ استعمال الأساليب العددية مثل تأسيس المحاكاة للحصول على فترة الثقة للمتوسط.

وعندما يعتمد التقدير السنوي على معدل مجموعة سنوات يمثل حينئذ عدم التيقن في المعدل عدم التيقن في معدل السنة وليس التغيرية بين السنوات. وإذا كان الهدف هو تقدير عدم التيقن في تدفقات المصدر أو البالوعة لسنة معينة فمن *الممارسة السليمة* إجراء أفضل تقدير للمجموع السنوي وتحديد عدم التيقن الكمي المقترن بالنماذج والبيانات المستعملة المتسقة بفترة السنة الواحدة. أما إذا كان تقدير المعدل السنوي هو المستعمل فحينئذ عندما يطبق عدم التيقن في التقدير على سنة بعينها يوصف بالتغيرية بين السنوات (بما فيها أخطاء القياس) من حيث المتوسط بينما إذا ما طبق على معدل السنة فيوصف بفترة الثقة في المعدل.

أوجه عدم التيقن المقترنة بمعاملات الانبعاث والمعاملات الأخرى المأخوذة عن المراجع المنشورة

عندما لا تتوافر بيانات خاصة بالمواقع يمكن حينئذ وضع تقديرات للانبعاثات باستعمال معاملات انبعاث مستقاة من الدراسات المنشورة الخاصة بظروف البلد المعين. وعندما لا تتوافر المعلومات الخاصة بالبلد بالقدر الكافي يمكن استقاء المعلومات من الدراسات الأخرى التي تم نشرها بشرط أن تعكس هذه الدراسات ظروف البلد المعين كما يمكن استقاء معاملات الانبعاث أو معاملات التقدير الأخرى من المجلدات الخاصة بالقطاعات من 2 إلى 5 في هذه *الخطوط التوجيهية*. العوامل الواردة في مجلدات القطاعات تم قياسها في ظل ظروف معينة تعتبر إذا نمطية. وهناك أوجه عدم تيقن مقترنة بالقياسات الأصلية وكذلك باستعمال المعاملات في ظروف تختلف عن تلك المقترنة بالقياسات الأصلية.

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 أو التجريبي 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. وتحتاج حالات أخرى إلى أحكام الخبراء التي تأخذ في اعتبارها أسباب عدم التيقن المتعرف عليها في الجدول 1-3 لإجراء تقدير استدلالي من القياسات عن المجتمع الكامل للمنشآت الصناعية في تلك الفئة المعينة (ترد تفاصيل طريقة الحصول على رأي الخبراء في القسم 3-1-2-3).

- *القيم الافتراضية المستقاة من الخطوط التوجيهية:* توفر الخطوط التوجيهية الخاصة بكل قطاع تقديرات افتراضية لعدم التيقن في أغلب معاملات الانبعاث ومعاملات التقدير الأخرى وهي تقديرات ينبغي استعمالها في حال عدم توافر معلومات أخرى. وما لم تتوافر 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 رأت وكالة حصر الغازات أن هذه القيم الافتراضية لا تتسم بالشمول التمثيلي وأن فئة المصادر مهمة للحصر فينبغي تحسين الفرضيات استنادا إلى أحكام الخبراء وافتراض عدم توافر أبحاث أصلية بالقدر الكافي لاستقاء معاملات الانبعاث الخاصة بالبلد أو معاملات التقدير الأخرى.

وغالبا ما تكون الطرق الافتراضية بمثابة الحل الأوسط بين مستوى التفصيل الذي يحتاج إليه لإيجاد أدق التقديرات لكل بلد ومدخلات البيانات التي تبدو أكثر توافرا أو أسهل في الحصول عليها في أغلب البلدان. وغالبا ما تكون الطرق الافتراضية مبسطة بقدر يسمح بدخول نسبة كبيرة من عدم التيقن في التقديرات الوطنية. وتحتوي الطرق الافتراضية على عدة مستويات للتفصيل تعكس ما إذا كان لدى المستعملين بيانات تفصيلية حول حالة وطنهم أو أنه يجب عليهم الاعتماد قصرا على القيم الافتراضية العامة. قد يوجد تفاوت هام في مدى تعبير القيم الافتراضية العامة عن ظروف مجتمعات الأنشطة الحقيقية في بلد معين. فقد يوصف مثلا عدم التيقن المقترن بمعاملات انبعاث الكربون الافتراضية لمجموع مصادر احتراق الوقود الأحفوري بأنه ضعيف إلى حد ما (5-10 بالمائة) في منهجية الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ ولكن الخبراء الوطنيون في البلد المعين يعلمون أن خصائص أنواع الوقود هذه في بلدهم تختلف عن قيم المعدلات العالمية. وبالتالي فإن استعمال القيم الافتراضية في هذه البلاد من شأنه أن يدخل كما كبيرا من عدم التيقن وبالتالي فمن *الممارسة السليمة* استعمال التقديرات الخاصة بالبلد المعين حيثما كان ذلك ممكنا. إلا أن تطبيق قيم عدم التيقن الافتراضية أمر وارد دائما.

وهناك مثال آخر هو استعمال القيم الافتراضية لتقدير انبعاثات وعمليات الإزالة للبلد المعين في قطاع الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى. وقد يظل عدم التيقن مرتفعا ما لم يتم التعرف على البارامترات الافتراضية المتوافرة والملائمة لظروف البلد. إن تطبيق البيانات الافتراضية في بلد أو منطقة تختلف خصائصها شديدا عن خصائص فئة البيانات من شأنه أن يقود إلى أخطاء (تحيز) كبيرة في تقدير عمليات الانبعاثات أو الإزالة.

أوجه عدم التيقن المقترنة ببيانات الأنشطة

ترتبط بيانات الأنشطة في كثير من الأحيان بالنشاط الاقتصادي أكثر من ارتباط معاملات الانبعاث به. إلا أنه على نقيض بيانات معامل الانبعاث فإنه لا توجد عينة إحصائية لتقديرات بيانات النشاط البديلة متاحة لملائمة التوزيعات وتقدير أوجه عدم التيقن. 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 عن بيانات معامل الانبعاث .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 تنشر بالضرورة هذه المعلومات، ولذلك ننصح بالاتصال مباشرة بالوكالات الإحصائية. وحيث أن بيانات النشاط الاقتصادي لا تجمع في العادة لأغراض تقدير انبعاثات غازات الاحتباس الحراري ولذلك فمن *الممارسة السليمة* تقييم مدى انطباق هذه البيانات قبل الشروع في استعمالها.

وتوجد عدة مقتربات يمكن استعمالها لتحديد أوجه عدم التيقن المقترنة ببيانات الأنشطة في ظروف معينة:

بيانات الأنشطة المعتمدة على العينات الكاملة (*التعداد*): تعتمد بيانات الإحصاء أو التعداد أساسا على تعداد كل وحدة من وحدات النشاط .ويشمل التعداد الأخطاء المنتظمة والعشوائية على السواء. وتنشأ الأخطاء المنتظمة من تدني الحساب المنتظم أو ازدواجية الحساب. وعادة ما ينظر للأخطاء العشوائية على أنها مجموع قطاع من الأخطاء المألوفة. ونتوقع في أغلب الحالات أن تكون الأخطاء العشوائية موزعة بشكل طبيعي وغير مترابطة من حيث التسلسل. ولأن بيانات الأنشطة عادة ما يجمعها نفس الأشخاص ويستعملون الإجراءات نفسها في كل ملاحظة فإن الأخطاء المنتظمة تكون غالبا بنفس القيم كل سنة. وهناك عدة مقتربات للتعرف على عدم التيقن المحتمل في بيانات النشاط في العينات الكاملة. وغالبا ما تدرج هذه المقتربات في خطة ضمان ومراقبة الجودة:

- للتعرف على حجم الأخطاء العشوائية أنظر للتغيرات على مر الزمن وتفاوت التغيرات في المتسلسلات التي تكون عالية الترابط مع البيانات المعنية.
- وللتعرف على أخطاء التحيز قم بمراجعة متقاطعة للبيانات المعنية مع المعلومات الأخرى ذات الصلة. قد يتجول الفرد بنظره من أعلى لأسفل في سلسلة توريد الوقود ويقارن إنتاج الفحم وصادرات/واردات الفحم والاستهلاك المبلغ عنه. أو قد يقوم آخر بدراسة الأنشطة التي تم جمع البيانات منها كل منها على حدة والتي من المفترض أن تكون شديدة الترابط مع البيانات المعنية كمثلا مدخلات الوقود المبلغ عنها مقارنة بمخرجات الكهرباء. وقد ينظر ثالث لبيانات النشاط حسب فترات زمنية مختلفة (شهريا أو سنويا) للتعرف على ما إذا كانت قد جمعت بمقتربات مختلفة.
- تفسير الاختلافات الإحصائية داخل مثلا بيانات الطاقة الوطنية تعتبر من نماذج المراجعة المتقاطعة. المقارنة بين انبعاثات الطاقة المتصلة بثاني أكسيد الكربون والمشتقة من المقترب المرجعي للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تعتبر طريقة مراجعة متقاطعة رسمية مع تقديرات الانبعاثات المشتقة عن مصادر أخرى.

كما أن بيانات الأنشطة المعتمدة على الإحصاء عادة ما تكون "مضبوطة ولكن غير دقيقة" بحسب المصنف الوارد في الشكل 3.2، الأخطاء العشوائية صغيرة ولكن قد يكون هناك أخطاء تحيز أكبر حجما. وقد تقترح المراجعة المتقاطعة ربطا تصاعديا أو تنازليا لأخطاء التحيز المحتملة وتسمح أحيانا بالتقدير الفعلي لخطأ التحيز. وغالبا ما يوصف خطأ التحيز المحتمل الناشئ عن هذا الربط بأنه توزيع متساوي ناقص: وتظهر المراجعة المتقاطعة أن القيمة الحقيقية غير الملاحظة ينبغي أن تتواجد داخل نطاق معين ولكن لا يوجد مبرر للاعتقاد بأن أي نقطة داخل هذا النطاق مرجحة عن نقطة أخرى. ومع ذلك فبسبب احتمال ترابط أخطاء التحيز في بيانات

بيانات الأنشطة المعتمدة على العينات العشوائية: وتشتق أنواع معينة من بيانات الأنشطة من مسح العينة كاستطلاع رأي المستهلكين مثلا أو عمليات مسح استعمال الأرض أو مسح الأحراج. في هذه الحالات يحتمل وجود أخطاء عشوائية داخل البيانات غير أنها قد تكون موزعة وغير مترابطة على مر الزمن. كثيرا ما تكون الوكالة المعنية بجمع العينة قادرة على تقديم المشورة بشأن خطأ العينة. وإذا لم تكن تلك المعلومة متوفرة يمكن حينئذ التعرف على أو الاستنتاج من حجم العينة ومجتمع العينة وحساب خطأ العينة مباشرة.

3-2-1-3 أحكام الخبراء كمصدر للمعلومات

قد لا تتوافر احيانا البيانات التجريبية بشان المصادر أو البواليع أو مدخلات الأنشطة لعملية الحصر. في هذه الحالات يكون العلاج العملي لغياب البيانات المناسبة هو الحصول على أحكام ذوي المعرفة من بين الخبراء في المجال بشأن أفضل التقديرات وأوجه عدم التيقن المقترنة بمدخلات الحصر. ويتعرض الفصل 2 بعنوان مقتربات جمع البيانات لأسس بروتوكولات الحصول على رأي الخبير. ويتعرض بشكل خاص القسم 2.2 والملحق 2 ألف 1 لموضوعات أحكام الخبراء وطلب الحصول على رأي الخبير. ويوفر الملحق 2 ألف1 تفاصيل بروتوكول الحصول على رأي الخبير. وفي هذا الفصل يمد القسم 3.2.2.3 بنصائح حول طرق ترميز أحكام الخبراء.

3-2-2 تقنيات تحديد حجم عدم التيقن

يناقش هذا القسم أهم التقنيات لتحديد حجم عدم التيقن المبنية على أساس مصادر البيانات والمعلومات التي تم وصفها في القسم السابق. ويركز على عدم التيقن المقترن بالنماذج والتحليل الإحصائي للبيانات التجريبية وتعريف واختيار دوال كثافة الاحتمال وعلى أساليب ترميز أحكام الخبراء حول أوجه عدم التيقن .

3-2-2-1 عدم التيقن المقترن بالنماذج

يعتبر عدم التيقن المقترن بالتصميم والنموذج أصعب توصيفا من عدم التيقن المقترن بمدخلات النموذج. وتتمثل الصعوبة الرئيسية المتصلة بتحديد مفاهيم ونماذج عدم التيقن في أنها قادرة على إحداث التحيز في تقدير كميات الانبعاثات وعمليات الإزالة. وبالتالي لا بد أن تهدف مقتربات التعامل مع أسباب عدم التيقن تلك إلى تقدير وتصحيح التحيز المعروف أو المشتبه فيه.

فمن الواضح أن التحديد الجيد للمفاهيم كما ورد في *الخطوط التوجيهية للهيئة (IPCC) لعام 2006* هو الذي يتأثر فيه التفسير بما يدخله الخبراء والجهات المعنية الذين هم على دراية بالأنظمة التي تحتاج انبعاثاتها أو عمليات إزالتها لتقدير. وينبغي أن يكون تحديد المفهوم مستوفيا داخل إطار هذه *الخطوط التوجيهية* لجميع العناصر الرئيسية بدون تكرار أو تشابك وينبغي أن يكون قابل للتطبيق على المجال الجغرافي والفترة الزمنية وأن يغطي مجموعة غازات الاحتباس الحراري المتفق عليها.

ويمكن التعامل مع عدم التيقن المقترن بالنماذج بعدة أساليب. أحدها بسيط يتمثل في معرفة حدود النماذج المستعملة لمناقشة طبيعة تدخل عدم التيقن في التقديرات التي يحصل عليها من النموذج. غير أن الثغرات النوعية ليست ذات فائدة تذكر لتوفير رؤية كمية لحجم عدم التيقن كما أنها في حد ذاتها لا تدخل ضمن *الممارسة السليمة*. ويوجد على الأقل ثلاث مقتربات رئيسية لتقدير عدم التيقن، هي: (1) مقارنة نتائج النموذج بالبيانات المستقلة لأغراض التحقق، (2) مقارنة تنبؤات النماذج البديلة، (3) أحكام الخبراء المتعلقة بحجم عدم التيقن في النموذج. ويمكن الجمع بين أكثر مقترب في وقت واحد.

يمكن استعمال المقترب القائم على مقارنة تنبؤات النموذج بالبيانات المستقلة لتقدير دقة وضبط النموذج وهو ما يمثل وجه هام من أوجه التحقق كما تمت مناقشته في الفصل 6. وقد تظهر هذه المقارنات ما إذا كان النموذج يغالي أو يقلل بانتظام في توقعاته للكميات موضوع الاهتمام. غير أنه من الصعب الحصول على بيانات من التحقق المباشر بالنموذج. ومع ذلك فأحيانا ما تكون هذه المقارنات هي الأفضل أو هي الوحيدة المتاحة وقد تساعد على التعرف على أوجه عدم الاتساق التي تؤدي بدورها لتحيز النموذج والتي يمكن تصحيحها عن طريق اختيار بارامتر التقدير.

وفي حالات أخرى يكون هناك نماذج بديلة يمكن استعمالها للتنبؤ ببعض الكميات موضوع الاهتمام. وإلى الحد الذي تعتمد فيه النماذج البديلة على البيانات المختلفة أو الفرضيات النظرية فإن مقارنة تنبؤات النموذج قد تمنح رؤية أكثر تبصرا حول حجم الاختلاف. إن اختلاف نموذجين أو أكثر فيما بينهم لا يشكل برهانا قاطعا على خطأ أيهما أو أيهم باعتبار أن النموذجان أو مجموعة النماذج قد يكون كلاهما خاطئين أو تكون كلها خاطئة.

واعتمادا على نتائج مقارنة النموذج المستعمل لتطوير الحصر بالبيانات المستقلة و/أو النماذج البديلة يكون من المحبذ مراجعة فرضيات النموذج أو البارامترات من أجل تخفيض التحيز. ويصبح عندئذ من الممكن تقدير حجم عدم التيقن المتبقي باللجوء لأحكام الخبراء حول كيفية استعمال عدم التيقن في البيانات لقيادة النموذج ودمج بارامترات النموذج أو بشكل أكثر رسميا عن طريق تحليل مونت كارلو.

3-2-2-2 التحليل الإحصائي للبيانات التجريبية

التحليل الإحصائي للبيانات التجريبية هو مقترب يمكن استعماله لتحديد حجم عدم التيقن في عمليات الحصر ومعاملات الانبعاث وبارامترات التقدير الأخرى ويمكن تلخيص هذا المقترب في الخطوات الرئيسية التالية (فراي وزنغ، 2002، مثلا):

الخطوة 1: جمع وتقدير قاعدة بيانات معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة وبارامترات التقدير الأخرى. هذه البيانات عادة ما تعبر عن التغيرية.

الخطوة 2: مشاهدة البيانات عن طريق وضع دوال التوزيع التجريبي (يتم فيها تجميع البيانات عموديا بحسب ترتيب رتبتها وأفقيا بحسب قيمتها العددية (أنظر كالن وفراي، 1999، لمزيد من التفاصيل) للأنشطة الفردية ومعاملات الانبعاث.

الخطوة 3: مطابقة وتقييم واختيار نماذج دوال كثافة الاحتمال البديلة لتمثيل التغير في بيانات الأنشطة وبيانات معامل الانبعاث.

الخطوة 4: توصيف عدم التيقن في متوسط توزيع التغيرية. فإذا كان الخطأ المعياري للمتوسط صغير بالقدر الكافي (كما هو وارد في القسم 2-1-2-3) يمكن حينئذ عمل تقدير طبيعي بغض النظر عن حجم العينة أو التواء البيانات. أما إذا كان الخطأ المعياري متسع، يمكن حينئذ إما عمل تقدير لوغاريتمي طبيعي أو اللجوء لأساليب أخرى (مثلا، تأسيس المحاكاة) لتقدير عدم التيقن داخل المتوسط. ويمكن الاستعانة بالبرامج الحاسوبية المتاحة تجاريا لتقدير عدم التيقن داخل المتوسط.

الخطوة 5: بعد توصيف أوجه عدم التيقن بالنحو الملائم يمكن بعد ذلك استعمالها كمدخل لتحليل الاحتمالية لأغراض تقدير عدم التيقن في مجموع الانبعاثات.

الخطوة 6: ويُشجع على تحليل الحساسية من أجل تحديد ما إذا كان عدم التيقن المدخل في الحصر يساهم بشكل كبير في مجموع عدم التيقن وتركيز الجهود على وضع تقديرات جيدة لأوجه عدم التيقن الهامة تلك (أنظر الفصل 4، اختيار *المنهجيات وتعريف الفئات الرئيسية*).

الخطوة 3 عامة ما تشمل تعريف دوال التوزيع التراكمي المطابقة للبيانات وتقدير بارامترات هذا التوزيع وتقييم حسن مطابقة التوزيع (مثلا، كالن وفراي، 1999). ويمكن تطبيق أساليب أكثر صرامة على مجموعات البيانات تحتوي على قيم تقع دون حدود رصد طريقة القياس، ويطلق عليها *غير المرصودة* (مثلا،زاو وفراي، 2004أ). من الممكن استعمال التوزيعات بشكل مدمج حتى في حالات احتواء البيانات على مجموعتين فرعيتين أو أكثر لا يمكن فصلها بطريقة أخرى (مثلا، زاو وفراي، 2004 ألف).

3-2-2-3 طرق ترميز اراء الخبراء

في الحالات التي تنقص فيها البيانات التجريبية كما في الحالات التي تفتقر فيها البيانات إلى الشمول التمثيلي لكافة أسباب عدم التيقن (الجدول 1-3)، يصبح رأي الخبير ضروري لتحديد أوجه عدم التيقن كميا. ويركز هذا القسم على طرق ترميز (تحديد الكمية) أحكام الخبراء بشأن أوجه عدم التيقن في استمارة دوال كثافة الاحتمال. والترميز هو عملية تحويل أحكام الخبراء بشأن عدم التيقن إلى تحديد كمي لدالة كثافة الاحتمال. ويوفر الفصل 2 التوجيهات الخاصة بتعريف الخبير وشروط اختيار الخبير أو مجموعة الخبراء ومصادر التحيز المختلفة في رأي الخبير وكيفية تفاديها والبروتوكول المنصوح به لطلب الحصول على رأي الخبير. وفي سياق عدم التيقن يكون الهدف الرئيسي من الحصول على رأي الخبير هو توصيف حالة المعرفة الخاصة بالقيم المحتملة لمتغير ما. إلا أنه من غير الضروري ولا المرغوب فيه محاولة دفع الخبراء على الاتحاد في الرأي بل من الأفضل الأخذ في الاعتبار مجموع القيم عند الحصول على رأي خبيرين أو أكثر بشأن نفس المتغير.

إذ أن الهدف من طلب الحصول على رأي الخبير هو وضع دالة لكثافة الاحتمال مع مراعاة المعلومات ذات الصلة، مثل:

- هل يتشابه مصدر الانبعاثات مع المصادر الأخرى ؟ ما هي كيفية مقارنة عدم التيقن ؟
- ما هو مدى فهم عملية الانبعاث أو الإزالة ؟ هل تم تحديد كل مصادر الانبعاث أوالبواليع الممكنة ؟
- هل توجد قيود مادية على المدى الذي يمكن أن يتفاوت ضمنه معامل الانبعاث ؟ هل يمكن أن تفرض اعتبارات توازن الكتلة أو غيرها من بيانات العملية حدا أعلى لمعدلات الانبعاثات أو عمليات الإزالة ؟
- هل تتسق تقديرات الانبعاثات وعمليات الإزالة مع البيانات المستقلة التي يمكن استعمالها للمساعدة في التحقق من الحصر ؟

ومن الشواغل الرئيسية عند طلب الحصول على رأي الخبراء هو التغلب على التحيزات العملية الشائعة الناجمة ذات الصلة *بعدم التوافر* أو *الشمول التمثيلي* أو *الثبات والتعديل* (كما ورد شرح هذه التعابير في الفصل 2، الملحق 2أ1، بروتوكول طلب الحصول على رأي الخبير) من أجل تفادي المشاكل التي قد تنشأ من فرط الثقة في تقدير عدم التيقن. ويحيل مصطلح "الإفراط في الثقة" إلى حالة تقديم الخبير نطاقا بالغ الضيق من قيم عدم التيقن. ومن المحبذ تفادي الثقة المفرطة حتى لا يؤدي ذلك إلى التقليل من تقدير عدم التيقن الحقيقي. ومن *الممارسة السليمة* الاستعانة ببروتوكول رسمي للحصول على طلب رأي الخبير مثل بروتوكول معهد ستانفورد للبحوث والذي يرد بتوسع في الفصل 2، الملحق 2ألف1. وعادة ما تشمل هذه البروتوكولات عدة خطوات سابقة لخطوة الترميز هذه وتهدف لتحفيز الخبير بشرح الغرض من طلب رأيه وأساليب طلب الرأي وتشجيعه في التفكير في البيانات ذات الصلة بالموضوع والنماذج والنظريات والمقتربات الأخرى. وبفضل هذه المعلومات الخلفية يصبح الخبير في وضع أكثر تمكنا يساعده على منح حكم غير متحيز لتقدير عدم التيقن.

وينبغي أن تعتمد الطريقة المتبعة في ترميز حكم الخبير على معرفة الخبير بالتوزيعات الاحتمالية. وفيما يلي أكثر الطرق شيوعا:

- القيمة الثابتة: يقدر احتمال ارتفاع القيمة (أو انخفاضها) عن قيمة اعتباطية ويكرر ذلك في العادة ثلاث أو خمس مرات. مثال: ما هو احتمال أن يكون معامل الانبعاث أقل من 100 ؟

- الاحتمال الثابت: تقدير القيمة المقترنة باحتمال معين أن تكون أكثر ارتفاعا (أو انخفاضا). فعلى سبيل المثال: ما هو معامل الانبعاث الذي يصاحبه احتمال نسبة لا تتجاوز 2.5 في المائة (أو 1 في كل 40 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 تساوي احتمالا ارتفاع أو انخفاض 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 25 في المائة) ويكرر ذلك في الناحية الأخرى من التوزيع. ويمكن في النهاية استعمال طريقة الاحتمال الثابت أو القيمة الثابتة للحصول على أحكام بشأن القيم المتطرفة.
- التمثيل البياني: يقوم الخبير برسم توزيعاته الخاصة به. وينبغي توخي الحذر عند استعمال هذه الطريقة نظراً لفرط ثقة بعض الخبراء في معرفتهم بالتوزيعات الاحتمالية.

ويمنح الإطار 1-3 نموذجا لطلب حكم الخبير الذي يقود إلى ترميز (التحديد الكمي) دالة كثافة الاحتمال.

وفي بعض الأحيان، قد يتألف الحكم الوحيد الذي يصدره الخبير من نطاق ربما تصاحبه قيمة أكثر ترجيحا. وفي هذه الظروف تعتبر القواعد التالية من *الممارسة السليمة*:

- في الحالات التي لا يقدم فيها الخبراء سوى قيمة تحديدية عليا ودنيا فإننا نفترض أن دالة كثافة الاحتمال ثابتة وأن النطاق يقابل فترة ثقة 95 في المائة.
- وفي الحالات التي يقدم فيها الخبراء أيضا قيمة رجحى (والتي غالبا ما تكون نفس نقطة التقدير المستعملة في إعداد الحصر) فإننا نفترض دالة مثلثية لكثافة الاحتمال باستعمال أرجح القيم كمنوال وبافتراض أن القيم التحديدية العليا والدنيا تستثني 2.5 في المائة من المجتمع الإحصائي. ولا حاجة إلى تناظر التوزيع. ومن خيارات التوزيع المعقولة الأخرى التوزيعات الطبيعية والطبيعية اللوغاريتمية بشرط تقديم الوثائق المناسبة لتبرير الاختيار.

وتشمل بعض مصادر المعلومات الأخرى المتعلقة بطلب الحصول على رأي الخبير سبتزلر وفون هولشتاين (1975)، مورغان وهنريون (1990)، مركهوفر (1987)، هورا وإيمان (1989)، *والمجلس القومي للحماية من الإشعاع* وقياساته (NCRP) (1996).

نظرا للذاتية التي تتسم بها رأي الخبراء تزداد الحاجة إلى إجراءات ضمان ومراقبة الجودة لتحسين إمكانية مقارنة الانبعاثات وتقديرات عدم التيقن فيما بين البلدان. ولذلك ينبغي توثيق اراء الخبراء كجزء من المحفوظات الوطنية، وتشجع وكالات حصر الغازات على تطبيق إجراءات ضمان ومراقبة الجودة على أحكام الخبراء، وبخاصة ما يتعلق منها بالفئات الرئيسية (أنظر الفصل 6).

ويرد في الملحق 2أ1 من الفصل 2 الوثائق اللازمة لتبرير حكم الخبير.

المربع 1-3
مثال موجزلرأي الخبراء التفصيلي

نفترض أن القائم على جمع بيانات الحصر قد حدد خبيرا لتقدير انبعاثات غاز الميثان من محطات توليد الطاقة وأن القائم على جمع بيانات الحصر يرغب في الحصول على رأي الخبراء فيما يتعلق بمقدار عدم التيقن في المتوسط السنوي للانبعاثات المتولدة عن فئة المصادر هذه. وكجزء من خطوة التحفيز، يوضح طالب الرأي للخبير الغرض العام من التحليل والبروتوكول المتبع. وفي خطوة الهيكلة يعمل طالب الرأي مع الخبير على وضع البروتوكول المحدد. ومثال ذلك أنه على الرغم من أن كل ما قد يريده القائم على جمع بيانات الحصر هو تقدير متوسط عدم التيقن السنوي فإن الخبير قد يوعز إلى طالب المعلومات بأنه يفضل تقديم أحكام منفصلة عن عملية تشغيل المحطة وحمو لتها الجزئية وحمولتها الكلية وأن هذه الأحكام الثلاثة ينبغي ترجيحها للوصول إلى المتوسط السنوي لمجموع عدم التيقن. وبعد هيكلة المشكلة يستعرض طالب الرأي 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 واحدا في كل 40 فرصة (احتمال نسبته 2.5 بالمائة) 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 المئوي25 الخامس والعشرين والمئوي 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.

3-2-2-4 إرشادات الممارسة السليمة لاختيار دوال كثافة الاحتمال

قبل اختيار دالة كثافة الاحتمال يعتبر من *الممارسة السليمة* حساب التحيز في البيانات إلى أبعد مدى ممكن. وكما تمت الإشارة سابقا فإن إجراءات جمع البيانات وضمان ومراقبة الجودة قد تساعد في تفادي التحيز أو تصحيحه. فعلى سبيل المثال، إذا كان هناك بيانات إحصائية بشأن الخشب المقطوع ولكنها تعتقد وجود نسبة تحيز 5 في المائة في هذه البيانات، ينبغي حينئذ تصحيح المتوسط الذي تم تقديره بواقع 5 في المائة قبل تقدير عامل العشوائية في عدم التيقن. ومن *الممارسة السليمة* أيضا عمل هذه التسويات في التحيز عند وضع نقطة التقدير لعملية حصر الانبعاثات. وهناك اعتبار ثاني يتمثل في أن مقدار التحيز قد يتغير بمرور الوقت متأثرا بتغير

وبشكل عام وبما أننا نعتقد في وجود التحيزات أو نعلم بوجودها في البيانات حتى بعد تنفيذ إجراءات مراقبة وضمان الجودة لابد إذن من تطبيق تقنيات تعتمد إما على التجريب أو على أحكام الخبراء لحساب مدى التحيز. وقد تنشأ أوجه التحيز في تحليل الاحتمالية لسببين على الأقل هما: (1) قد يكون للتوزيع الملائم متوسط مختلف عن القيمة الأكثر ترجيحا المستعملة لتقدير نقطة الحصر (مثلا، التوزيع المثلث المعتمد على أحكام الخبراء)، (2) القيمة المتوسطة للتوقع من نموذج غير خطي له مدخلات غير موثوقة قد تختلف عن نقطة التقدير التي يتم الحصول عليها من نفس النموذج إذا ما استعملت فقط النقطة المقدرة للقيم المتوسطة للمدخلات. وبالتالي فهناك أنواع معينة من التحيز التي تظهر فقط بعد تحليل التحيز.

أنواع دوال كثافة الاحتمال

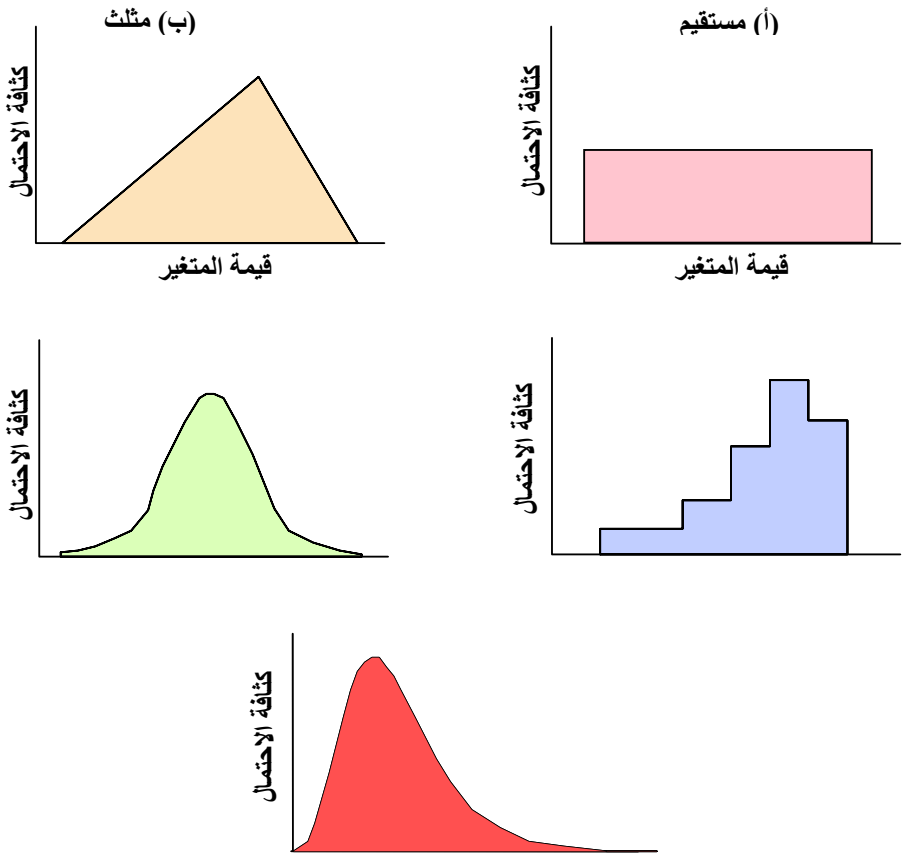
هناك كثير من أنواع دوال الاحتمالات في الأدبيات الإحصائية وهي تمثل في أغلب الأحيان حالات معينة للعالم المادي. ويتأثر اختيار دالة كثافة الاحتمال على الأقل جزئيا بمجال الدالة (مثلا، هل يكون للدالة قيم موجبة وسالبة على حد سواء أو قيم غير سالبة فقط)، ونطاق الدالة (مثال، هل النطاق ضيق أو أنه يغطي رتب الحجم)، والشكل (مثلا، التناظر)، والعمليات التي تنشئ البيانات (مثلا، الجمع أو الضرب). هذه الاعتبارات يتم شرحها في الفقرة التالية مع مناقشة موجزة للتوزيعات الأكثر شيوعا ذات الأهمية من الناحية العملية. وفيما يلي أمثلة لتلك الدالات والحالات التي تمثلها[4]:

- *التوزيع الطبيعي*، وهو الأكثر ملائمة عندما يتسم نطاق عدم التيقن بالضيق وبالتناظر بالنسبة للمتوسط. وينشأ التوزيع الطبيعي في الحالات التي تساهم فيها المدخلات الفردية في مجموع عدم التيقن والتي لا يهيمن فيها وجه معين من عدم التيقن على مجموع عدم التيقن. وبنفس الشكل، إذا كان الحصر يمثل مجموع عدم التيقن لعدة فئات فردية مع الرغم من عدم هيمنة أي من هذه الفئات على عدم التيقن ككل يكون مجموع عدم التيقن طبيعيا. فالتقدير الطبيعي يكون دائما أكثر ملائمة للعديد من الفئات التي يتسم عدم التيقن الخاص بها بضيق النطاق، مثل عامل انبعاث الوقود الأحفوري وبيانات الأنشطة.
- *التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي*، قد يكون أكثر ملائمة عندما يكون عدم التيقن كبيرا ويتجاوز المتغير غير السالب ويكون معلوما بأن له التواء إيجابي. ويعتبر مثال معامل انبعاث أكسيد النتروز من المخصبات المستعملة في التربة نموذج للحصر الشائع. وإذا تم ضرب عدد من المتغيرات غير المؤكدة نحصل على ناتج ضرب قريب من التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي. ولأن التركيز هو نتيجة الجمع بين عدم عمليات تكون بدورها قابلة للضرب فإن بيانات التركيز تميل إلى التوزيع بشكل مشابه للتوزيع الطبيعي اللوغاريتمي. وبشكل عام فبيانات العالم الحقيقي قد لا تكون متطرفة الحدود بالقدر الذي يتسم به التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي. وتتميز توزيعات ويبل وغاما بخصائص قد تكون مماثلة للتوزيع الطبيعي اللوغاريتمي ولكنها تختلف معها فيما يتعلق بتطرف الحدود وبالتالي أحيانا ما تكون أفضل ملائمة للبيانات عن التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي.
- *التوزيع المتساوي*، يصف تساوي احتمالات كل القيم في نطاق معين. وأحيانا ما يكون التوزيع المتساوي مفيدا في تمثيل الكميات المرتبطة ماديا (مثال، الكسر الواقع ما بين 0 و1) أو لتمثيل أحكام الخبراء عندما يكون الخبير قادر على تحديد الحد الأعلى والأدنى. ويعتبر التوزيع المتساوي حالة خاصة من توزيع بيتا.
- *التوزيع المثلثي*، هو الأسلوب الملائم عندما يقوم الخبير بتعيين حدود عليا ودنيا وقيمة تفضيلية في هذا النطاق ولكنه لا يمنح أي معلومات أخرى حول دالة كثافة الاحتمال. كما أن التوزيع المثلثي يمكن أن يكون غير متناظر.
- *التوزيع الجزيئي*، هو نوع من التوزيع التجريبي يتم فيه التعبير عن أحكام الخبراء بالنظر إلى مختلف نطاقات قيم المتغير الأكثر ملائمة كما هو مبين في الشكل 5-3. ويكون هذا النوع من التوزيع مفيدا احيانا للتعبير عن أحكام الخبراء بشأن عدم التيقن.

[4] المزيد من المعلومات حول طرق التوزيع المستندة إلى تحليل البيانات إحصائيا يبينها ويوضحها كالن وفراي (1999). وتشمل المراجع المفيدة الأخرى هان وشابيرو (1967) ، آنغ وتانغ (1975)، داغوستينو وستيفنز (1986) ، مورغان وهنريون (1990)، وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية (1999, 1997, 1996). وترد بعض أمثلة تحليلات الاحتمالات المطبقة على قوائم حصر الانبعاثات في فراي وآخرين (2002) وفراي وآخرين (2004) .

الشكل 3.5 أمثلة لبعض النماذج الأكثر شيوعا لدالة كثافة الاحتمال

(مثلا، يعتمد على فراي وروبين، 1991)



المسائل التي يجب أخذها في الاعتبار عند وضع دالة كثافة الاحتمال

تشرح الفقرة التالية كيف يمكن للقائم بجمع بيانات الحصر أن يلبي أسس قابلية المقارنة والاتساق والشفافية في حصر الانبعاثات عند اختيار دالة كثافة الاحتمال:

- في الحالات التي تتوافر فيها البيانات التجريبية ينبغي أن يتمثل الاعتبار الأول في تحديد ما إذا كان توزيع البيانات طبيعيا هو الأسلوب الأكثر ملائمة للتعبير عن عدم التيقن. إذا كان لابد أن يكون المتغير غير سالب حينئذ يجب ألا يزيد الانحراف المعياري للتوزيع الطبيعي عن 30 في المائة من القيمة المتوسطة بغية تفادي ارتفاع احتمالية التقدير الخاطئ للقيم السلبية بشكل غير مقبول. ويجب بشكل عام تفادي قطع القيم الطرفية الدنيا في التوزيع الطبيعي لأن ذلك يغير المتوسط والقيم الإحصائية الأخرى للتوزيع. ومن الحلول البديلة الشائعة لقطع القيم الطرفية هو إيجاد التوزيع المناسب الذي يلائم بشكل أمثل البيانات. على سبيل المثال، في البيانات ذات الالتواء الإيجابي الذي لابد أن يكون غير سالب فإن التوزيع الطبيعي وكذلك توزيع ويبل أو غاما من شأنهما أن يمنحا توزيع ملائم بشكل مقبول، ويمكن أيضا استعمال التوزيع التجريبي للبيانات،
- وعند الاستعانة بأحكام الخبراء، ينبغي أن تستكمل دالة التوزيع المستخدمة طبيعية أو طبيعية لوغاريتمية بالتوزيعات المتساوية أو المثلثية أو الجزيئية، أيها أنسب،
- ولا تستعمل التوزيعات الأخرى ما لم تكن هناك دواع قوية سواء من المشاهدات التجريبية أو من أحكام الخبراء المدعومة ببراهين نظرية.

وقد يصعب تحديد الدالة الأنسب لمجموعة من البيانات. وأحد النهج المتبعة هو استعمال تربيع الالتواء ودرجة انفراج المنحنى لتحديد الأشكال الدالية التي يمكن أن تلائم البيانات (كالن وفراي، 1999). ولا يجب تطبيق تربيع الالتواء ودرجة انفراج المنحنى إلا في حالة وجود بيانات كافية لتقدير هذه القيم. وتتم بعد ذلك مطابقة الدالة مع البيانات عن طريق أقل التربيعات مطابقة أو غير ذلك من الوسائل. وهناك اختبارات متاحة لتقييم حسن المطابقة، بما في ذلك اختبار كا- تربيع وغيره من الاختبارات (كالن وفراي، 1999). وفي كثير من الحالات تتطابق عدة دوال بصورة مرضية مع البيانات في حدود احتمالات معينة. ويمكن لهذه الدوال المختلفة أن تنطوي على توزيعات متباينة جذريا عند الحدود المتطرفة حيث تقل أو تنعدم البيانات المقيدة بهذه التوزيعات. كما أن تفضيل دالة على أخرى يمكن أن يغير من نتائج تحليل عدم التيقن بشكل منتظم. ويكرر كالن وفراي (1999) ما نصح به الكتاب السابقون في هذه الحالات من *أن*

وتتمثل الخطوة الأولى البالغة الأهمية لاستعمال البيانات التجريبية كأساس لوضع دوال الاحتمالات في تحديد ما إذا 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 ؟ علي سبيل المثال في مجال الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى، هل البيانات تمثل ممارسات الإدارة والظروف الوطنية الأخرى ؟
- هل البيانات عينة عشوائية ؟
- ما هو متوسط الزمن المقترن بمجموعة البيانات وهل هو نفس الزمن المستخدم في التقييم (الذي تم إجراؤه للانبعاثات السنوية في سنة معينة) ؟ فقد تقاس مثلا بيانات الانبعاثات خلال فترة زمنية قصيرة وليس لسنة كاملة. وبالتالي قد يحتاج إلى أحكام الخبراء لاستكمال البيانات الطويلة الأجل بالاستقراء من البيانات قصيرة الأجل.

وإذا كانت البيانات عينة تمثيلية عشوائية، يمكن حينئذ تحديد التوزيع باستعمال التقنيات الإحصائية التقليدية حتى وإن كان حجم العينة صغير. وفي الحالات المثالية، تمثل البيانات المتاحة متوسطا سنويا ولكن يلزم تحويل البيانات باستعمال متوسط ملائم للزمن. في التوزيعات العادية تكون فترة الثقة 95 في المائة زائد أو ناقص ضعف الانحراف المعيار التقديري للمجتمع. وفي حالات أخرى قد تمثل البيانات تعدادا شاملا لمجموع النشاط كله (مثلا، مجموع استخدام الطاقة في نوع معين من أنواع الوقود). وفي هذه الحالة فإن المعلومات المتعلقة بأخطاء القياسات وأجهزة المسح تشكل أساس تقييم عدم التيقن. وقد يحدد نطاق عدم التيقن في بيانات الأنشطة باستعمال طرق مستقلة واختبارات التوافق. ومثال ذلك أنه يمكن مقارنة بيانات استهلاك الوقود مع تقديرات الإنتاج، بما في ذلك تقديرات الإنتاج التي يتم إجراؤها باستخدام مختلف الطرق.

وهناك تمييز بين عدم التيقن داخل المتوسط والتغيرية في البيانات في الحالات التي تمثل فيها البيانات التغيرية بين البلدان حول فئة محددة. وبما أن الهدف هو تقدير المعدل السنوي على مستوى كل بلد على حدة فإنه لا بد من تقدير متوسط البيانات التي تمثل التغيرية بين البلدان على مجموع المنطقة الجغرافية للبلد كما ينبغي تقدير عدم التيقن في هذا المتوسط واستعماله كقاعدة للحصر. وعلى العكس، إذا كانت البيانات الدولية متاحة على مستوى مجمع بدون وجود تفاصيل حول كيفية تجزيء هذه البيانات على مستوى البلد نكون بصدد حالة عدم توافق في القياس يصعب علاجها. وغالبا، في مثل هذه الحالات ما يميل عدم التيقن إلى الزيادة كلما ضاقت المنطقة الجغرافية، بعبارة أخرى إذا قل عدد الفئات المضمنة وإذا كانت بيانات الانبعاث الخاصة بالموقع غير متاحة. وبالتالي ينبغي توسيع نطاقات عدم التيقن الموضوعة للبيانات الدولية المجمعة حتى يتسنى تطبيقها على كل بلد على حدة. وفي غياب القواعد التجريبية لتقدير مدى عدم التيقن النسبي على مستوى البلد مقابل المستوى الدولي المجمع ينبغي حينئذ اللجوء إلى أحكام الخبراء.

وفي حالة عينة المجتمع فإن أهم جانب للتقييم هو تحديد ما إن كانت العينة عشوائية وممثلة 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 (1999) استطلاع مجموع البيانات باستعمال الإحصاء والأشكال البيانية الموجزة لتقييم السمات الأساسية (مثلا، 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 المقتربين 1ا2 (أنظر القسم 3-2-3).

وفي حالة اختيار توزيع معين لمطابقة مجموعة البيانات يمكن استعمال تقنيات مثل "تقدير الأرجحية القصوى[5]" أو "طريقة عزوم المطابقة[6]" لتقدير معالم التوزيع. ويمكن تقييم حسن مطابقة التوزيع بطرق متعددة، بما في ذلك مقارنة دالة التوزيع التراكمي المطابقة بمجموعة البيانات الأصلية ومخططات الاحتمالات واختبارات حسن المطابقة (مثلا، كالن وفراي 1999). 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 (مثلا، هاهن وشابيرو، 1967).

وإذا حدد متوسط البيانات لأقل من سنة فقد يلزم استقراء عدم التيقن خلال هذه السنة. ومثال ذلك مجموعة بيانات تمثل التغيرية في المتوسط اليومي لقياسات الانبعاثات الناتجة عن فئة مصادر معينة. وأحد النهج التي يمكن اتباعها والتي يصفها بالتفصيل فراي ورووديس (1996) هو مطابقة توزيع ذي وسائط على مجموعة البيانات المتعلقة بالتغيرية اليومية واستعمال تقنية تعرف باسم "تأسيس المحاكاة" لتقدير عدم التيقن 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 (مثلا،إفرون وتبشيراني، 1993، فراي ورووديس، 1996، فراي وبامي، 2002).

[5] تنتقي طريقة الأرجحية القصوى التقديرات من قيم المعالم التي تصل بالأرجحية إلى أقصى حد (دالة الاحتمال المشترك أو دالة الكثافة المشتركة) للعينة المشاهدة (هولاند وفيتز سايمونز، 1982، على سبيل المثال).

[6] تعمل طريقة العزوم على إيجاد مقدري المعالم المجهولة عن طريق المساواة بين العينة المناظرة وعزم المجتمع. وهذه الطريقة سهلة الاستخدام وتحقق الاتساق بين المقدرين. وفي كثير من الحالات تتسم طريقة مقدري العزوم بالتحيز (واكرلي ومندهال الثالث وشيفر، 1996، الصفحات 395-397).

التبعية والارتباط بين مدخلات الحصر

يوفر هذا القسم موجزا للمسائل وثيقة الصلة بموضوع التبعية والارتباط بين المدخلات. وهناك المزيد حول هذا الموضوع في مورغان وهنريون (1990) وكالن وفراي (1999) وسميث وآخرون (1992).

عند إعداد تحليل احتمالي يُفضل تحديد النموذج حتى تكون المدخلات مستقلة عن بعضها قدر الإمكان. فمثلا، بدلا من محاولة تقدير بيانات أنشطة الكثير من الفئات الثانوية التي يشتق بعض بياناتها بالفروق ولو جزئيا، 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 ارتباطا سالبا بأوجه عدم التيقن المقترنة باستعمال الوقود في الفئات الثانوية الأخرى بل وقد يزيد كثيرا مقارنة بعدم التيقن في مجموع الاستهلاك. وهكذا، بدلا من محاولة تقدير أوجه عدم التيقن كل على حدة في كل فئة ثانوية، من العملي تقدير عدم التيقن في مجموع الاستهلاك الذي قد تتاح تقديرات واختبارات مقارنة له.

إن 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 حساسا 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 في الحصر حساسا لها، لن تؤثر على التحليل إلا قليلا. وبالطبع فإن بعض علاقات التبعية المتداخلة تتسم بالأهمية وعدم حساب هذه العلاقات من شأنه أن يؤدي إلى نتائج خاطئة. وتنحى علاقة الارتباط الموجبة بين المدخلات إلى زيادة نسبة عدم التيقن في المخرجات بينما تميل علاقات الارتباط السالبة إلى خفض نسبة عدم التيقن في المخرجات. ومع ذلك فإن علاقات الارتباط الموجبة عند مقارنة سنتين كجزء من اتجاه التحليل ترفع نسبة عدم التيقن داخل الاتجاه.

وتوجد مجموعة من التقنيات التي يمكن الاستعانة بها بإدراج التبعية في التحليل، من بينها:

- تقسيم أو تجميع فئات المصادر لتقليل تأثير علاقات التبعية،
- صياغة نماذج صريحة لعلاقة التبعية،
- محاكاة الارتباط باستعمال طرق الإقران المقيدة (التي تحتوي عليها الكثير من مجموعات البرمجيات)،
- استعمال تقنيات إعادة تحصيل العينات في الحالات التي تتوافر فيها مجموعات البيانات المتعددة المتغيرات،
- النظر في حالات التقييد أو الحساسية (فهناك مثلا حالة تفترض الاستقلال وحالة أخرى تفترض ارتباطا موجبا كاملا)،
- تقنيات المتسلسلات الزمنية يمكن أن تُستعمل أيضا في تحليل أو محاكاة الارتباط الذاتي الزمني.

وكمثال بسيط، قام زاو وفراي (2004) بمحاولة التعرف على ما إذا كانت القيم المقدرة لأوجه عدم التيقن المقترنة بعامل الانبعاث للفئات المختلفة التي يتم الحصول عليها من نفس مصادر البيانات مستقلة أو غير مستقلة بين الفئات وتوصلا إلى أن ذلك لا يؤثر بشكل كبير على الحصر ككل. وبالطبع فإن هذه النتيجة خاصة بدراسات حالة معينة وينبغي اختبارها في تطبيقات أخرى. ويوفر المربع التالي 3.2 نموذجا أكثر تركيبا، منحه أوغل وآخرون، (2003) بحساب التبعية في معاملات إدارة الحرث التي حُسبت من خلال مجموعة مشتركة من البيانات في نموذج انكفائي واحد عن طريق تحديد التغاير[7] بين معاملات الحرث المنخفض وأنشطة الإدارة الخالية من الحرث، ثم استخدام تلك المعلومات لتوليد قيم معاملات الحرث بارتباط ملائم أثناء محاكاة مونت كارلو[8]. وينبغي النظر في احتمال وجود ارتباط بين متغيرات المدخلات، والتركيز على المتغيرات التي يرجح أن تنطوي على أكبر درجة من علاقات التبعية (مثلا، تطبيق معاملات الإدارة لنفس الممارسة في مختلف سنوات الجرد، أو الارتباطات بين أنشطة الإدارة من سنة إلى السنة التي تليها).

[7] التباين بين متغيرين (x وy) هو قياس مدى التبعية بينهما. ويتمثل تباين العينة المكونة من عدد أزواج ن في مجموع حاصل ضرب انحراف القيم الفردية x بالنسبة للمتوسط x في عدد مرات انحراف القيمة الفردية y المقابلة من المتوسط لقيم y مقسومة حسب العلاقة (ن-1).

[8] يوجد المزيد من المناقشة والأمثلة على أنواع هذه الأساليب في كالن وفراي (1999) ، ومورجان وهنريون (1990)، ووكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكيةUSEPA (1996). وتحتوي هذه المستندات أيضا على قائمة مراجع مرفقة بنص الأدبيات المعنية.

المربع 2-3
مثال لاستخدام محاكاة مونت كارلو لتقدير أوجه عدم التيقن المقترنة بعلاقات التبعية

قام أوغل وآخرون (2003) بإجراء تحليل مونت كارلو لتقدير عدم التيقن في حصر تم وفق المستوى 2 بشأن التغيرات في كربون التربة الزراعية في الولايات المتحدة. تم تقدير معاملات الإدارة إستنادا إلى ما يقرب من 75 دراسة منشورة باستخدام النماذج الخطية ذات الآثار المختلطة. واشتقت دوال كثافة الاحتمالات المتعلقة بتأثير أنشطة الإدارة عند عمق بلغ 30 سنتيمترا بعد 20 عاما منذ تنفيذ أنشطة الإدارة. وقدرت الأرصدة المرجعية باستخدام قاعدة بيانات توصيف مسوح التربة الوطنية التابعة لوزارة الزراعة الأمريكية / مصلحة صون الموارد الطبيعية (USDA). واستندت دوال كثافة الاحتمالات إلى متوسط وتباين ما يقرب من 3700 عينة مع مراعاة الارتباط الذاتي المكاني بسبب أنماط التوزيع المتكتل. وسجلت بيانات استخدامات الأراضي والأنشطة إدارة في جرد الموارد الطبيعية (قائمة جرد الموارد الطبيعية - وزارة الزراعة الأمريكية / مصلحة صون الموارد الطبيعية) التي تتعقب إدارة الأراضي الزراعية في أكثر من 000 400 نقطة في الولايات المتحدة الأمريكية وتكملها بيانات عن ممارسات الحرث مستمدة من مركز معلومات تكنولوجيا الصون (CTIC). وأجري تحليل مونت كارلو باستخدام مجموعات البرامج الحاسوبية الإحصائية المتاحة تجاريا ونظام البرمجة الذي قام بوضعه المحللون الأمريكيون. وشمل تحليلهم علاقات الارتباط بين بارامترات التقدير المشتقة من مجموعات البيانات المشتركة. ومثال ذلك أن المعاملات المتعلقة بالأراضي المجنبة وتغيير استخدام الأراضي بين ظروف الأراضي المزروعة وغير المزروعة اشتقت من تحليل انكفائي وحيد باستخدام متغير دليلي للأراضي المجنبة، مما جعلها مترابطة. كما روعي في تحليلهم الترابط في بيانات الأنشطة المتعلقة باستخدامات الأراضي وإدارة الأراضي.
وعند محاكاة قيم المدخلات، اعتبرت المعاملات مترابطة تماما اعتبارا من سنة الأساس حتى السنة الجارية في الحصر بالنظر إلى افتراض أن تأثير الإدارة لم يتغير أثناء فترة الجرد. وبذلك حوكيت المعاملات باستخدام نفس قيم البذور العشوائية. وفي المقابل، أجريت عملية محاكاة مستقلة لأرصدة الكربون المرجعية في مختلف أنواع المناخ واستخدمت قيم البذور العشوائية، حيث اشتقت الأرصدة في كل منطقة استنادا إلى مجموعات منفصلة من البيانات. واختار المحللون الأمريكيون استخدام 000 50 تكرار لتحليل مونت كارلو. وأتى ذلك الأسلوب بنتائج مرضية حيث أنه أبلغ فقط برقم واحد بعد الكسر العشري واعتبرت نتائج المحاكاة مستقرة نسبيا في هذا المستوى من الدلالة. وأشارت تقديرات أوغل وآخرون (2003) إلى حدوث زيادة في التربة المعدنية بلغ متوسطها 10.8 تيراجول من الكربون/سنة ما بين عامي 1982 و1997، بفترة ثقة 95 في المائة وتراوحت من 6.5 إلى 15.3 تيراجول من الكربون/سنة. وفي المقابل، فقدت التربة العضوية ما متوسطه 9.4 تيراجول/سنة، وتراوحت من 6.4 إلى 13.3 تيراجول/سنة. وإضافة إلى ذلك خلص أوغل وآخرون (2003) إلى أن التغيرات في معاملات الإدارة قد ساهمت بنسبة 90 في المائة من عدم التيقن الشامل في تقديرات الحصر النهائية لتغير كربون التربة.

3-2-3 طرق الجمع بين أوجه عدم التيقن

حالما تحددت أوجه عدم التيقن المقترنة ببيانات الأنشطة ومعامل الانبعاث أو الانبعاثات بفئات المصادر يصبح من الممكن ضمها للحصول على تقديرات لعدم التيقن المقترن بالحصر ككل في أي سنة وعدم التيقن المقترن بالاتجاه العام للحصر مع مرور الوقت. ومن الممكن استعمال نتائج نظرية العينات كما يتناولها باستفاضة القسم 1-5-2، عمليات الحصر المستندة إلى قياسات المستوى 3، الفصل 2 من المجلد 4 الخاص بقطاع الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى في الحالات التي يتم فيها تطبيق طريقة العينات لإجراء القياسات المباشرة، مثال على ذلك التغيرات في رصيد الكربون. في هذه الحالات توفر نظرية العينات تقديرا لعدم التيقن المقترن بالانبعاثات/عمليات الإزالة لفئة معينة بدون حاجة لتوصيف مستقل للنشاط ومعامل الانبعاث.

وتشرح الأقسام التالية مقتربين للتقدير لضم أوجه عدم التيقن: المقترب الأول يستعمل معادلات بسيطة لنشر الأخطاء بينما المقترب الثاني فيستعمل أسلوب محاكاة مونت كارلو أو تقنيات أخرى مشابهة. ويمكن الاستعانة بأي واحد من المقتربين لمصادر الانبعاثات أو البواليع مع اعتبار فرضيات وحدود كل مقترب والمصادر المتوافرة. ويمنح القسمان1-7-3 و2-7-3 شرحا وافيا، خطوة بخطوة، لأساليب الحساب الإحصائية في المقتربين.

وينبغي توصيف التحيز قبل القيام بتطبيق أي من المقتربين 1 أو 2 كما ورد شرحهما في القسم 1-2-2-3. وعلى سبيل المثال، وكما نوه إليه القسم 1-2-2-3، فإنه ينبغي القيام بافتراض التحيز والتعارض المحتمل بين مقتربات النمذجة وأي عمل من شأنه أن يرفع من جودة الحصر. ويركز المقتربان 1 و2 على التحديد الكمي لعامل العشوائية في عدم التيقن المقترن بنتائج الحصر عندما يتم التخلص من مصادر التحيز المعروفة. ولا يمنع ذلك من احتواء تقديرات الحصر على أنواع تحيز أخرى غير معروفة المصدر كما أنه يفترض في التحليل أن جميع الأخطاء تتصرف بعشوائية (وينيوارتر وريبدال، 2001).

3-2-3-1 المقترب 1 انتشار الأخطاء

يستند المقترب 1 على انتشار الأخطاء ويستعمل لتقدير أوجه عدم التيقن في الفئات الفردية وفي الحصر ككل وفي الاتجاهات بين العام الذي يهم الحصر وسنة الأساس. وفيما يلي شرح الافتراضات الأساسية والمتطلبات وخطوات الإجراء.

ينبغي إجراء المقترب 1 بالاستعانة بالجدول 2-3، مقترب 1 حساب *عدم التيقن*، والذي يمكن تهيئته في أي برنامج حاسوبي للصحف الجدولية في السوق. والجدول مستوفي حتى مستوى الفئة باستعمال نطاقات عدم التيقن المقترنة ببيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث

الافتراضات الرئيسية في المقترب 1

في سياق المقترب 1 يمكن نشر عدم التيقن في الانبعاثات أو عمليات الإزالة إنطلاقا من عدم التيقن من بيانات الأنشطة ومعامل الانبعاث وبارامترات التقدير الأخرى من خلال معادلة انتشار الأخطاء (ماندل، 1984، بيفنغتون وروبينسون، 1992). وفي حالة وجود ارتباط يمكن إدخاله بوضوح أو تجميع البيانات في المستوى المناسب بحيث يقل مقدار الارتباط. كما أن المقترب 1 يقتضي نظريا أن يكون الانحراف المعياري المقسوم على متوسط القيمة أقل من 0.3. وعمليا يمنح المقترب نتائج استعلامية حتى وإن كان هذا الشرط غير مستوفى تماما وحتى إن ظل هناك قدر من الارتباط. ويفترض المقترب 1 أن النطاقات النسبية لعدم التيقن في معامل الانبعاث والنشاط متشابهة في سنة الأساس والسنة t. هذه الفرضية غالبا ما تعتبر صحيحة أو تكاد تكون صحيحة. وفي حالة عدم تطبيق أي من فرضيات المقترب 1 يمكن إما وضع صيغة بديلة للمقترب 1 (مثلا، أنظر القسم 4-3) أو استعمال المقترب 2 بدلا منه.

وإذا كان الانحراف المعياري المقسوم على متوسط القيمة أكبر من 0.3 يمكن حينئذ تحسين درجة ثقة المقترب 1. ويمنح القسم "التعامل مع أوجه عدم التيقن العريضة وغير المتناظرة في نتائج المقترب 1" فيما بعد شرحا لكيفية القيام بذلك.

أهم متطلبات المقترب 1

ولتقدير كمية عدم التيقن باستخدام المقترب 1 ينبغي تقدير المتوسط والانحراف المعياري لكل مدخل وكذلك المعادلة التي تم وفقها تجميع المدخلات من أجل تقدير النتيجة أو الخرج. وتشمل المعادلات البسيطة مدخلات مستقلة إحصائيا عن بعضها (غير مرتبطة).

حالما تحددت أوجه عدم التيقن المقترنة بالفئات يصبح من الممكن ضمها للحصول على تقديرات لعدم التيقن المقترن بالحصر ككل في أي سنة وعدم التيقن المقترن بالاتجاه العام للحصر مع مرور الوقت. وكما سيرد فيما بعد بمزيد من الاستفاضة فإن تقديرات عدم التيقن يمكن أن تضم وفق قاعدتين مناسبتين لضم أوجه عدم التيقن غير المرتبطة باستخدام الجمع والضرب.

إجراء المقترب 1

في سياق المقترب 1 يتم تقدير أوجه عدم التيقن استنادا إلى معادلة انتشار الأخطاء على خطوتين. الخطوة الأولى، تستخدم المعادلة التقريبية 1-3 لجمع معامل الانبعاث وبيانات النشاط ونطاقات بارامترات التقدير الأخرى بحسب الفئة وغاز الاحتباس الحراري. وتتمثل الخطوة الثانية في استخدام المعادلة التقريبية 2-3 للوصول إلى مجموع عدم التيقن في الانبعاثات الوطنية واتجاه الانبعاثات الوطنية بين سنة الأساس والسنة الجارية.

عدم التيقن المقترن بالتقدير السنوي

تجمع معادلة انتشار الأخطاء[10] قاعدتين مناسبتين لضم أوجه عدم التيقن غير المرتبطة باستخدام الجمع والضرب.

- وفي الحالات التي يتوقع فيها تجميع 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 التي هي نسب الانحرافات المعيارية إلى القيم المتوسطة المناسبة. هذه القاعدة تقريبية لكل المتغيرات العشوائية وفي الحالات النموذجية تطبق هذه القاعدة طالما معامل التغير أقل من 0.3. ولكنها لا تصلح للتطبيق في حالة القسمة.

يمكن اشتقاق معادلة بسيطة (المعادلة 1-3) لحساب عدم التيقن المقترن بالمجموع، وعند التعبير عنها باستخدام الحدود المئوية فإنها تصير:

المعادلة 1-3
جمع أوجه عدم التيقن – المقترب 1 – الضرب

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

حيث:

U_{total} = النسبة المئوية لعدم التيقن في ناتج الكميات (نصف فترة الثقة البالغة 95 بالمئة مقسوما على المجموع ويعبر عنه كنسبة مئوية)،

U_i = النسبة المئوية لأوجه عدم التيقن المقترنة بكل كمية.

[9] عندما تشتق القيم المقدرة من النماذج، يُدخل عدم التيقن المقترن ببيانات النشاط ليقود النموذج ويُدخل عدم التيقن المقترن ببارامترات النموذج بدلا من عدم التيقن المقترن بمعامل الانبعاث. وقد يحتاج الأمر للجوء لأحكام الخبراء أو لحسابات انتشار الأخطاء المقترنة بهيكل النموذج. وإذا كان من غير العملي فصل تقدير عدم التيقن المتحصل عليه من نموذج الفئة إلى عناصر معامل نشاط وانبعاث منفصل ينبغي حينئذ إدخال عدم التيقن المقترن بالفئة في عمود معامل الانبعاث وتسجيل صفر لعدم التيقن في عمود معامل النشاط.

[10] كما ورد شرح مفصل في الملحق 1 من *دليل الممارسات السليمة* وإدارة عدم التيقن (*دليل الممارسات السليمة للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ عام 2000*، إصدارة 2000) ، والملحق 1 للخطوط التوجيهية المنقحة *للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ* عام 1996 (توجيهات الإبلاغ) (دليل *الهيئة للكارسات السليمة لعام 1996*، إصدارة 1997).

- وفي الحالات التي يتوقع فيها تجميع كميات غير مؤكدة باستخدام الإضافة أو الطرح فإن الانحراف المعياري للمجموع يساوي الجذر التربيعي لمجموع مربعات الانحرافات المعيارية للكميات المضافة مع تمثيل الانحرافات المعيارية باستخدام الحدود المطلقة (هذه القاعدة صحيحة في حالة المتغيرات غير المترابطة).

وانطلاقا من هذا التفسير يمكن اشتقاق معادلة بسيطة (المعادلة 2-3) لحساب عدم التيقن المقترن بالمجموع، والتعبير عنها باستخدام الحدود المئوية:

المعادلة 2-3
جمع أوجه عدم التيقن – المقترب 1 – الجمع والطرح

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \bullet x_1)^2 + (U_2 \bullet x_2)^2 + ... + (U_n \bullet x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + ... + x_n|}$$

حيث:

U_{total} = النسبة المئوية لعدم التيقن في مجموع الكميات (نصف فترة الثقة البالغة 95 % مقسوما على المجموع (أي المتوسط) ويعبر عنه كنسبة مئوية)، وبذلك يكون المصطلح "عدم التيقن" معتمداً على فترة ثقة 95 في المائة،

x_i وU_i = الكميات غير المؤكدة ونسبة عدم التيقن المقترن بها على التوالي.

غاز الاحتباس الحراري هو في الأساس مجموع نواتج معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة وبارامترات التقدير الأخرى. وبالتالي فإن المعادلة 1-3 والمعادلة 2-3 يمكن استعمالهما لتقدير عدم التيقن في مجموع الحصر. وعمليا تتراوح أوجه عدم التيقن التي يتم العثور عليها في فئات الحصر من عدة مئويات إلى رتب الحجم ويمكن أن تكون مترابطة. ولا يتسق ذلك مع فرضيات المعادلتين 2-3 و2-3 التي تفترض أن المتغيرات ليست مترابطة ولا مع فرضية المعادلة 1-3 التي تفترض أن معامل التغير أقل من 30 في المائة ولكن مع ذلك يمكن أن نستمر في استعمال المعادلتين 1-3 و2-3 للحصول على نتيجة تقريبية.

تقدير مستويات عدم التيقن في الاتجاه

يتم تقدير مستويات عدم التيقن في الاتجاه باستعمال نوعين من الحساسية:

- *النوع ألف*: التغير في الفرق في إجمالي الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة الجارية وهو فرق يعبر عنه كنسبة مئوية وينجم عن زيادة بنسبة 1 في المائة في الانبعاثات المتولدة عن فئة معينة من فئات المصادر وغاز معين في سنة الأساس والسنة الجارية على السواء.
- *النوع باء*: التغير في الفرق في إجمالي الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة الجارية وهو فرق يعبر عنه كنسبة مئوية وينجم عن زيادة بنسبة 1 في المائة في الانبعاثات المتولدة عن فئة معينة من فئات المصادر وغاز معين في السنة الجارية فقط.

وحساسيات النوعين ألف وباء هي متغيرات متوسطة الغرض منها تبسيط العمليات الحسابية. كما أن نتائج التحليل ليست مقيدة بالتغير بنسبة 1 في المائة فقط ولكنها تتأثر بنطاق عدم التيقن في كل فئة.

ومن منطلق المفهوم فإن حساسية النوع ألف تؤثر في الانبعاثات في سنة الأساس والسنة الجارية على السواء بينما الحساسية من النوع باء فتؤثر في الانبعاثات في السنة الجارية فقط. وتقترن أوجه عدم التيقن المرتبطة ارتباطا تاما فيما بين السنوات بحساسيات النوع ألف أما أوجه عدم التيقن غير المرتبطة عبر السنوات فتقترن بحساسيات النوع باء. وتنزع أوجه عدم التيقن في معاملات الانبعاث (وبارامترات التقدير الأخرى) 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.

وحالما تحسب أوجه عدم التيقن المدخلة في الانبعاثات الوطنية باستعمال الحساسيات من النوعين ألف وباء فإنه يمكن حساب مجموعها باستخدام معادلة انتشار الأخطاء (المعادلة 1-3) لإيجاد إجمالي عدم التيقن في الاتجاه.

جدول المقترب 1 لحساب عدم التيقن

أعمدة الجدول 2-3 المعنون *المقترب 1 لحساب عدم التيقن* يشار إليها بالأحرف من A إلى M وهي تحتوي على المعلومات التالية والتي ترد المعادلات الأساسية المشتقة منها في القسم الفرعي 1-7-3 من القسم 3.7 بعنوان، المعلومات الخلفية التقنية.

- يبين العمودان A وB فئات المصادر وغازات الاحتباس الحراري المحددة من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ .
- يحتوي العمودان C وD على تقديرات حصر فئات المصادر والغازات المعينة في العمودين A وB في سنة الأساس والسنة الجارية[11] على التوالي ويعبر عنها بمكافئات ثاني أكسيد الكربون.
- يحتوي العمودان E وF 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 حدود الثقة البالغة 95 في المائة مقسوما

[11] السنة الجارية هي أحدث سنة تتوافر عنها بيانات في الحصر.

- يمثل العمود G مجموع ضم مقادير عدم التيقن حسب فئات المصادر والمشتق من بيانات الأنشطة في العمودين E وF باستعمال معادلة انتشار الأخطاء (المعادلة 2-3). ولذلك فإن مدخلات العمود G هي الجذر التربيعي لمجموع مربعات مدخلات العمودين E وF.
- يبين العمود H عدم التيقن في العمود G كنسبة مئوية من مجموع الانبعاثات الوطنية في السنة الجارية. ومدخلات كل صف من صفوف العمود H هي مربع مدخلات العمود G مضروبة في مربع مدخلات العمود D ومقسومة على مربع 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 تعلوه باستعمال المعادلة 1-3. ويتم إيجاد هذا المجموع عن طريق حساب الجذر التربيعي لمجموع مربعات كل مدخلات العمود H.
- يبين العمود I كيفية تغيير النسبة المئوية للفرق في الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة الجارية نتيجة حدوث زيادة بنسبة 1 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 والسنة الجارية). وهذه هي الحساسية من النوع ألف كما هي معرفة أعلاه.
- ويبين العمود J كيفية تغيير النسبة المئوية للفرق في الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة الجارية نتيجة حدوث زيادة بنسبة 1 في المائة في انبعاثات فئة المصدر في السنة الجارية فقط. ويبين ذلك حساسية اتجاه الانبعاثات تجاه الخطأ العشوائي في تقدير الانبعاثات (مثلا، غير المرتبط فيما بين سنة الأساس والسنة الجارية). وهذه هي الحساسية من النوع باء كما هي معرفة أعلاه.
- يستعمل العمود K المعلومات الواردة في العمودين I وF لإظهار 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 بين السنوات، يجب عندها استخدام العمود J عوضا عن العمود I وتضرب النتيجة في $\sqrt{2}$.
- يستعمل العمود L المعلومات الواردة في العمودين J وE 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 J وفي هذه الحالة لا ينطبق العامل $\sqrt{2}$.
- يمثل العمود M تقدير عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية حسب فئات المصادر المعنية. ويتم اشتقاقه في إطار المستوى 1 من البيانات الواردة في العمودين K وL باستعمال المعادلة 2-3. ولذلك فإن البيانات في العمود M تساوي الجذر التربيعي لمجموع مربعات مدخلات العمودين K وL. ويمثل المجموع المدون في نهاية هذا العمود تقديرا لمجموع عدم التيقن المقترن بالاتجاه ويتم حسابه من المدخلات التي تعلوه باستعمال معادلة انتشار الأخطاء. ويتم الحصول على هذه المجموع عن طريق تحديد الجذر التربيعي لمجموع مربعات كل مدخلات العمود M. عدم التيقن في الاتجاه هو *نقطة مئوية* مرتبطة باتجاه الحصر. فعلى سبيل المثال، إذا كانت انبعاثات السنة الجارية أكبر 10 في المائة من انبعاثات سنة الأساس، وإذا كان اتجاه عدم التيقن في نهاية العمود M مبلغ عنه بقيمة 5 في المائة، حينئذ يكون اتجاه عدم التيقن 10% $\pm$ 5% (أو بزيادة تتراوح من 5 إلى 15%) لانبعاثات السنة الجارية بالنسبة لانبعاثات سنة الأساس.
- وفي نهاية الجدول توجد حواشي توضيحية وإحالات مرجعية حول بيانات عدم التيقن (بما فيها البيانات المقاسة) أو تعليقات ذات صلة بالموضوع.

ويوفر القسم 3-6 المعنون مثال لحساب عدم التيقن في المقترب 1 مثالا لصحيفة جدولية مدونة فيها كل البيانات العددية المستوفاة. وترد تفاصيل المقترب في القسم 3-7-1 ويرد اشتقاق عدم التيقن في الاتجاه في القسم 3-7-2.

الجدول 2-3
المقترب 1 – حساب عدم التيقن

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
فئة المصدر المحددة من قبل الهيئة IPCC	الغاز	الانبعاثات في سنة الأساس	الانبعاثات في السنة t	عدم التيقن المقترن ببيانات الأنشطة	عدم التيقن المقترن بمعاملات الانبعاث	مجموع عدم التيقن	المساهمة في التغيرية حسب الفئة في السنة t	الحساسية من النوع ألف	الحساسية من النوع باء	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية من جراء عدم التيقن في معاملات الانبعاث	عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية من جراء عدم التيقن في بيانات الأنشطة	عدم التيقن الكلي في اتجاه الانبعاثات الوطنية
		المدخلات	المدخلات	المدخلات ملاحظة أ	المدخلات ملاحظة أ	$\sqrt{E^2+F^2}$	$\frac{(G \bullet D)^2}{(\sum D)^2}$	ملاحظة ب	$\left\lvert\frac{D}{\sum C}\right\rvert$	$I \bullet F$ ملاحظة ج	$J \bullet E \bullet \sqrt{2}$ ملاحظة د	K^2+L^2
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	%	%	%		%	%	%	%	%
مثال 1-A-1 وقود صناعة الطاقة 1	ثاني أكسيد الكربون											
مثال 1-A-1 وقود صناعة الطاقة 2	ثاني أكسيد الكربون											
إلخ...	...											
المجموع		$\sum C$	$\sum D$				$\sum H$					$\sum M$
						نسبة عدم التيقن في كل الحصر:	$\sqrt{\sum H}$				اتجاه عدم التيقن:	$\sqrt{\sum M}$

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

- إذا كان عدم التيقن مرتبطا فيما بين السنوات فيتم إدخال عدم التيقن في العمود F ويدون 0 في العمود E.
- إذا لم يكن عدم التيقن مرتبطا فيما بين السنوات فيتم إدخال عدم التيقن في العمود E ويدون 0 في العمود F.

ملاحظة ب: القيمة المطلقة لـ: $100 \bullet \frac{0.01 \bullet D_x + \sum D_i - (0.01 \bullet C_x + \sum C_i)}{(0.01 \bullet C_x + \sum C_i)} \bullet 100 - \frac{\sum D_i - \sum C_i}{\sum C_i} \bullet 100$

حيث:

C_x وD_x = المدخلات من السطر x في الجدول من العمود المقابل الذي يمثل الفئة المعينة

$\sum C_i$, $\sum D_i$ = مجموع جميع فئات (الأسطر) الحصر للعمود المقابل

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

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

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

$$L_x = I_x \bullet E_x$$

التعامل مع مقادير عدم تيقن كبيرة وغير متناظرة

يوفر القسم 3-7-3 التفاصيل حول كيفية تفسير النتائج التي يتم الحصول عليها من المقترب 1 إذا كان مدى عدم التيقن النسبي متسعا لكمية غير سالبة حتما. وتعمل طريقة انتشار الخطأ التي تشكل قاعدة المقترب 1 جيدا إذا كان عدم التيقن صغيرا نسبيا بمعنى أن الانحراف المعياري مقسوما على المتوسط يكون أقل من 0.3. وإذا اتسع عدم التيقن عن ذلك يمكن الاستمرار في استعمال المقترب 1 الذي يمد بنتائج استعلامية. غير أنه في حالة إجراء أي تصحيحات، يميل هذا المقترب إلى تقليل عدم التيقن في نماذج حاصل الضرب (أو القسمة). علاوة على ذلك، إذا كانت أحجام عدم التيقن النسبية كبيرة للكميات غير السالبة تكون إذن نطاقات عدم التيقن لاتناظرية وبالتالي لا يقدر المقترب 1 على تحديد كمية عدم التناظر هذا. ويظهر الاختيار الثاني وهو استعمال المقترب 2 غير أن ذلك لا يكون ممكنا في جميع الحالات. يوجد خيار ثالث وهو استعمال المقترب 1 مع بعض التصحيحات. مثلا، وكما ورد بتفصيل أكثر في القسم 3-7-3، يمكن اعتبار عدم التيقن النسبي بين -65 في المائة و+126 في المائة داخل المتوسط بأنه زائد أو ناقص 100 في المائة. من الممكن توصيف هذا المثال بشكل أفضل بإجراء بعض التصحيحات على نتائج المقترب 1. استعمال المقترب 1 بعد التصحيح (حيثما أمكن) بدلا من المقترب 2 له ميزة أنه مقترب بسيط يعتمد على أساليب حسابية بصحف جدولية وبالتالي لا نحتاج لاستعمال برامج حاسوبية متخصصة في محاكاة مونت كارلو.

3-2-3-2 المقترب 2: محاكاة مونت كارلو

يناسب تحليل مونت كارلو التقدير التفصيلي لعدم التيقن في إطار المستوى 2 بحسب كل فئة وبالذات عندما يكون مقدار عدم التيقن كبيرا ويكون التوزيع غير طبيعي ولوغاريتمات الدوال معقدة و/أو يوجد ارتباط بين بعض مجموعات الأنشطة ومعاملات الانبعاث أو كليهما.

في محاكاة مونت كارلو يتم إنشاء العينات شبه العشوائية في مدخلات النموذج بحسب دوال كثافة الاحتمال المحددة لكل مدخل. وتوصف العينات بأنها شبه عشوائية لأنها تشتق من لوغاريتم يشار إليه بمولد الرقم شبه العشوائي (PRNG) قادر على إنتاج سلسلة من الأرقام المتوالدة (حسب البذور العشوائية المعينة كمولد الرقم العشوائي) لكل سلسلة خصائص عشوائية. توجد تفاصيل أكثر في موارد أخرى (مثلا، باري، 1996). وإذا كان للنموذج مدخلين أو أكثر يتم حينئذ إنتاج العينات العشوائية من دوال احتمالات الكثافة لكل مجمعة مدخلات ويتم إدخال قيمة عشوائية واحدة لكل مدخل في النموذج للحصول على تقدير واحد لمخرج النموذج. ويكرر هذا الإجراء عدة مرات للحصول على تقديرات متعددة لمخرج النموذج. التقديرات المتعددة هي قيم العينة من دوال توزيع الاحتمالات الخاصة بمخرج النموذج. وبتحليل عينات دوال توزيع الاحتمالات الخاصة بمخرج النموذج يمكن حينئذ تقدير المتوسط والانحراف المعياري وفترة الثقة البالغة 95 في المائة وخصائص أخرى لمخرج دوال توزيع الاحتمالات. ولأن محاكاة مونت كارلو هي طريقة عددية فإن دقة النتائج تتحسن عامة كلما زادت تكرارية الأعداد. ويمكن الحصول على المزيد من التفاصيل حول منهجية أسلوب محاكاة مونت كارلو وحول التقنيات الشبيهة مثل معاينة المكعب اللاتيني الزائد (LHS) من هاهن وشابيرو (1967)، أنغ وتانغ (1984)، مورغان وهنريون (1990).

الافتراضات الرئيسية في المقترب 2

في سياق المقترب 2 يمكن التخفيف من التقديرات المبسطة اللازمة للمقترب 1. حيث أن الأساليب الإحصائية الرقمية وبالذات أسلوب مونت كارلو التي غالبا ما تطبق تعتبر أنسب من المقترب 1 لتقدير عدم التيقن في معدلات الانبعاثات /عمليات الإزالة (من أوجه عدم التيقن في قياس الأنشطة ومعاملات الانبعاث) في الحالات التالية:

- عندما تكون مقادير عدم التيقن كبيرة،
- عندما تكون توزيعاتها غير غاوصية،
- عندما تكون الخوارزميات دوال معقدة،
- عندما تظهر ارتباطات بين بعض مجموعات بيانات الأنشطة أو معاملات الانبعاث أو بين الاثنتين معا،
- عندما تختلف مقادير عدم التيقن بين سنوات الحصر.

أهم متطلبات المقترب 2

وتتطلب محاكاة مونت كارلو أن يعين المحلل توزيعات الاحتمالات (أنظر فيشمان، 1996) التي تمثل بدرجة معقولة كل مدخلة من مدخلات النموذج التي سيتم قياس عدم التيقن المقترن بها. ويمكن الحصول على دوال توزيع الاحتمالات بعدة طرق، يرد شرحها في القسم 4-2-2-3 بما في ذلك التحليل الإحصائي للبيانات أو أحكام الخبراء. وهناك اعتبار أساسي يتمثل في إعداد التوزيعات المرتبطة بالمتغيرات المدخلة في نموذج حساب الانبعاثات/عمليات الإزالة حتى تستند إلى الافتراضات الأساسية المتسقة المتعلقة بمتوسط الزمن، والموقع، وعوامل التكييف الأخرى ذات الصلة بتقدير معين (مثل الظروف المناخية المؤثرة على انبعاثات غازات الاحتباس الحراري الزراعية).

ويمكن لتحليل مونت كارلو أن يتعامل مع دوال كثافة الاحتمال لأي شكل مادي ممكن أيا كان حجمه كما يقدر على التعامل مع درجات الارتباط المختلفة (المتعلقة بالزمن وما بين فئات المصدر/البالوعة على السواء). ويمكن لتحليل مونت كارلو أن يتعامل أيضا مع النماذج البسيطة (مثال، حصر الانبعاث الذي يمثل مجموع المصادر، والبواليع، والتي يتم تقدير كل منها عن طريق معاملات الضرب) وكذلك النماذج الأكثر تعقيدا (مثلا،عقد الترتيب الأول للميثان المنبعث من مكبات النفايات).

خطوات المقترب 2

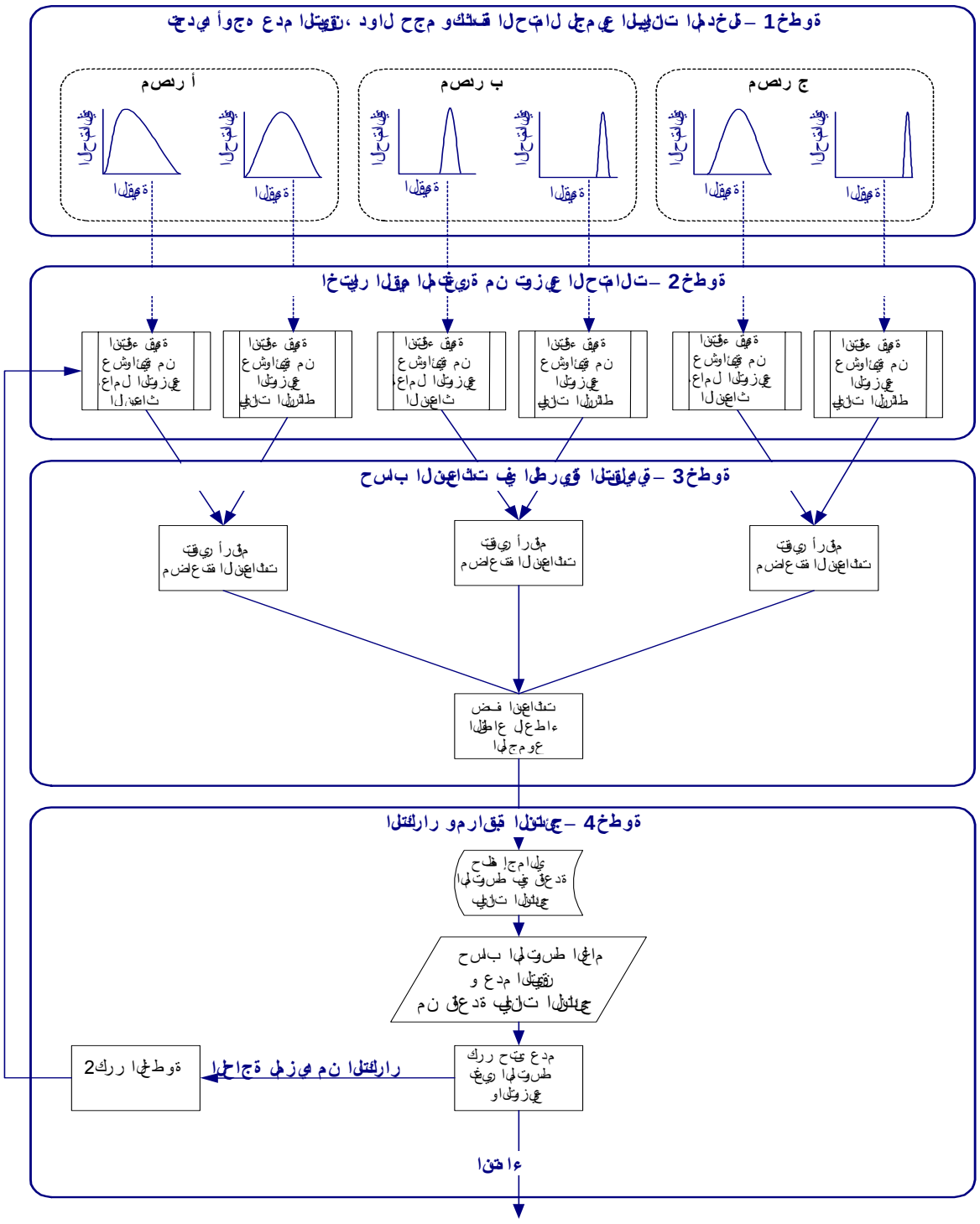
أساس تحليل مونت كارلو هو اختيار القيم العشوائية لمعامل الانبعاث وبيانات النشاط وبارامترات التقدير الأخرى من دوال كثافة الاحتمال ثم حساب ما يقابل ذلك من قيم الانبعاث. ويكرر هذا الإجراء بواسطة الحاسوب عدة مرات للحصول على قيمة متوسطة ونطاق عدم التيقن (أي دالة كثافة الاحتمال). ويمكن إجراء تحليل مونت كارلو على مستوى الفئة، أو على مستوى الفئات الإجمالية أو الجرد ككل. وهناك برامج متاحة للحسابات الإحصائية، بعض منها يشمل لوغاريتمات مونت كارلو، وتتميز بسهولة الاستعمال[12].

ولا يوفر تحليل مونت كارلو، شأنه في ذلك شأن جميع الأساليب، نتائج مرضية إلا إذا نفذ بطريقة سليمة. ويتطلب ذلك أن يتمتع المحلل بإدراك علمي وفني لعملية الحصر. ولن تكون نتائج التحليل صحيحة إلا بقدر ما تكون البيانات المدخلة، بما في ذلك أحكام الخبراء، صحيحة.

ويتألف نهج مونت كارلو من أربع خطوات محددة بوضوح في الشكل 7-3. والخطوتان الأوليان فقط هما اللتان تحتاجان إلى جهد من المستعمل، وأما بقية الخطوات فيتم التعامل معها من خلال البرنامج الحاسوبي. ينبغي إعداد عملية حساب حصر الانبعاث، ودوال توزيع الاحتمالات، وقيم الارتباط في مجموعة برامج مونت كارلو. ويتولى البرنامج الحاسوبي إجراء الخطوات اللاحقة. وفي بعض الحالات قد يقرر القائم على جمع بيانات الحصر إعداد برنامج خاص به لتنفيذ محاكاة مونت كارلو، ويمكن إجراء ذلك باستخدام برامج حاسوبية إحصائية. القسم بعنوان "اختيار تقنية المحاكاة وحجم العينة" أدناه يحتوي على شرح موجز لأنواع البرامج الحاسوبية المختلفة.

[12] منح وينوارتر وريبدال، 2001، إغلستون وآخرون، 1998، موني وآخرون، 2004 أمثلة لمحاكاة مونت كارلو في قوائم الحصر الوطنية لغازات الاحتباس الحراري لتقدير عدم التيقن في مجموع الانبعاثات واتجاهات الانبعاثات. ويوجد مثال آخر لاستعمال تحليل مونت كارلو في ماك كان وآخرون 1994. كما توجد مزيد من التفاصيل والوصف في بيفينغتون وروبنسون 1992، مانلي 1997، مورغتن وهنريون 1990 وكالن وفراي 1999. ويمنح المربع 3.2 مثالا موجزا لتطبيق تحليل مونت كارلو على أساس أوغل وآخرون 2003.

الشكل 6-3 رسم إيضاحي لطريقة مونت كارلو



الخطوة 1: تحديد مستويات عدم التيقن في فئات المصادر، ويشمل ذلك تحديد المتوسط ودوال كثافة الاحتمال لكل معامل انبعاثات ولكل نشاط على السواء وتحديد أي ارتباطات. ويمكن تقدير عدم التيقن باتباع التوجيهات الواردة في القسمين 1-2-3 و2-2-3 . أما بالنسبة للتوجيهات الخاصة بعلاقات الارتباط، أنظر "التبعية والارتباط فيما بين مدخلات الحصر" في هذا القسم وفي المربع 2-3.

الخطوة 2: اختيار المتغيرات العشوائية، اختيار قيم المدخلات. وقيم المدخلات هي القيم المقدرة المطبقة في حساب الحصر. وهذا هو بداية التكرار. لكل عنصر بيانات مدخل يتم اختيار رقما عشوائيا من دالة كثافة الاحتمال الخاصة بهذا المتغير.

الخطوة 3: تقدير الانبعاثات وعمليات الإزالة، تستعمل المتغيرات المختارة في الخطوة 2 لتقدير مجموعات الانبعاثات وعمليات الإزالة السنوية اعتمادا على قيم المدخلات. الارتباط بنسبة 100 في المائة سهل الإدراج أما باقي الارتباطات فتتولى مجموعة برامج مونت كارلو إدماجها. وبافتراض أن حسابات الانبعاث تكون مساوية لتلك المستعملة في تقدير الحصر الوطني فينبغي إذن إدماج إجراء مونت كارلو بالكامل في تقديرات الانبعاثات السنوية.

الخطوة 4: التكرار ومراقبة النتائج، التكرار ومراقبة النتائج يُخزن مجموع الانبعاثات المحسوب في الخطوة 3 في ملف بيانات، ثم تكرر العملية بدءا من الخطوة 2. وتستعمل نتائج التكرار لحساب المتوسط ودالة كثافة الاحتمال.

أوجه عدم التيقن في الاتجاهات في المستوى 2

يمكن استخدام المستوى 2 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 بأنه الفارق المئوي[13] بين سنة الأساس والسنة المعنية (السنة t). ومن ثم يتعين إعداد تحليل مونت كارلو لتقدير السنتين كلتيهما في آن واحد. والإجراء المتبع في ذلك هو ما يلي:

الخطوة 1: تحديد مستويات عدم التيقن في فئات المصادر/البواليع، تحدد دوال كثافة الاحتمال لكل معامل انبعاث ولكل نشاط البارامترات التقدير الأخرى. 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 نسبته 100 في المائة بين معاملات الانبعاث في كلتا السنتين). وفي هذه الحالات، يتم وصف توزيع واحد وتستعمل القيمة المختارة منه في كل سنة أثناء الخطوة 3. ويتغير معامل الانبعاث مع مرور الوقت من 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 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 معلماهما حتى يتم توليد اختيارين عشوائيين مختلفين من هذه التوزيعات في الخطوة 3 . وقد تمكن مجموعة البرمجيات الحاسوبية من إعداد ارتباطات أخرى ويمكن استعمال هذه الإمكانات إذا توافرت معلومات كافية. على أنه يحتمل ألا يلزم القيام بذلك إلا في بضع حالات.

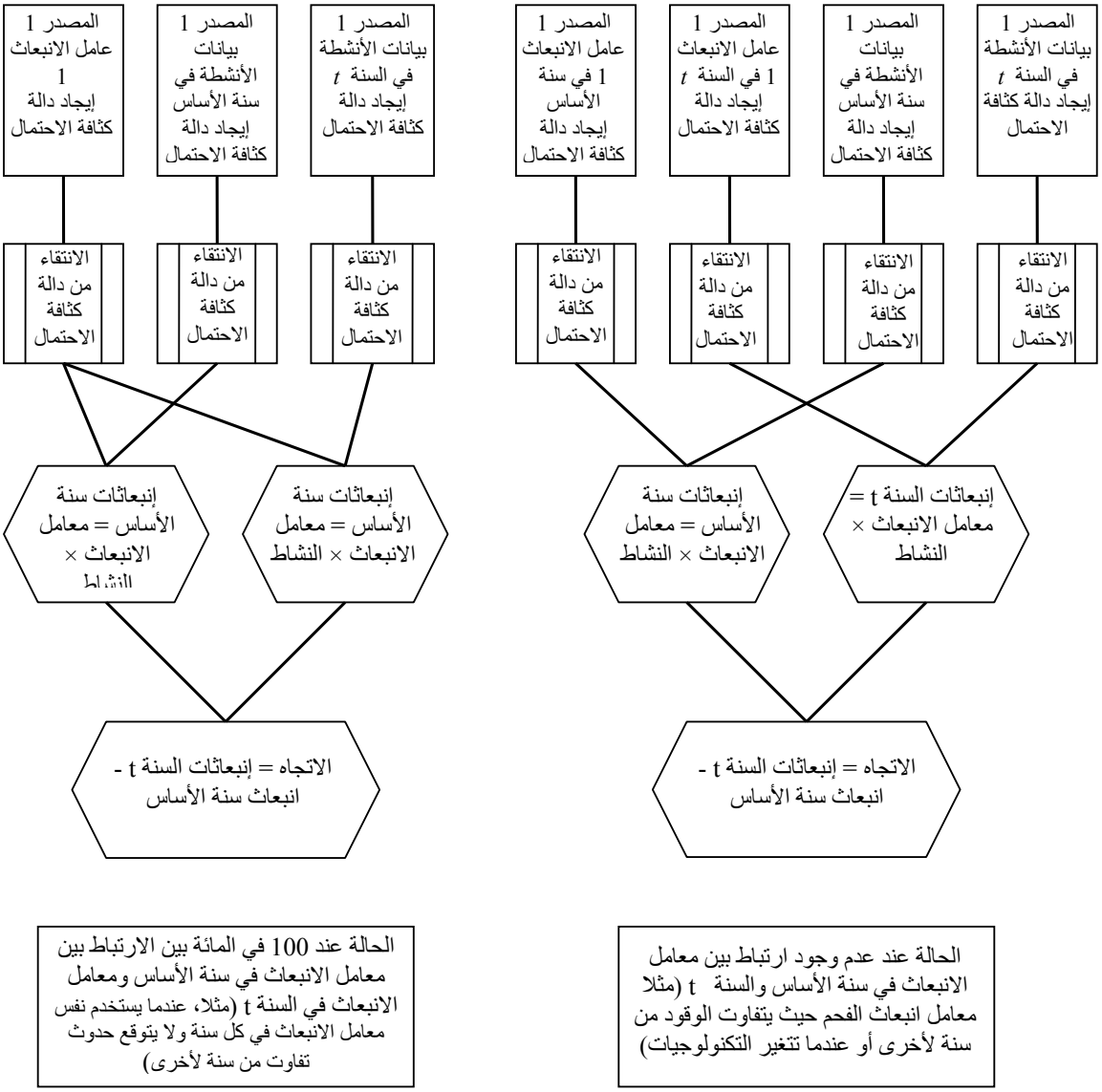
الخطوة 2: اختيار المتغيرات العشوائية، يستمر العمل باستخدام البرنامج الحاسوبي كما جاء من قبل، مع مراعاة ارتباط دوال كثافة الاحتمال. ويبين الشكل 7-3 أدناه مخطط الحساب المتبع في تحليل الاتجاه.

الخطوة 3: تقدير الانبعاثات، تستعمل المتغيرات المختارة في الخطوة 2 لتقدير مجموع الانبعاثات كما سبق بيانه.

الخطوة 4: النتائج، يخزن مجموع الانبعاثات المحسوب في الخطوة 3 في ملف بيانات. ثم تكرر العملية بدءا من الخطوة 2 إلى أن تتقارب النتائج بشكل كاف. وتنطبق على ذلك نفس الاعتبارات السابقة. ويتم تقدير مجموعة النتائج في نفس الوقت، بما في ذلك مجموع الانبعاثات والانبعاثات القطاعية/عمليات الإزالة في سنة الأساس ومجموع الانبعاثات والانبعاثات القطاعية في السنة t، والفروق (الاتجاهات) بينها في المجموع وفي أي قطاعات معنية.

[13] الفارق المئوي = (القيمة في السنة المعنية t - القيمة في سنة الأساس) / القيمة في سنة الأساس

الشكل 7-3 مخطط حساب باستعمال تحليل مونت كارلو لتقدير الانبعاثات المطلقة والاتجاه في فئة واحدة من فئات المصادر باستعمال معامل الانبعاث مضروبا بمعدل النشاط



اختيار أسلوب المحاكاة وحجم عينة المحاكاة

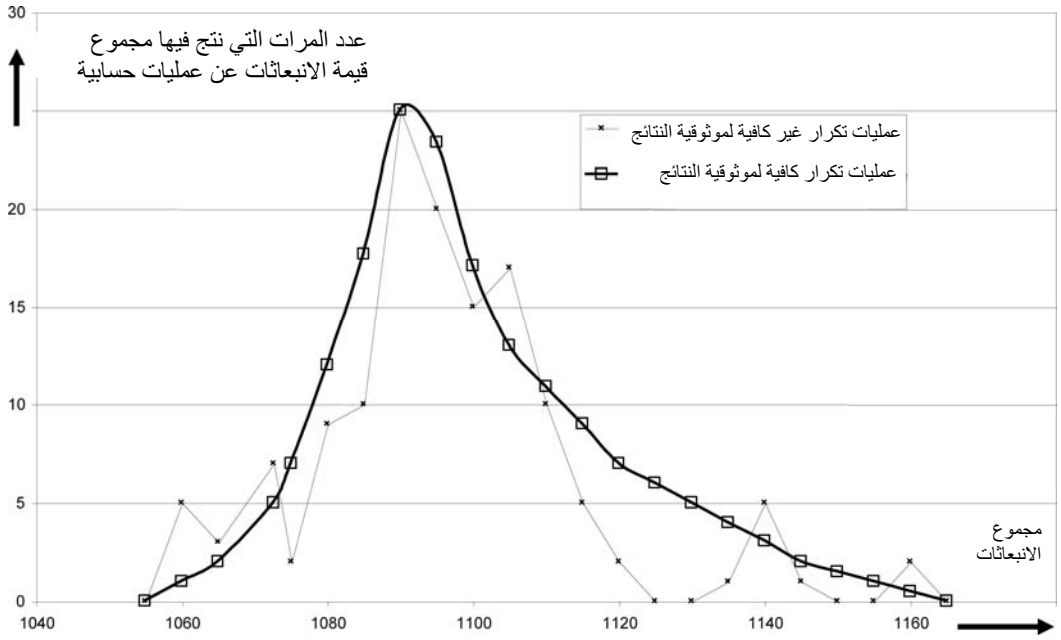
هناك العديد من الأدوات البرمجية المتاحة تجاريا التي يمكن استعمالها لإجراء محاكاة مونت كارلو. هذه الأدوات يمكن استعمالها بشكل مستقل أو كوظيفة إضافية في برامج الجداول الشائعة. وتتيح الكثير من الأدوات البرمجية الحاسوبية مختلف طرق المعاينة، بما في ذلك محاكاة مونت كارلو العشوائية وتغيرات *معاينة المكعب اللاتيني الزائدي*(LHS) . 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 تنطوي عليه معاينة المكعب اللاتيني الزائدي هو أنه يجب أن يحدد سلفا عدد عمليات الإعادة المستخدمة. وعلة 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 أيضا 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[14].

[14] ويوفر كالن وفراي (1999) المزيد من المعلومات حول مقارنة معاينة المكعب اللاتيني الزائدي ومحاكاة مونت كارلو (الصفحات 207-213).

ويمكن تحديد عدد مرات تكرار هذه العملية بطريقتين: إما عن طريق تحديد عدد جولات النموذج مسبقا، كأن تكون مثلا 1000، والاستمرار في إجراء عملية المحاكاة لحين الوصول إلى الرقم المحدد أو عن طريق السماح للمتوسط بالوصول إلى نقطة ثابتة نسبية قبل إنهاء المحاكاة. فمثلا، عندما يكون الرقم المقدر لنطاق ثبات 95 في المائة ما بين $\pm$ 1 في المائة يكون قد تم العثور على نتيجة ثابتة نسبيا. وينبغي "تمليس" هذا المنحنى بالقدر المعقول (أنظر الشكل 8-3).

وهناك حل آخر بديل هو تقدير دقة عدد مرات التكرار الحالي اعتمادا على الأخطاء المعيارية للقيم المئوية المستعملة لوضع فترات الثقة 95 في المائة. فإذا كان نطاق فترة الثقة لكل مئوي (2.5 و97.5) أقل من الدقة المبلغ عنها ينبغي إذن أن يكون عدد مرات التكرار مناسب (مثلا، تم الإبلاغ عن قيم انبعاثات بعدد واحد بعد الكسر العشري وكانت نسبة فترات الثقة المئوية أقل من 0.1، حوالي 0.005). وعلى ذلك فإن التقديرات المئوية لمحاكاة مونت كارلو لن تتغير في الأعداد المبلغ عنها للتقديرات الأخرى ذات عدد مرات تكرار مساو.

الشكل 8-3 مثال لمخططات نتائج محاكاة مونت كارلو



3-2-3-3 الجمع بين المقترب 1 والمقترب 2

يمكن في بعض عمليات الحصر استخدام المقترب 1 لأغلب فئات المصدر والبالوعة. يمكن مثلا تقدير كمية العديد من المصادر والبواليع بواسطة معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة ولكن في بعض المصادر يحتاج الأمر لاستعمال نموذج أو إجراء حسابي أكثر تعقيدا. علاوة على ذلك فقد يمثل الترابط عنصرا هاما في بعض الفئات عن غيرها أو يكون نطاق عدم التيقن كبيرا في بعض الفئات عن البعض الآخر. ففي هذه الحالات يعتبر الأسلوب المعتمد على محاكاة مونت كارلو أكثر مرونة وعادة ما يمنح نتائج أفضل.

فإذا أكمل القائم على جمع بيانات الحصر المقترب 2 لمجموعة فئات فرعية فقط يمكنه بعد ذلك جمع النتائج التي توصل إليها باستعمال المقترب 1 ليحصل على تقدير عدم التيقن في مجموع الانبعاثات الوطنية والاتجاه. ويحقق ذلك بإدخال المعلومات بمستوى مجزأ إذا لم يحول الترابط دون ذلك في المقترب 1. وإذا كان هناك ترابط هام بين الفئات الفرعية يمكن معالجة كل فئة فرعية على حدة داخل المقترب 2 ولكن تعالج كمجموعة في المقترب 1. وفي الحالة الأخيرة يدخل مجموع الانبعاثات لمجموعة الفئات الفرعية في سنة الأساس والسنة المعنية t في العمودين C وD في جدول المقترب 1. ويتم إدخال نتائج التحليل بالمقترب 2 لعدم التيقن في مجموع انبعاثات السنة المعنية t في العمود G. وتدخل نتائج التحليل بالمقترب 2 للمساهمة في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية في العمود M. كما يمكن تجميع المساهمات في عدم التيقن المقترن بالفئات المعنية مع الفئات الأخرى باستعمال قاعدة انتشار الخطأ في المقترب 1.

وفي بعض الحالات يمكن تقدير أغلب كمية عدم التيقن في حصر الفئة حسب المقترب 2 وعدد قليل من التقديرات حسب المقترب 1. ويمكن إدخال تقديرات المقترب 1 لعدم التيقن في بعض الفئات في منهجية المقترب 2 لتجميع عدم التيقن لعملية الحصر ككل. ويتم ذلك باستعمال نصف نطاق عدم التيقن الحاصل من المقترب 1 لتحديد نموذج دالة كثافة احتمال ملائمة لتمثيل عدم التيقن لكل فئة كجزء من محاكاة مونت كارلو. وعادة ما يكون التوزيع الطبيعي هو الاختيار المعقول إذا كان نطاق عدم التيقن صغير بالقدر الكافي ويكون التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي غالبا هو الملائم إذا كان نطاق عدم التيقن كبيرا. أنظر أيضا القسم بعنوان التعامل مع مقادير عدم تيقن كبيرة وغير متناظرة في نتائج المقترب 1 في القسم الفرعي 3-2-3-1 بالتحديد لمزيد من المناقشة للتقديرات الطبيعية مقابل الطبيعية اللوغاريتمية.

3-2-3-4 مقارنة المقتربات

تم عرض مقتربين لتحليل عدم التيقن، وهما:

- *المقترب 1:* تقدير أوجه عدم التيقن حسب فئات المصادر من خلال المعادلتين 1-3 و2-3 والضم البسيط لأوجه عدم التيقن حسب فئات المصادر للحصول على تقدير إجمالي لعدم التيقن في سنة واحدة وعلى عدم التيقن في الاتجاه.
- *المقترب 2:* 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 المقترب 1 لضم قيم عدم التيقن المقترنة ببيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث التي يكون لها توزيعات احتمالية شديدة الاتساع أو غير طبيعية أو كلتاهما. ويمكن لهذا النهج أن يساعد أيضا على التعامل مع فئات المصادر في المقترب 1 المقدرة باستعمال نماذج العملية بدلا من استخدام العملية التقليدية لحساب "معامل الانبعاث مضروبا في بيانات الأنشطة". ويتناول القسم 5-3-2-3 أدناه الاختيار بين الطرق المتبعة.

نستطيع التعرف على 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 1 أو المستوى 2.

ويشير تطبيق المقترب 2 على قائمة الحصر في المملكة المتحدة (باغوت وآخرون، 2005) إلى عدم تناظر مجال الثقة البالغة 95 في المائة وإلى أنه ينحصر بين نحو 6 في المائة و17 في المائة فوق المتوسط المقدر في عام 2003. وتأخذ نتيجة الحصر في المملكة المتحدة في الاعتبار اتساع مدى عدم التيقن النسبي المقترن بتدفق أكسيد النتروز من التربة وكذلك المساهمة الكبيرة لمجموع انبعاثات احتراق الوقود الأحفوري. ويشير تطبيق المقترب 1على نفس الحصر إلى وجود نسبة عدم تيقن بنحو ±17 في المائة. ويشير الاتجاه في الفترة بين 1990 و2003 إلى أن مقابل صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في المملكة المتحدة قد انخفض بنحو 13 في المائة. ويشير تطبيق المقترب2 إلى أن فترة الثقة البالغة 95 في المائة متناظرة تقريبا وأنها تنحصر بين -11 في المائة و-16 في المائة. ونحصل من النتيجة المقابلة للمقترب1 على نطاق بنحو ± 2 في المائة (أي بين -11 في المائة إلى -15 في المائة). على أن كلتا الطريقتين تعطيان قيما متشابهة لعدم التيقن في الاتجاه.

وفي حالة فنلندا، كما يوضح القسم 6-3 فإن مقدار عدم التيقن لعام 2003 (بما فيه مصادر وبواليع غازات الاحتباس الحراري) يتراوح بين -14 إلى +15 في المائة بحسب المقترب 2 و± 16 في المائة بحسب المقترب 1. وبالنسبة لفنلندا فإن تغيرات الكربون في قطاع الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى هي المصادر المهيمنة في عدم التيقن بينما أنواع الوقود الأحفوري تساهم في مجموع الانبعاثات بنصيب كبير. وبالنظر إلى أن التقريبات الملازمة للمقترب 1 تعني عدم إمكانية التعامل مع عدم التناظر فإن إجراء هذه المقارنة سيكون مشجعاً. ويكمن السبب العملي لعدم التناظر المحدد في إطار المقترب 2 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 كثيراً. ويمكن لطريقة المقترب 2 أن تستفيد من هذه المعرفة الإضافية، بيد أن طريقة المقترب 1 لا يمكنها ذلك. وفيما يتعلق بالاتجاهات فيما بين السنوات 1990 و2003 فإن مقدار عدم التيقن في فنلندا ينحصر بين -18 و+23 في المائة (نقاط مئوية) حسب المقترب 1 بينما ينحصر بين 2 و±19 في المائة (نقاط مئوية) حسب المقترب 1.

تم إجراء تقييم مستقل للمستوى 1 والمستوى 2 لحالات الدراسة المعتمدة على بيانات الحصر الصناعية وأظهرت النتيجة اتفاق ممتاز عندما تم استعمال نفس مجموعة مدخلات التقدير وعندما كانت مقادير عدم التيقن صغيرة نسبيا (فراي، 2005). فعلى سبيل المثال، في حالة الدراسة التي يمنح فيها المستوى 1 تقديرا بنحو ± 6 في المائة في حصر السنة الجارية و± 10 في المائة في الاتجاه (من حيث النقاط المئوية بالنسبة لتغير المتوسط المئوي) فإن النتائج التي يتم الحصول عليها بواسطة المقترب 2 لنفس مدخلات التقدير لا تختلف بالمرة. فعلى سبيل المثال، في حالة الدراسة التي يمنح فيها المقترب 1 تقديرا بنحو ± 6 في المائة في حصر السنة الجارية و± 10 في المائة في الاتجاه (من حيث النقاط المئوية بالنسبة لتغير المتوسط المئوي) فإن النتائج التي يتم الحصول عليها بواسطة المقترب 2 لنفس مدخلات التقدير لا تختلف بالمرة. فمقدار عدم التيقن في الاتجاه يكون تقريبا ±20 في المائة في الحالتين. إلا أن عدم التيقن في الاتجاه يكون غير متناظر بقدر ضئيل في نتيجة المقترب 2، التي تتراوح بين -19 في المائة و+22 في المائة. وبالتالي وبما أن نطاقات عدم التيقن تميل إلى الزيادة فإنه يتوقع أن يكون المقترب 2 أكثر ملائمة لتوصيف النطاق والتواء عدم التيقن عن المقترب 1.

وعلى الرغم من أن كلا المقتربين1 و2 يركزان على انتشار عامل العشوائية في عدم التيقن عبر النموذج إلا أنه من *الممارسة السليمة* الجمع بين الأسلوبين للتعامل مع عدم التيقن المقترن بالنموذج في أي من المقتربين. ويوجد مثال على كيفية التعامل مع عدم تيقن النموذج في سياق المستوى 3 في المربع 3-3.

كما أنه على الرغم من اعتماد المقترب 1 على تقديرات مبسطة فمن الممكن زيادة مرونة المقترب عن طريق زيادة درجة تعقيد معادلات نشر الأخطاء. فمثلا يمكن لمعادلات نشر الأخطاء التي تحتوي على بنود إضافية أن تنشر عدم التيقن بدقة في نماذج الضرب والقسمة وفي حالات التواء عدم التيقن.

المربع 3-3
التعامل مع عدم التيقن المقترن بالنموذج في تحليل الاحتمالات

مقترب المستوى 3 القائم على النماذج مصمم بطريقة تضمن المرونة مما يسمح بإجراء عمليات حصر وطنية بالاستعانة بنموذج أكثر دقة في تمثيل الظروف الوطنية عن المستوى 1 أو المستوى 2، وتعتبر من *الممارسة السليمة* توصيف أوجه عدم التيقن المقترنة بمدخلات النموذج وهيكله. ويتعلق عدم التيقن المقترن بالمدخلات أساسا ببيانات الأنشطة وأحيانا بالمعلومات الإضافية الأخرى التي يحتاج إليها لوصف الإعدادات البيئية مثل المناخ وخصائص التربة في حالة قطاع الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى. ويعزى بعدم التيقن في النموذج إلى عدم اكتمال اللوغاريتمات والبارامترات. وعادة ما تستعمل المقتربات المعتمدة على التجربة في تقدير عدم التيقن الهيكلي (مونتي وآخرون، 1996). ويشمل هذا المقترب مقارنة تقديرات الانبعاثات المعتمدة على النماذج بالقياسات التي تتم عن طريق التجربة أو من شبكة المراقبة الوطنية التي يتم تصميمها للمصادقة على قوائم الحصر المعتمدة على النماذج وتوصيف كل من التحيز والتغير في قيم النماذج (فالون وسميث، 2003).

يمكن استعمال علاقة مشتقة إحصائيا لتحديد حجم عدم التيقن المقترن بخطأ النموذج الهيكلي في عملية الحصر بالمستوى 3 وتوصيف عدم الدقة على أساس تقدير التغير أو على أساس قياس مشابه مثل خطأ المتوسط بالجذر التربيعي وأيضا لمعالجة أوجه التحيز المعتمدة على الاختلافات الإحصائية الواضحة بين النموذج والقيم المقاسة (فالون وسميث 2003). عمليا، ينبغي ضبط الانبعاثات المقدرة بحسب النماذج من حيث التحيز بشكل يجعلها تعبر بدقة أكثر عن الانبعاثات تحقيقا لأغراض الإبلاغ. كما أن العلاقة المشتقة إحصائيا قد تسفر عن مقياس للتغيرية في كل حالة قد تتصل بقيم النماذج تماما مثل عدم التيقن المقترن بمعاملات الانبعاث في المقتربين 1 و2. ولإتمام التقدير ينبغي جمع عدم التيقن في مدخلات النموذج، كبيانات الأنشطة مثلا، مع عدم التيقن المقترن بهيكل النموذج عن طريق استعمال معادلات انتشار الأخطاء أو مقترب مونت كارلو.

3-2-3-5 توجيهات اختيار المقترب

عندما تتحقق شروط التطبيق (عدم تيقن منخفض نسبيا، عدم ارتباط بين المصادر فيما عدا تلك التي يتم معالجتها صراحة بالمقترب 1) يمنح المقترب 1 والمقترب 2 نفس النتائج. غير أنه من المفارقة أن هذه الشروط تتحقق باستعمال أساليب المستوى 2 والمستوى 3 بشكل موسع وتطبيقها جيدا في الحصر. يعزى ذلك إلى أن هذه الأساليب هي التي تمنح النتائج الأكثر دقة وأحيانا الأكثر ضبطا. غير أنه لا يوجد علاقة ارتباط نظرية بين اختيار المقترب واختيار المستوى. وعمليا، عندما يتم تطبيق أساليب المستوى 1 عادة ما يستعمل معها المقترب1 بينما يعتبر تطبيق المقترب 2 أكثر احتمالا عند استعمال أساليب المستوى 2 و3 وعند تقدير عدم التيقن في الانبعاثات/عمليات الإزالة للأنظمة المعقدة مثل قطاع الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى.

عندما يختار المقترب 2 كجزء من أنشطة ضمان ومراقبة الجودة نشجع وكالات الحصر على تطبيق المقترب 1 بسبب الرؤية الواضحة التي يمنحها إضافة إلى أنه لا يحتاج لجهد إضافي كبير. وفي الحالات التي يستعمل فيها المقترب 2 ينبغي تفضيل تقديرات عدم التيقن الكلي التي يمنحها عند الإبلاغ عن عدم التيقن (أنظر القسم 3-3-2-3).

3-3 عدم التيقن والترابط الذاتي الزمني

عندما تختلف معاملات الانبعاث ومصادر بيانات الأنشطة أو طرق التقدير داخل المتسلسلات الزمنية قد تختلف أيضا مصادر عدم التيقن المقترنة بها. يستطيع المقترب 2 اعتبار هذه المسائل بشكل جيد عند تحديد عامل دوال كثافة الاحتمال. في المقترب 1 ينبغي إدخال نسب عدم التيقن المئوية الحالية في الجدول وفي الحالات التي تدل فيها تغيرات المتسلسلات الزمنية على عدم وجود ارتباط تام بين أوجه عدم التيقن عبر السنوات في معاملات الانبعاث ينبغي استعمال الحساسية من النوع ألف بدلا من الحساسية من النوع باء. أما إذا كانت البيانات السنوية مترابطة تماما فعادة ما يكون الاختلاف أقل عند مقارنة سنتين فيما بينهما عما إذا لم يكن هناك ترابط بين السنوات بافتراض أن الترابط الذاتي ذو قيمة موجبة.

قد يحيل استعمال المتسلسلات الزمنية للمقارنة بين الانبعاثات فيما بين السنين في السنة المعنية t مقارنة بسنة الأساس على النحو الذي ورد في الجدول 2-3 وفي جدول الإبلاغ العام 3 كما يمكن أن يحيل إلى مجموعة واسعة من المنهجيات الإحصائية فيما يتعلق بالأخذ في عين الاعتبار الترابط الزمني. وانطلاقا من التفسير السابق يمكن استعمال تقنيات المتسلسلات الزمنية للأخذ في الاعتبار بشكل أفضل الترابط فيما بين السنين بهدف تقليل مقدار عدم التيقن. مثلا، إذا كانت الانبعاثات تختلف بسرعة عبر الزمن كما في حالة انبعاثات مصانع الطاقة فقد تتأثر انبعاثات فترة زمنية محددة بانبعاثات الفترة الزمنية التي سبقتها مباشرة وكذلك بانبعاثات النقاط السابقة في الدورة. فقد يحتاج مصنع الطاقة مثلا لفترة زمنية طويلة نسبيا لكي يصل لتغير واضح في طاقة التشغيل. وعلى ذلك فإن الانبعاثات في الساعة الجارية مقيدة نوعا ما إذ أنها تتوقف على مقدار انبعاثات الساعة السابقة. إضافة إلى ذلك فقد يخضع مصنع الطاقة لتغيرات يومية في طاقة التشغيل وقد تكون متشابهة من يوم للذي يليه. وبالتالي فإن انبعاثات ساعة ما في اليوم قد تكون مرتبطة بانبعاثات ساعة معينة في اليوم السابق. وبنفس الشكل قد يكون هناك دورات موسمية أطول من سنة للسنة التالية مثلا تؤدي إلى وجود ترابط زمني. ويمكن مطابقة أساليب المتسلسلات الزمنية الإحصائية لعينة ملائمة من البيانات التجريبية بهدف شرح هذا الترابط الزمني. ويشار لقسم استجابة النموذج غير المفسر بالعشوائية أو "الضجة البيضاء". يستخدم تعبير *الضجة البيضاء* للإشارة إلى عدم التيقن في القدرة على التنبؤ بنتيجة الانبعاثات. وقد منح عبد العزيز وفراي (2003) مثالا مفصلا لتطبيق نماذج المتسلسلات الزمنية على تقدير الانبعاثات.

3-4 استعمال تقنيات أخرى ملائمة

إن التوجيهات المبينة في هذا الفصل لا تهدف إلى إعاقة استعمال طرق التحسين الأخرى. فعندما مثلا يستعمل المستوى 1 قد يأمل القائم على جمع بيانات الحصر في اشتقاق مقترب مماثل من معادلات انتشار الخطأ من أجل حساب علاقات ارتباط أكثر تعقيدا أو لتقدير الاختلافات في نطاقات عدم التيقن في السنة المعنية (السنة t) مقارنة بسنة الأساس. وتتسق هذه التحسينات مع *الممارسة السليمة* طالما أنها موثقة بشكل ملائم ومبررة. كما أن هذا المستند لا يغطي كافة الحالات التي يمكن أن يواجهها المحلل. وبالتالي فإننا نشجع القائم على جمع بيانات الحصر على الرجوع إلى المراجع المذكورة في نهاية الفصل للحصول على اقتراحات إضافية بشأن كيفية إجراء تحليلات عدم التيقن.

3-5 التوثيق والإبلاغ

من المتوقع أن يبذل مجهود كبير في جمع البيانات والمعلومات لتقدير أوجه عدم التيقن واستعمال نموذج للجمع بينها في البارامترات والفئات وعملية الحصر ككل. إلا أن جميع الجهود المبذولة قد لا تؤتي إلا بفائدة ضئيلة لبلد الحصر إذا لم تتخذ الإجراءات اللازمة للإبلاغ وتوثيق نتائج تقدير أوجه عدم التيقن مما يضمن تحسين جودة البيانات التي يتم جمعها والحصر ككل. إن تضمين الجهود التي يبذلها بلد الحصر لتقدير أوجه عدم التيقن في استعمال تحريات جودة البيانات في إطار نظام ضمان ومراقبة الجودة الخاص به من شأنه أن يساعد في حل هذه المشكلة.

وبالنظر إلى الحجم الهائل للمدخلات والتقديرات اللازمة لتوثيق تحليل عدم التيقن فمن غير الممكن عمليا الإبلاغ عن كافة المعلومات. إلا أن المعلومات المبلغ عنها يجب أن تكون كافية لتوفير التقديرات الأساسية واختيار الأساليب والنتائج بالتفصيل. وينبغي أن تكون الوثائق كافية للمساعدة على تقييم تقديرات الانبعاثات وتمكن من استنساخ تقديرات أوجه عدم التيقن. وينبغي على وجه الخصوص أن تركز إجراءات التوثيق على القضايا التالية (بما أنها تتعلق بمتغيرات محددة):

- تحديد أسباب عدم التيقن الموثقة (أنظر الجدول 1-3).
- تحديد الأساليب المستعملة لتوثيق عدم التيقن (أنظر الجدول 1-3).
- تحديد مصادر البيانات أو النماذج المستعملة كأساس لتقدير عدم التيقن.
- ومن أجل تقدير التحيز ينبغي شرح حجم الخطأ المعبر عنه على أساس نسبي أو مطلق أيهما أنسب (تحديد القاعدة المستعملة ومنح الوحدات الصحيحة).
- فإذا تم تقدير أوجه عدم التيقن على أساس البيانات، ينبغي شرح كيفية تمييز عدم التيقن من التغيرية وكيفية توصيف المنطقة الجغرافية المناسبة ومتوسط الزمن (سنوي على سبيل المثال) وغير ذلك من الاعتبارات التمثيلية التي تؤثر على اختيار البيانات وتحليلها. منح عرض موجز للبيانات نفسها بما في ذلك المتوسط والانحراف المعياري للعينة وحجم العينة. منح تفاصيل إضافية بحسب الحاجة حيثما تكون البيانات مقسمة إلى طبقات أو حيثما تحتوي على عناصر عدم تيقن أخرى (أي دقة وضبط أساليب القياس المستعملة للحصول على البيانات).
- وعند تقدير الخطأ العشوائي في شكل أو نطاق التوزيع ينبغي توفير المعلومات الكافية لتحديد النطاق بشكل خاص (أي التفاوت النسبي الموجب أو السالب بالنسبة للمتوسط معبرا عنه بالنسبة المئوية أو معاملات كثافة الاحتمال).
- ولتقدير أوجه عدم التيقن على أساس أحكام الخبراء ينبغي توثيق وحفظ المعلومات التالية:
  I. الرقم المرجعي للحكم
  II. التاريخ،
  III. إسم الخبير المعني أو الخبراء المعنيين،
  IV. خلفية الخبير أو الخبراء (المراجع والأدوار، إلخ...)،
  V. الكمية موضوع الحكم،
  VI. الأساس المنطقي للحكم، بما في ذلك كل ما يؤخذ في الاعتبار من بيانات. ينبغي أن يشمل ذلك القيمة الترجيحية العليا والنهاية الدنيا والاتجاه المتوسط لتوزيع عدم التيقن،
  VII. التوزيع الاحتمالي أو النطاق وأرجح قيمة والتوزيع الاحتمالي الذي يتم الاستدلال عليه لاحقا،
  VIII. تحديد أي مراجعين خارجيين،
  IX. نتائج أي مراجعة خارجية،
  X. موافقة القائم على جمع بيانات الحصر وتحديد التاريخ والشخص،
- شرح علاقات الارتباط أو التبعية التي تحسب بين مدخلين أو أكثر أو تقترن بالارتباط الذاتي.
- شرح أي اعتبارات خاصة قد تتعلق ببلد بعينه أو بحالة معينة مثل استعمال التقنيات الإحصائية المختلفة للتعامل مع حالات عدم الرصد أو التوزيعات المختلطة أو الاستقراء، إلخ...

- شرح الاختلافات بين نتائج المستوى 1 والمستوى 2.

وعلاوة على توثيق جميع المعلومات المطلوبة لإعداد تقديرات أوجه عدم التيقن المقترن بالبيانات المدخلة في الحصر ينبغي توفير الوثائق اللازمة حول المقترب العام وما إذا كان معتمدا أساسا على المستوى 1 أو المستوى 2. وعند إجراء تعديلات في المستوى ينبغي شرحها وتبريرها.

وتملي عملية الإبلاغ عن أوجه عدم التيقن مناقشة حدود وثغرات تقديرات عدم التيقن كمياً التي يعتقد أنها تؤثر على عدم استيفاء جميع أسباب عدم التيقن. وأثناء عملية جمع البيانات حول مدخلات تقدير عدم التيقن (أي التجريب أو أحكام الخبراء كأساس لدوال كثافة الاحتمال والتوصيف المنهجي وعدم التيقن المقترن بالنموذج) ينبغي توثيق أرجح أسباب عدم التيقن بما فيها التحيزات المحتملة. وينبغي توثيق هذه الأسباب المرجحة سواء تم تحديد كميات خاصة بها أو لم يتم ذلك وينبغي أيضا أن يشمل التوثيق أي توصيات خاصة متوفرة حول كيفية تخفيضها.

وبنفس الشكل، ينبغي عند الإبلاغ وتفسير النتائج إنطلاقا من تقدير عدم التيقن الكمي أن نضع في الاعتبار حدود المقترب المستعمل لجمع أوجه عدم التيقن. فعلى سبيل المثال، على الرغم من أن طريقة المستوى 1 تسمح بتوصيف بعض أسباب الارتباط إلا أنه ينبغي توثيق أشكال التحيز الممكنة المقترنة بأسباب الارتباط (بين الفئات مثلا) التي يتم التعرف عليها خلال تقدير عدم التيقن.

الجدول 3-3 هو جدول شامل للإبلاغ عن عدم التيقن في الحصر بغض النظر عن المقترب المتبع. وإذا اختلفت قيمة تقدير النقطة عن تقدير متوسط الانبعاثات أو عمليات الإزالة فمن *الممارسة السليمة* أن يتم تقدير نطاق عدم التيقن الوارد في الأعمدة E وF وG وJ مقارنة بتقديرات النقطة المستعملة عند الإبلاغ بقائمة الحصر. فإذا اختلف تقدير النقطة عن تقديرات المتوسط يكون من الأنسب البحث عن سبب هذا الاختلاف وإعادة تقدير النقطة لأجل التعرف على التحيز وتقديره.

الجدول 3-3
جدول الإبلاغ العام عن عدم التيقن

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	الغاز	الانبعاثات/ا لإزالة في سنة الأساس	الانبعاثات/ا لإزالة في السنة *t*	عدم التيقن المقترن ببيانات الأنشطة		عدم التيقن المقترن بمعامل الانبعاثات/الإزالة (مجمع في حالة استعمال أكثر من معامل تقدير)		مجموع عدم التيقن		المساهمة في تغيرية السنة المعنية *t*	اتجاه الحصر في الانبعاثات الوطنية للسنة المعنية *t* يزداد عن سنة الأساس	عدم التيقن المدخل في الاتجاه في مجموع الانبعاثات الوطنية بالنسبة لسنة الأساس		المقترب والتعليقات
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	% (-)	% (+)	% (-)	% (+)	% (-)	% (+)	(الكسر)	(النسبة المئوية لسنة الأساس)	% (-)	% (+)	
مثال 1-A-1 وقود صناعة الطاقة 1	ثاني أكسيد الكربون													
مثال 1-A-1 وقود صناعات الطاقة 2	ثاني أكسيد الكربون													
إلخ...	...													
المجموع										1.000				

ملاحظات:

العمود C: يحتوي على تقديرات حصر فئات المصادر والغازات المعينة في سنة الأساس ويعبر عنها بالجيغا جرام لمكافئات ثاني أكسيد الكربون.

العمود D: يحتوى على تقديرات حصر فئات المصادر والغازات المعينة في السنة *t* ويعبر عنها بالجيغا جرام لمكافئات ثاني أكسيد الكربون. السنة *t* هي السنة المعنية أو السنة الجارية.

العمودان E **و**F:حتويان على مقادير عدم التيقن المتعلقة ببيانات الأنشطة ومعاملات الانبعاث على التوالي (العمود E والعمود F) إلا أنه من المفهوم أن بعض أساليب الحساب الخاصة بفئات معينة قد لا تتسق مع هذا النوع من الإبلاغ. وبالتالي عندما لا تتوافر المعلومات يمكن ترك الخانة بيضاء في الجدول.

العمود G: يحتوي على مقادير عدم التيقن حسب فئات المصادر مقارنة بتقدير المتوسط حتى وإن كانت أوجه عدم التيقن لا يمكن فصلها بحسب النشاط ومعامل الانبعاث في حالات معينة. في نهاية الجدول يتم الإبلاغ عن عدم التيقن في مجموع الحصر. يتم الحصول على هذا المجموع بواسطة حسابات المقترب 1 أو 2 وليس بمجرد جمع كميات الأعمدة.

العمود H: للإبلاغ عن المساهمة في عدم التيقن ويقدر بقسم تغيرية كل فئة بمجموع تغير الحصر ($\sigma_x^2/\sum\sigma_x^2$). إذا ما تم استعمال المقترب 1 يتم الحساب بقسم كل رقم في العمود H في الجدول 2-3 على القيمة في نفس العمود وفي سطر "المجموع" في الجدول 2-3. المنهج العام الذي ينبغي اتباعه عند استعمال المستوى 2 وعندما يكون عدم التيقن غير تناظري يرد في القسم 3-2-3.

العمود I: الإبلاغ عن اتجاه الحصر، ويعبر عنه كالتالي:

$$\text{Mean Trend (\%)} = \left(\frac{\text{Year } t \text{ emissions} - \text{Base year emissions}}{\text{Base year emissions}} \right) \bullet 100 .$$

ويبلغ بشكل منفصل عن كل فئة في سطر ويبلغ عن مجموع الحصر في نهاية العمود.

العمود J: هو عمود تقدير عدم التيقن بحسب الفئات. وينبغي في "المجموع" في نهاية الجدول منح مجموع عدم التيقن في اتجاه الحصر ككل. ويعتمد عدم التيقن في الاتجاه على *النقاط المئوية* المرتبطة باتجاه الحصر. على سبيل المثال، إذا كان اتجاه الحصر -5 في المائة وكان نطاق عدم التيقن في الاتجاه ما بين -8 و -3 في المائة ينبغي حينئذ الإبلاغ عن عدم التيقن في الاتجاه بقيمة تتراوح بين -3 إلى +2 في المائة.

العمود K: يحدد المقترب المستعمل 1 أو 2 ويشمل التعليقات الأخرى التي تساعد في توضيح المنهجية أو مصادر المعلومات.

التعليقات العامة على الأعمدة E **و**F **و**G **و** J: لكل عمود من هذه الأعمدة تم توفير عمودين فرعيين لتسهيل الإبلاغ عن نطاقات عدم التيقن غير المتناظرة. فعلى سبيل المثال، إذا كان نطاق عدم التيقن بين -50 في المائة و+100 في المائة، ينبغي حينئذ الإبلاغ بالرقم 50 في العمود الفرعي المعنون "(-) %" وينبغي الإبلاغ عن القيمة "100" في العمود المعنون "(+) %".

3-6 أمثلة

يعرض هذا القسم مثالين لتقدير أوجه عدم التيقن في الحصر يعتمد كلاهما على عملية حصر غازات الاحتباس الحراري التي قامت بها فنلندا عام 2003. المثالان من الأمثلة الخاصة بالبلد نقدمهما هنا بغرض إيضاح الإجراءات والرؤى العامة. وتختلف تقديرات عدم التيقن الخاصة والنتائج من بلد لآخر.

يعتمد المثال الموضح في الجدول 4-3 على المقترب 1 وتم التعبير عنه حسب الشكل العام لورقة العمل (الجدول 3.2). وتظهر النتائج أن صافي الانبعاثات في السنة المعنية *t* وهي 2003 في المثال الذي نحن بصدده يساوي 67.730 جيغا جرام مكافئ ثاني أكسيد الكربون ويتصل بعدم تيقن ±15.9 في المائة، وهو ما يساوي لنسبة الـ 95 في المائة كنطاق احتمال من 56.970 إلى 78.940 جيغا جرام ثاني أكسيد الكربون. واعتمادا على مجموع حصر سنة الأساس والسنة المعنية *t* المدرج في الجدول، فإن معدل الاتجاه ينم عن زيادة قدرها 42 في المائة في الانبعاثات من 1990 إلى 2003. وتمثل نسبة عدم التيقن في الاتجاه ±19 في المائة (نقطة مئوية) وهو ما يقابل نطاق احتمالية 95 في المائة في الاتجاه من 24 في المائة إلى 61 في المائة بالنسبة لانبعاثات سنة الأساس.

أما المثال الوارد في الجدول 3.5 فيعتمد على المقترب 2 ويظهر في شكل جدول الإبلاغ العام عن عدم التيقن في الجدول 3.3. وتظهر النتائج أن صافي الانبعاثات في السنة المعنية *t* يساوي 67.730 جيغا جرام مكافئ ثاني أكسيد الكربون بنطاق عدم تيقن من -14 إلى +15 في المائة وهو ما يساوي لنطاق احتمالية 95 في المائة أي ما يعادل 58.490 إلى 78.130 جيغا جرام من ثاني أكسيد الكربون. واعتمادا على مجموع حصر سنة الأساس والسنة المعنية *t* المدرج في الجدول، فإن معدل الاتجاه ينم عن زيادة قدرها 42 في المائة في الانبعاثات من 1990 إلى 2003. وتتراوح نسبة عدم التيقن في الاتجاه من -18 إلى +23 في المائة (نقطة مئوية) وهو ما يقابل لنطاق احتمالية 95 في المائة في الاتجاه من 25 في المائة إلى 65 في المائة بالنسبة لانبعاثات سنة الأساس.

ونستخلص من المثالين السابقين أن النتائج التي يتم الحصول عليها من المقترب 1 و2 قد تتشابه إذا كان مقدار عدم التيقن العام صغير نسبيا. غير أن المقترب 2 يتميز بمرونة أكثر مما يسمح بالتحديد الكمي لعدم تناظر نطاقات الاحتمال مثلما في سنة الحصر المعنية *t*.

الجدول 4-3
مثال لحساب المستوى 1 لعدم التيقن لدولة فنلندا (معتمدا على الإحصائيات الفنلندية لعام 2005)
مستوى التجميع وتقديرات عدم التيقن خاصة بفنلندا ولا تعبر عن تقديرات أوجه عدم التيقن المنصوح بها ولا مستوى التجميع للبلدان الأخرى.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات الإزالة في السنة *t***	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**مجموع عدم التيقن**	**المساهمة في التغيرية حسب فئة المصدر/البالوعة في السنة *t***	**الحساسية من النوع ألف**	**الحساسية من النوع باء**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	%	%	%		%	%	%	%	%
A-1 أنشطة احتراق الوقود												
سائل	ثاني أكسيد الكربون	27 232	27 640	2%	2%	3%	0.0001	0.2320	0.5806	0.46%	1.64%	0.03%
صلب	ثاني أكسيد الكربون	15 722	22 753	2%	3%	3%	0.0001	0.0080	0.4780	0.02%	1.08%	0.01%
الغاز	ثاني أكسيد الكربون	5 073	9 350	1%	1%	1%	0.0000	0.0447	0.1964	0.04%	0.28%	0.00%
الخث	ثاني أكسيد الكربون	5 656	10 676	4%	5%	7%	0.0001	0.0552	0.2243	0.28%	1.36%	0.02%
1-A-1 صناعات الطاقة												
سائل	الميثان	6	7	2%	75%	75%	0.0000	0.0000	0.0001	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	26	30	2%	75%	75%	0.0000	0.0001	0.0006	0.01%	0.00%	0.00%
صلب	الميثان	9	16	2%	75%	75%	0.0000	0.0001	0.0003	0.01%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	85	162	2%	50%	50%	0.0000	0.0009	0.0034	0.04%	0.01%	0.00%
الغاز	الميثان	4	9	1%	75%	75%	0.0000	0.0001	0.0002	0.01%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	18	51	1%	50%	50%	0.0000	0.0005	0.0011	0.03%	0.00%	0.00%
الكتلة الحيوية:	الميثان	2	31	20%	50%	54%	0.0000	0.0006	0.0006	0.03%	0.02%	0.00%
	أكسيد النتروز	10	80	20%	150%	151%	0.0000	0.0014	0.0017	0.21%	0.05%	0.00%
الخث	الميثان	5	7	5%	50%	50%	0.0000	0.0000	0.0002	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	141	226	5%	150%	150%	0.0000	0.0005	0.0047	0.08%	0.03%	0.00%
2-A-1 أنشطة التصنيع والتشييد												
سائل	الميثان	9	7	2%	75%	75%	0.0000	0.0001	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	39	41	2%	75%	75%	0.0000	0.0003	0.0009	0.02%	0.00%	0.00%
صلب	الميثان	4	2	2%	75%	75%	0.0000	0.0001	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	108	90	2%	50%	50%	0.0000	0.0013	0.0019	0.07%	0.01%	0.00%

الجدول 4-3 (تابع)
مثال لحساب المستوى 1 لعدم التيقن لدولة فنلندا (معتمدا على الإحصائيات الفنلندية لعام 2005)
مستوى التجميع وتقديرات عدم التيقن خاصة بفنلندا ولا تعبر عن تقديرات أوجه عدم التيقن المنصوح بها ولا مستوى التجميع للبلدان الأخرى.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات الإزالة في السنة *t***	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**مجموع عدم التيقن**	**المساهمة في التغيرية حسب فئة المصدر/البالوعة في السنة *t***	**الحساسية من النوع ألف**	**الحساسية من النوع باء**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	%	%	%		%	%	%	%	%
الغاز	الميثان	5	6	1%	75%	75%	0.0000	0.0000	0.0001	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	17	19	1%	50%	50%	0.0000	0.0001	0.0004	0.01%	0.00%	0.00%
الكتلة الحية	الميثان	20	19	15%	50%	52%	0.0000	0.0002	0.0004	0.01%	0.01%	0.00%
	أكسيد النتروز	111	81	15%	150%	151%	0.0000	0.0016	0.0017	0.24%	0.04%	0.00%
الخث	الميثان	4	3	5%	50%	50%	0.0000	0.0001	0.0001	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	56	29	5%	150%	150%	0.0000	0.0011	0.0006	0.16%	0.00%	0.00%
3-A-1 النقل												
أ. الطيران المدني	الميثان	0.4	0.3	5%	100%	100%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	4	4	5%	150%	150%	0.0000	0.0000	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
ب. النقل البري												
البنزين	الميثان	78	40	1%	50%	50%	0.0000	0.0015	0.0008	0.07%	0.00%	0.00%
السيارات المجهزة بمحولات بالحفز	أكسيد النتروز	32	410	1%	378%	378%	0.0005	0.0076	0.0086	2.89%	0.01%	0.08%
السيارات غير المجهزة بمحولات بالحفز	أكسيد النتروز	59	22	1%	259%	259%	0.0000	0.0013	0.0005	0.34%	0.00%	0.00%
ديزل	الميثان	12	6	1%	50%	50%	0.0000	0.0002	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	68	84	1%	158%	158%	0.0000	0.0003	0.0018	0.04%	0.00%	0.00%
الغاز الطبيعي	الميثان	0.0	2	1%	50%	50%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	0.0	0.0	1%	150%	150%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
ج. السكة الحديد	الميثان	0.2	0.2	5%	110%	110%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	2	1	5%	150%	150%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
د. الملاحة الطافية على سطح الماء												

الجدول 4-3 (تابع)
مثال لحساب المستوى 1 لعدم التيقن لدولة فنلندا (معتمدا على الإحصائيات الفنلندية لعام 2005)
مستوى التجميع وتقديرات عدم التيقن خاصة بفنلندا ولا تعبر عن تقديرات أوجه عدم التيقن المنصوح بها ولا مستوى التجميع للبلدان الأخرى.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات الإزالة في السنة *t***	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**مجموع عدم التيقن**	**المساهمة في التغيرية حسب فئة المصدر/البالوعة في السنة *t***	**الحساسية من النوع ألف**	**الحساسية من النوع باء**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	%	%	%		%	%	%	%	%
بقايا الزيت وزيت الغاز /الديزل	الميثان	0.5	1	10%	100%	100%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	2	3	10%	150%	150%	0.0000	0.0000	0.0001	0.00%	0.00%	0.00%
البنزين	الميثان	7	4	20%	102%	100%	0.0000	0.0001	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	0.4	0.6	20%	151%	150%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
هـ. وسائل نقل أخرى												
البنزين والديزل	الميثان	5	6	30%	58%	50%	0.0000	0.0000	0.0001	0.00%	0.01%	0.00%
البنزين	أكسيد النتروز	1	1	30%	153%	150%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
ديزل	أكسيد النتروز	4	4	30%	153%	150%	0.0000	0.0000	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
1-A-4 قطاعات أخرى												
سائل	الميثان	19	15	3%	75%	75%	0.0000	0.0002	0.0003	0.02%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	56	47	3%	75%	75%	0.0000	0.0007	0.0010	0.05%	0.00%	0.00%
صلب	الميثان	2	0.6	10%	76%	75%	0.0000	0.0001	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	0.5	0.3	10%	51%	50%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
الغاز	الميثان	0.1	0.3	5%	75%	75%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	1	1	5%	50%	50%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
الكتلة الحية	الميثان	282	307	15%	151%	150%	0.0000	0.0020	0.0064	0.30%	0.14%	0.00%
	أكسيد النتروز	56	61	15%	151%	150%	0.0000	0.0004	0.0013	0.06%	0.03%	0.00%
الخث	الميثان	1	1	25%	56%	50%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	1	2	25%	152%	150%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
1-A-5 غير محددة												
سائل	الميثان	2	2	7%	75%	75%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
	أكسيد النتروز	6	9	7%	75%	75%	0.0000	0.0000	0.0002	0.00%	0.00%	0.00%
الغاز	الميثان	0.3	0.4	13%	75%	76%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%

الجدول 4-3 (تابع)
مثال لحساب المستوى 1 لعدم التيقن لدولة فنلندا (معتمدا على الإحصائيات الفنلندية لعام 2005)
مستوى التجميع وتقديرات عدم التيقن خاصة بفنلندا ولا تعبر عن تقديرات أوجه عدم التيقن المنصوح بها ولا مستوى التجميع للبلدان الأخرى.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات الإزالة في السنة *t***	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**مجموع عدم التيقن**	**المساهمة في التغيرية حسب فئة المصدر/البالوعة في السنة *t***	**الحساسية من النوع ألف**	**الحساسية من النوع باء**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	%	%	%		%	%	%	%	%
	أكسيد النتروز	1	2	13%	50%	52%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
1-B الانبعاثات المنفلتة من الوقود												
1-B-2 الزيت والغاز الطبيعي												
a-ii الزيت - التوهج	ثاني أكسيد الكربون	123	63	50%	0%	50%	0.0000	0.0024	0.0013	0.00%	0.09%	0.00%
a-iii-4 الزيت إعادة التكرير	الميثان	8	10	2%	90%	90%	0.0000	0.0000	0.0002	0.00%	0.00%	0.00%
b-iii-4 الغاز الطبيعي – النقل والتخزين	الميثان	4	12	3%	0%	3%	0.0000	0.0001	0.0003	0.00%	0.00%	0.00%
b-iii-5 الغاز الطبيعي - التوزيع	الميثان	0	40	5%	0%	5%	0.0000	0.0008	0.0008	0.00%	0.01%	0.00%
2 العمليات الصناعية واستخدام المنتجات												
2-A-1 إنتاج الأسمنت	ثاني أكسيد الكربون	786	500	2%	5%	5%	0.0000	0.0130	0.0105	0.06%	0.03%	0.00%
2-A-2 إنتاج الجير	ثاني أكسيد الكربون	383	513	2%	3%	4%	0.0000	0.0007	0.0108	0.00%	0.03%	0.00%
2-A.3 و 2.A.4استعمال الحجر الجيري والدولوميت1	ثاني أكسيد الكربون	99	148	7%	9%	11%	0.0000	0.0002	0.0031	0.00%	0.03%	0.00%
2-A.3 و 2.A.4استعمال رماد الصودا1	ثاني أكسيد الكربون	18	20	7%	2%	7%	0.0000	0.0001	0.0004	0.00%	0.00%	0.00%
2-B-2 إنتاج حامض النيتريك	أكسيد النتروز	1 595	1 396	5%	100%	100%	0.0004	0.0184	0.0293	1.84%	0.21%	0.03%

الجدول 4-3 (تابع)
مثال لحساب المستوى 1 لعدم التيقن لدولة فنلندا (معتمدا على الإحصائيات الفنلندية لعام 2005)
مستوى التجميع وتقديرات عدم التيقن خاصة بفنلندا ولا تعبر عن تقديرات أوجه عدم التيقن المنصوح بها ولا مستوى التجميع للبلدان الأخرى.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات الإزالة في السنة *t***	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**مجموع عدم التيقن**	**المساهمة في التغيرية حسب فئة المصدر/البالوعة في السنة *t***	**الحساسية من النوع ألف**	**الحساسية من النوع باء**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	%	%	%		%	%	%	%	%
2-B-8-b الإيثيلين	الميثان	4	5	5%	20%	21%	0.0000	0.0000	0.0001	0.00%	0.00%	0.00%
2-B-10 أخرى	ثاني أكسيد الكربون	60	147	12%	5%	13%	0.0000	0.0013	0.0031	0.01%	0.05%	0.00%
2-C-1 إنتاج الحديد والفولاذ	الميثان	5	9	3%	20%	20%	0.0000	0.0000	0.0002	0.00%	0.00%	0.00%
2-D استعمال منتجات غير الطاقة من الوقود والمذيبات	ثاني أكسيد الكربون	640	830	50%	5%	50%	0.0000	0.0017	0.0174	0.01%	1.23%	0.02%
2-F-1 معدات التبريد وتكييف الهواء	مركبات كربون فلورية هيدروجينية	0	578	26%	0%	26%	0.0000	0.0121	0.0121	0.00%	0.45%	0.00%
2-F-2 عناصر نفخ الرغوة	مركبات كربون فلورية هيدروجينية	0	25	24%	0%	24%	0.0000	0.0005	0.0005	0.00%	0.02%	0.00%
2-F-4 الهباء	مركبات كربون فلورية هيدروجينية	0	63	10%	0%	10%	0.0000	0.0013	0.0013	0.00%	0.02%	0.00%
2-G-1 الأجهزة الكهربائية	سادس فلوريد الكبريت	87	22	88%	0%	88%	0.0000	0.0021	0.0005	0.00%	0.06%	0.00%
2-G-3-a التطبيقات الطبية	أكسيد النتروز	62	40	30%	20%	36%	0.0000	0.0010	0.0008	0.02%	0.04%	0.00%
2-H-3 أخرى (بيانات مجمعة من غازات بند (F	HFCs, PFCs, SF_6	8	21	38%	0%	38%	0.0000	0.0002	0.0004	0.00%	0.02%	0.00%

الجدول 4-3 (تابع)
مثال لحساب المستوى 1 لعدم التيقن لدولة فنلندا (معتمدا على الإحصائيات الفنلندية لعام 2005)

مستوى التجميع وتقديرات عدم التيقن خاصة بفنلندا ولا تعبر عن تقديرات أوجه عدم التيقن المنصوح بها ولا مستوى التجميع للبلدان الأخرى.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات الإزالة في السنة *t***	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**مجموع عدم التيقن**	**المساهمة في التغيرية حسب فئة المصدر/البالوعة في السنة *t***	**الحساسية من النوع ألف**	**الحساسية من النوع باء**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	%	%	%		%	%	%	%	%
3 الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى												
3-A-1 التخمر المعوي	الميثان	1 868	1 537	0%	31%	31%	0.0000	0.0235	0.0323	0.72%	0.00%	0.01%
3-A-2 معالجة الروث	الميثان	215	222	0%	16%	16%	0.0000	0.0018	0.0047	0.03%	0.00%	0.00%
3-A-2 معالجة الروث	أكسيد النتروز	623	461	0%	83%	83%	0.0000	0.0089	0.0097	0.74%	0.00%	0.01%
3-B-1-a الأراضي الحرجية التي تظل أراضي حرجية												
رصيد الكربون في الكتلة الحية	ثاني أكسيد الكربون	-23 798	-21 354	0%	35%	35%	0.0122	0.2640	0.4486	9.24%	0.00%	0.85%
تغير صافي رصيد الكربون في التربة المعدنية	ثاني أكسيد الكربون	-535	-1 113	0%	100%	100%	0.0003	0.0074	0.0234	0.74%	0.00%	0.01%
تغير صافي رصيد الكربون في التربة العضوية	ثاني أكسيد الكربون	1 813	1 324	20%	90%	92%	0.0003	0.0264	0.0278	2.37%	0.79%	0.06%
تغير صافي رصيد الكربون في التربة المعدنية	ثاني أكسيد الكربون	-1 181	2 907	0%	100%	100%	0.0018	0.0964	0.0611	9.64%	0.00%	0.93%
تغير صافي رصيد الكربون في	ثاني أكسيد الكربون	109	67	30%	90%	95%	0.0000	0.0019	0.0014	0.17%	0.06%	0.00%

الجدول 4-3 (تابع)
مثال لحساب المستوى 1 لعدم التيقن لدولة فنلندا (معتمدا على الإحصائيات الفنلندية لعام 2005)
مستوى التجميع وتقديرات عدم التيقن خاصة بفنلندا ولا تعبر عن تقديرات أوجه عدم التيقن المنصوح بها ولا مستوى التجميع للبلدان الأخرى.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات الإزالة في السنة *t***	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**مجموع عدم التيقن**	**المساهمة في التغيرية حسب فئة المصدر/البالوعة في السنة *t***	**الحساسية من النوع ألف**	**الحساسية من النوع باء**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	%	%	%		%	%	%	%	%
3-B-4-ai الأراضي الخث التي تظل أراضي خث	ثاني أكسيد الكربون	503	547	15%	208%	208%	0.0003	0.0036	0.0115	0.74%	0.08%	0.01%
3-B-4-ai الأراضي الخث التي تظل أراضي خث	الميثان	5	6	15%	208%	208%	0.0000	0.0000	0.0001	0.01%	0.00%	0.00%
3-C-1-a إحراق الكتلة الحية في الأراضي الحرجية	ثاني أكسيد الكربون	180	91	10%	70%	71%	0.0000	0.0035	0.0019	0.24%	0.03%	0.00%
3-C-1-a إحراق الكتلة الحية في الأراضي الحرجية	الميثان	16	8	10%	70%	71%	0.0000	0.0003	0.0002	0.02%	0.00%	0.00%
3-C-1-a إحراق الكتلة الحية في الأراضي الحرجية	أكسيد النتروز	2	1	10%	70%	71%	0.0000	0.0000	0.0000	0.00%	0.00%	0.00%
3-C-2 الجير	ثاني أكسيد الكربون	618	277	20%	20%	28%	0.0000	0.0127	0.0058	0.25%	0.16%	0.00%

الجدول 4-3 (تابع)
مثال لحساب المستوى 1 لعدم التيقن لدولة فنلندا (معتمدا على الإحصائيات الفنلندية لعام 2005)

مستوى التجميع وتقديرات عدم التيقن خاصة بفنلندا ولا تعبر عن تقديرات أوجه عدم التيقن المنصوح بها ولا مستوى التجميع للبلدان الأخرى.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات الإزالة في السنة *t***	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**مجموع عدم التيقن**	**المساهمة في التغيرية حسب فئة المصدر/البالوعة في السنة *t***	**الحساسية من النوع ألف**	**الحساسية من النوع باء**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	%	%	%		%	%	%	%	%
3-C-4 انبعاثات أكسيد النتروز مباشرة من الأراضي المدارة: أراضي زراعية	أكسيد النتروز	3 486	2 608	0%	227%	227%	0.0077	0.0494	0.0548	11.23%	0.00%	1.26%
3-C-4 انبعاثات أكسيد النتروز مباشرة من الأراضي المدارة: N استعمال أسمدة، أراضي حرجية	أكسيد النتروز	27.0	11.3	10%	380%	380%	0.0000	0.0006	0.0002	0.22%	0.00%	0.00%
3-C0-5 انبعاثات أكسيد النتروز مباشرة من الأراضي المدارة	أكسيد النتروز	735	592	0%	334%	334%	0.0009	0.0095	0.0124	3.18%	0.00%	0.10%
4 النفايات												
4-A مكبات النفايات الصلبة	الميثان	3 678	2 497	0%	43%	43%	0.0003	0.0574	0.0525	2.47%	0.00%	0.06%
4-D-1 معالجة مياه المخلفات والمكبات												
مناطق قليلة السكان	الميثان	118	95	15%	32%	35%	0.0000	0.0015	0.0020	0.05%	0.04%	0.00%
لمناطق ذات كثافة سكانية عالية	الميثان	12	13	5%	104%	105%	0.0000	0.0001	0.0003	0.01%	0.00%	0.00%
مناطق قليلة	أكسيد النتروز	21	18	10%	380%	380%	0.0000	0.0002	0.0004	0.09%	0.01%	0.00%

الجدول 4-3 (تابع)
مثال لحساب المستوى 1 لعدم التيقن لدولة فنلندا (معتمدا على الإحصائيات الفنلندية لعام 2005)

مستوى التجميع وتقديرات عدم التيقن خاصة بفنلندا ولا تعبر عن تقديرات أوجه عدم التيقن المنصوح بها ولا مستوى التجميع للبلدان الأخرى.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات الإزالة في السنة *t***	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**مجموع عدم التيقن**	**المساهمة في التغيرية حسب فئة المصدر/البالوعة في السنة *t***	**الحساسية من النوع ألف**	**الحساسية من النوع باء**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في معامل الانبعاث**	**عدم التيقن في اتجاه الانبعاثات الوطنية الناتجة عن عدم التيقن في بيانات الأنشطة**	**عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الوطنية**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	%	%	%		%	%	%	%	%
السكان												
مناطق ذات كثافة سكانية عالية	أكسيد النتروز	84	66	5%	380%	380%	0.0000	0.0011	0.0014	0.43%	0.01%	0.00%
4-D-2 معالجة مياه المخلفات الصناعية والمكبات	الميثان	22	19	10%	104%	105%	0.0000	0.0003	0.0004	0.03%	0.01%	0.00%
4-D-2 معالجة مياه المخلفات الصناعية والمكبات	الميثان	28	17	5%	380%	380%	0.0000	0.0005	0.0004	0.17%	0.00%	0.00%
4-E أخرى: N **المدخلات من مزارع الأسماك**	الميثان	8	3	10%	380%	380%	0.0000	0.0002	0.0001	0.07%	0.00%	0.00%
المجموع		**47 604**	**67 730**				**0.0252**					**0.0349**
						نسبة عدم التيقن في مجموع الحصر	**15.9%**				**اتجاه عدم التيقن**	**18.7%**

(أ) تقديرات عدم التيقن من مستوى التجميع المستعمل في فنلندا في عملية حصر 2003 وبالتالي لا يمكن فصل إنتاج الزجاج.

الجدول 5-3
مثال للإبلاغ عن تحليل عدم التيقن بالمقترب 2 وباستعمال جدول الإبلاغ العام عدم التيقن
الانبعاثات وعمليات الإزالة وعدم التيقن واردة من عملية الحصر العام في فنلندا لعام 2003 (الإحصائيات الفنلندية لعام 2003)

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**		**عدم التيقن في معامل الانبعاثات**		**مجموع عدم التيقن**		**المساهمة في تغيرية السنة المعنية *t***	**اتجاه الحصر في الانبعاثات الوطنية للسنة المعنية *t* يزداد عن سنة الأساس**	**عدم التيقن المدخل في الاتجاه في مجموع الانبعاثات الوطنية بالنسبة لسنة الأساس**		**المقترب والتعليقات**
		جيغا غرام مكافئ ثاني أكسيد كربون	جيغا غرام مكافئ ثاني أكسيد كربون	% (-)	% (+)	% (-)	% (+)	% (-)	% (+)	(الكسر)	(النسبة المئوية لسنة الأساس)	% (-)	% (+)	المقترب 2
A-1 أنشطة احتراق الوقود														
السائل	ثاني أكسيد الكربون	27 232	27 640	2	2	2	2	3	3	0.0061	1	-3	3	
الصلب	ثاني أكسيد الكربون	15 722	22 753	2	2	3	3	3	3	0.0061	45	-3	3	
الغاز	ثاني أكسيد الكربون	5 073	9 350	1	1	1	1	1	1	0.0002	84	-3	3	
الخث	ثاني أكسيد الكربون	5 656	10 676	4	4	5	5	7	6	0.0050	89	-11	11	
1-A-1 صناعات الطاقة														
السائل	الميثان	6	7	2	2	10	75	12	75	0.0000	18	-32	39	
	الميثان	26	30	2	2	10	75	12	75	0.0000	15	-30	39	
الصلب	الميثان	9	16	2	2	10	75	12	75	0.0000	91	-43	59	
	الميثان	85	162	2	2	50	50	50	50	0.0001	91	-23	25	
الغاز	الميثان	4	9	1	1	10	75	11	76	0.0000	140	-57	87	
	الميثان	18	51	1	1	50	50	50	51	0.0000	188	-37	39	
الكتلة الحية	الميثان	2	31	20	20	50	50	57	52	0.0000	1 370	-398	544	
	الميثان	10	80	20	20	150	70	154	71	0.0001	729	-260	374	
الخث	الميثان	5	7	5	5	50	50	50	50	0.0000	37	-18	21	
	الميثان	141	226	5	5	150	70	148	70	0.0007	60	-33	41	
1-A-2 أنشطة التصنيع والتشييد														
السائل	الميثان	9	7	2	2	10	75	12	75	0.0000	-19	-21	27	
	الميثان	39	41	2	2	10	75	12	75	0.0000	4	-25	30	

الجدول 5-3 (تابع)
مثال للإبلاغ عن تحليل عدم التيقن بالمقترب 2 وباستعمال جدول الإبلاغ العام عدم التيقن
الانبعاثات وعمليات الإزالة وعدم التيقن واردة من عملية الحصر العام في فنلندا لعام 2003 (الإحصائيات الفنلندية لعام 2003)

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**		**عدم التيقن في معامل الانبعاثات**		**مجموع عدم التيقن**		**المساهمة في تغيرية السنة المعنية *t***	**اتجاه الحصر في الانبعاثات الوطنية للسنة المعنية *t* يزداد عن سنة الأساس**	**عدم التيقن المدخل في الاتجاه في مجموع الانبعاثات الوطنية بالنسبة لسنة الأساس**		**المقترب والتعليقات**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	% (-)	% (+)	% (-)	% (+)	% (-)	% (+)	(الكسر)	(النسبة المئوية لسنة الأساس)	% (-)	% (+)	المقترب 2
الصلب	الميثان	4	2	2	2	75	10	74	12	0.0000	-44	-13	20	
	الميثان	108	90	2	2	50	50	50	50	0.0000	-17	-11	12	
الغاز	الميثان	5	6	1	1	75	10	75	11	0.0000	35	-35	45	
	الميثان	17	19	1	1	50	50	50	50	0.0000	13	-14	16	
الكتلة الحية	الميثان	20	19	15	15	50	50	51	53	0.0000	-7	-20	26	
	الميثان	111	81	15	15	70	150	70	151	0.0001	-28	-20	27	
الخث	الميثان	4	3	5	5	50	50	50	50	0.0000	-29	-9	11	
	الميثان	56	29	5	5	70	150	70	150	0.0000	-49	-11	14	
1-A-3 النقل														
أ. الطيران المدني	الميثان	0.4	0.3	5	5	57	100	57	100	0.0000	-12	-12	15	
	الميثان	4	4	5	5	70	150	70	148	0.0000	-1	-17	21	
ب. النقل البري														
البنزين	الميثان	78	40	1	1	50	50	50	50	0.0000	-49	-6	6	
السيارات المجهزة بمحولات بالحفز	الميثان	32	410	1	1	94	378	94	392	0.0174	1 176	-446	643	
السيارات غير المجهزة بمحولات بالحفز	الميثان	59	22	1	1	86	259	86	259	0.0000	-63	-11	16	
ديزل	الميثان	12	6	1	1	50	50	50	50	0.0000	-51	-5	5	
	الميثان	68	84	1	1	99	158	99	157	0.0001	23	-59	94	
الغاز الطبيعي	الميثان		2	1	1	50	50	49	50					
	الميثان		0.0	1	1	70	150	70	149					
ج. السكة الحديد	الميثان	0.2	0.2	5	5	60	110	60	110	0.0000	-30	-11	13	
	الميثان	2	1	5	5	70	150	70	149	0.0000	-30	-13	17	

الجدول 5-3 (تابع)
مثال للإبلاغ عن تحليل عدم التيقن بالمقترب 2 وباستعمال جدول الإبلاغ العام عدم التيقن
الانبعاثات وعمليات الإزالة وعدم التيقن واردة من عملية الحصر العام في فنلندا لعام 2003 (الإحصائيات الفنلندية لعام 2003)

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**		**عدم التيقن في معامل الانبعاثات**		**مجموع عدم التيقن**		**المساهمة في تغيرية السنة المعنية *t***	**اتجاه الحصر في الانبعاثات الوطنية للسنة المعنية *t* يزداد عن سنة الأساس**	**عدم التيقن المدخل في الاتجاه في مجموع الانبعاثات الوطنية بالنسبة لسنة الأساس**		**المقترب والتعليقات**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(الكسر)	(النسبة المئوية لسنة الأساس)	% (-)	% (+)	المقترب 2
د. الملاحة الطافية على سطح الماء														
بقايا الزيت وزيت الغاز/الديزل	الميثان	1	1	10	10	57	100	57	99	0.0000	2	-19	22	
	الميثان	2	3	10	10	70	150	70	149	0.0000	36	-30	39	
البنزين	الميثان	7	4	20	20	59	100	57	104	0.0000	-42	-16	22	
	الميثان	0.4	1	20	20	71	150	70	154	0.0000	56	-49	71	
هـ. وسائل نقل أخرى														
البنزين والديزل	الميثان	5	6	30	30	54	50	50	63	0.0000	15	-43	67	
البنزين	الميثان	1	1	30	30	72	150	70	156	0.0000	9	-41	67	
ديزل	الميثان	4	4	30	30	72	150	70	158	0.0000	-5	-37	60	
1-A-4 قطاعات أخرى														
السائل	الميثان	19	15	3	3	74	10	75	13	0.0000	-19	-18	20	
	الميثان	56	47	3	3	76	10	75	13	0.0000	-15	-21	25	
الصلب	الميثان	2	1	10	10	76	10	75	20	0.0000	-72	-6	8	
	الميثان	0.5	0.3	10	10	51	50	50	52	0.0000	-27	-12	14	
الغاز	الميثان	0.1	0.3	5	5	75	10	75	15	0.0000	132	-49	62	
	الميثان	1	1	5	5	50	50	50	50	0.0000	124	-27	32	
الكتلة الحية	الميثان	282	307	15	15	71	150	70	151	0.0013	9	-28	38	
	الميثان	56	61	15	15	71	150	70	150	0.0000	9	-28	38	
الخث	الميثان	1	1	25	25	53	50	50	60	0.0000	1	-32	46	
	الميثان	1	2	25	25	71	150	70	155	0.0000	13	-38	57	
1-A-5 غير محددة														
سائل	الميثان	2	2	7	7	75	10	75	17	0.0000	43	-31	46	

الجدول 5-3 (تابع)
مثال للإبلاغ عن تحليل عدم التيقن بالمقترب 2 وباستعمال جدول الإبلاغ العام عدم التيقن
الانبعاثات وعمليات الإزالة وعدم التيقن واردة من عملية الحصر العام في فنلندا لعام 2003 (الإحصائيات الفنلندية لعام 2003)

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**		**عدم التيقن في معامل الانبعاثات**		**مجموع عدم التيقن**		**المساهمة في تغيرية السنة المعنية *t***	**اتجاه الحصر في الانبعاثات الوطنية للسنة المعنية *t* يزداد عن سنة الأساس**	**عدم التيقن المدخل في الاتجاه في مجموع الانبعاثات الوطنية بالنسبة لسنة الأساس**		**المقترب والتعليقات**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	% (-)	% (+)	% (-)	% (+)	% (-)	% (+)	(الكسر)	(النسبة المئوية لسنة الأساس)	% (-)	% (+)	المقترب 2
	الميثان	6	9	7	7	75	10	75	17	0.0000	45	-33	43	
الغاز	الميثان	0.3	0.4	13	13	75	10	75	23	0.0000	64	-41	55	
	الميثان	1	2	13	13	50	50	51	52	0.0000	64	-31	37	
1.B الانبعاثات المنفلتة من الوقود														
1.B.2 الزيت والغاز الطبيعي														
a-ii الزيت - التوهج	ثاني أكسيد الكربون	123	63					50	50	0.0000	-49	-29	85	ب
a-iii-4 الزيت – إعادة التكرير	الميثان	8	10	2	2	90	90	90	90	0.0000	27	-41	53	
b-iii-4 الغاز الطبيعي – النقل والتخزين			12					3	3	0.0000	236	-113	334	ب
b-iii-5 الغاز الطبيعي - التوزيع	الميثان													
2 العمليات الصناعية														
2-A-1 إنتاج الأسمنت	ثاني أكسيد الكربون	786	500	2	2	5	5	5	5	0.0000	-36	-2	2	
2-A-2 إنتاج الجير	ثاني أكسيد الكربون	383	513	2	2	3	3	4	4	0.0000	34	-4	4	
2-A-3 و 2-A-4 استعمال الحجر الجيري والدولوميت	ثاني أكسيد الكربون	99	148	4	7	5	9	10	10	0.0000	50	-13	14	د
2-A-3 و 2-A-4 استعمال رماد الصودا	ثاني أكسيد الكربون	18	20	4	7	1	2	7	5	0.0000	10	-9	10	د
2-B-2 إنتاج حامض النيتريك	الميثان	1 595	1 396	5	5	100	57	100	57	0.0126	-13	-7	8	
2-B-8-b الإيثيلين	الميثان	4	5	5	5	20	20	21	20	0.0000	32	-9	10	
2-B-10 أخرى	ثاني أكسيد الكربون	60	147	8	12	5	5	13	10	0.0000	145	-35	40	

الجدول 5-3 (تابع)
مثال للإبلاغ عن تحليل عدم التيقن بالمقترب 2 وباستعمال جدول الإبلاغ العام عدم التيقن
الانبعاثات وعمليات الإزالة وعدم التيقن واردة من عملية الحصر العام في فنلندا لعام 2003 (الإحصائيات الفنلندية لعام 2003)

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**		**عدم التيقن في معامل الانبعاثات**		**مجموع عدم التيقن**		**المساهمة في تغيرية السنة المعنية *t***	**اتجاه الحصر في الانبعاثات الوطنية للسنة المعنية *t* يزداد عن سنة الأساس**	**عدم التيقن المدخل في الاتجاه في مجموع الانبعاثات الوطنية بالنسبة لسنة الأساس**		**المقترب والتعليقات**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	% (-)	% (+)	% (-)	% (+)	% (-)	% (+)	(الكسر)	(النسبة المئوية لسنة الأساس)	% (-)	% (+)	المقترب 2
2-C-1 إنتاج الحديد والفولاذ	الميثان	5	9	3	3	20	20	20	20	0.0000	85	-8	8	
2-D استعمال المنتجات غير الطاقة من الوقود والمذيبات	ثاني أكسيد الكربون	640	830	50	50	5	5	50	50	0.002	30	-71	156	
2-F-1 معدات التبريد وتكييف الهواء	HFCs, PFCs	0	578					11	26	0.0001	4 584 122	-519 745	1 206 234	ب
2-F-2 عناصر نفخ الرغوة	مركبات كربون فلورية هيدروجينية		25					24	24	0.0000				ب، ج
2-F-4 الهباء	مركبات كربون فلورية هيدروجينية		63					10	10	0.0000				ب، ج
2-G-1 الأجهزة الكهربائية	سادس فلوريد الكبريت	87	22					88	88	0.0000	-75	-22	41	ب
2.G-3-a التطبيقات الطبية	الميثان	62	40	30	30	20	20	34	38	0.0000	-36	-23	35	
2-H-3 أخرى (بيانات مجمعة من غازات بند F)	HFCs, PFCs, SF_6	8	21					38	38	0.0000	164	-123	292	ب
3 الزراعة والحراجة واستعمالات الأرض الأخرى														
3-A-1 التخمر المعوي	الميثان	1 868	1 537					20	31	0.0015	-18	-3	3	ب
3-A-2 معالجة الروث	الميثان	215	222					16	16	0.0000	3	-4	5	ب
3-A-2 معالجة الروث	الميثان	623	461					83	27	0.0006	-26	-15	17	ب
3-B-1-a الأراضي الحرجية التي تظل أراضي حرجية														
رصيد الكربون في الكتلة الحية	ثاني أكسيد الكربون	-2 3798	-2 1354					35	35	0.5662	-10	-19	25	ب

الجدول 5-3 (تابع)
مثال للإبلاغ عن تحليل عدم التيقن بالمقترب 2 وباستعمال جدول الإبلاغ العام عدم التيقن
الانبعاثات وعمليات الإزالة وعدم التيقن واردة من عملية الحصر العام في فنلندا لعام 2003 (الإحصائيات الفنلندية لعام 2003)

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**		**عدم التيقن في معامل الانبعاثات**		**مجموع عدم التيقن**		**المساهمة في تغيرية السنة المعنية *t***	**اتجاه الحصر في الانبعاثات الوطنية للسنة المعنية *t* يزداد عن سنة الأساس**	**عدم التيقن المدخل في الاتجاه في مجموع الانبعاثات الوطنية بالنسبة لسنة الأساس**		**المقترب والتعليقات**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	(-) %	(+) %	% (-)	(+) %	% (-)	% (+)	(الكسر)	(النسبة المئوية لسنة الأساس)	% (-)	% (+)	المقترب 2
3-B-2-a الأراضي الزراعية التي تظل أراضي زراعية														
التغير في رصيد الكربون الصافي في التربة المعدنية	ثاني أكسيد الكربون	-535	-1 113					99	101	0.0125	108	-242	393	ب
التغير في رصيد الكربون الصافي في التربة العضوية	ثاني أكسيد الكربون	1 813	1 324	20	20	90	90	89	95	0.0152	-27	-32	54	
3-B-3-a المروج الطبيعية التي تظل مروج طبيعية														
التغير في رصيد الكربون الصافي في التربة المعدنية	ثاني أكسيد الكربون	-1 181	2 907					99	100	0.0852	-346	-2223	1067	ب
التغير في رصيد الكربون الصافي في التربة العضوية	ثاني أكسيد الكربون	109	67	30	30	90	90	90	103	0.0000	-39	-29	50	
3-B-4-ai الأراضي الخث التي تظل أراضي خث	ثاني أكسيد الكربون	503	547	15	15	208	80	80	212	0.0074	9	-32	48	
3-A-4-ai الأراضي الخث التي تظل أراضي خث	CH_4	5	6	15	15	208	80	80	208	0.0000	6	-32	46	
3-C-1-a إحراق الكتلة الحية في الأراضي الحرجية	CO_2	180	91	10	10	70	70	71	71	0.0000	-50	-12	15	
3-C-1-a إحراق الكتلة الحية في الأراضي الحرجية	CH_4	16	8	10	10	70	70	70	71	0.0000	-49	-12	15	
3-C-1-a إحراق الكتلة الحية في الأراضي الحرجية	N_2O	2	1	10	10	70	70	70	72	0.0000	-50	-11	15	
3-C-2 الجير	CO_2	618	277	20	20	3	20	25	22	0.0000	-55	-11	15	
3-C-4 انبعاثات أكسيد النتروز المباشرة من الأراضي المدارة: الأراضي الزراعية	N_2O	3 486	2 608					76	227	0.2170	-25	-19	29	ب

الجدول 5-3 (تابع)
مثال للإبلاغ عن تحليل عدم التيقن بالمقترب 2 وباستعمال جدول الإبلاغ العام عدم التيقن
الانبعاثات وعمليات الإزالة وعدم التيقن واردة من عملية الحصر العام في فنلندا لعام 2003 (الإحصائيات الفنلندية لعام 2003)

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**		**عدم التيقن في معامل الانبعاثات**		**مجموع عدم التيقن**		**المساهمة في تغيرية السنة المعنية *t***	**اتجاه الحصر في الانبعاثات الوطنية للسنة المعنية *t* يزداد عن سنة الأساس**	**عدم التيقن المدخل في الاتجاه في مجموع الانبعاثات الوطنية بالنسبة لسنة الأساس**		**المقترب والتعليقات**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(الكسر)	(النسبة المئوية لسنة الأساس)	% (-)	% (+)	المقترب 2
3-C-4 انبعاثات أكسيد النتروز المباشرة من الأراضي المدارة: N استعمالات مواد التخصيب، الأراضي الحرجية	N_2O	27	11	10	10	94	380	94	386	0.0000	-58	-17	32	
3-C-5 انبعاثات أكسيد النتروز غير المباشرة من الأراضي المدارة:	N_2O	735	592					81	334	0.0303	-19	-19	25	ب
4 النفايات														
4-A مكبات النفايات الصلبة	CH_4	3 678	2 497					43	43	0.012	-32	-14	16	ب
4-D-1 معالجة مياه المخلفات المنزلية والمكبات														
المناطق قليلة السكان	CH_4	118	95	15	15	32	20	34	27	0.000	-20	-16	20	
المناطق ذات كثافة سكانية عالية	CH_4	12	13					60	109	0.000	9	-16	20	ب
المناطق قليلة السكان	N_2O	21	18	10	10	94	380	94	378	0.000	-13	-29	40	
المناطق ذات كثافة سكانية عالية	N_2O	84	66	5	5	94	380	94	378	0.000	-21	-25	34	
4-D-2 معالجة مياه المخلفات الصناعية والمكبات	CH_4	22	19					61	109	0.000	-15	-17	22	ب
4-D-2 معالجة مياه المخلفات الصناعية والمكبات	N_2O	28	17	5	5	94	380	94	388	0.000	-37	-19	27	
4-E أخرى:N المدخلات من مزارع الأسماك	N_2O	8	3	10	10	94	380	94	391	0.000	-62	-12	18	
المجموع		47 604	67 730					14	15		42	-18	23	

الجدول 5-3 (تابع)
مثال للإبلاغ عن تحليل عدم التيقن بالمقترب 2 وباستعمال جدول الإبلاغ العام عدم التيقن
الانبعاثات وعمليات الإزالة وعدم التيقن واردة من عملية الحصر العام في فنلندا لعام 2003 (الإحصائيات الفنلندية لعام 2003)

A	B	C	D	E		F		G		H	I	J		K
الفئة المحددة من قبل الهيئة IPCC	**الغاز**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**الانبعاثات أو عمليات إزالة سنة الأساس**	**عدم التيقن في بيانات الأنشطة**		**عدم التيقن في معامل الانبعاثات**		**مجموع عدم التيقن**		**المساهمة في تغيرية السنة المعنية *t***	**اتجاه الحصر في الانبعاثات الوطنية للسنة المعنية *t* يزداد عن سنة الأساس**	**عدم التيقن المدخل في الاتجاه في مجموع الانبعاثات الوطنية بالنسبة لسنة الأساس**		**المقترب والتعليقات**
		جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	جيغا غرام من مكافئ ثاني أكسيد الكربون	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(-) %	(+) %	(الكسر)	(النسبة المئوية لسنة الأساس)	% (-)	% (+)	المقترب 2

[أ] مدخلات العمود H هي حاصل قسمة تغير كل فئة (التي يحصل عليها بواسطة أداة محاكاة مونت كارلو) على مجموع التغير في الحصر.
[ب] يتم استعمال طريقة أكثر تعقيدا لتقدير عدم التيقن وبالتالي تترك خانات بيانات الأنشطة ومعامل الانبعاث خالية. وتظهر نتيجة عدم التيقن في العمود G.
[ج] لا يتم حساب الاتجاه في حالة قيمة إنبعاثات سنة الأساس صفر.
[د] تقديرات عدم التيقن من مستوى التجميع المستعمل في فنلندا في عملية حصر 2003 وبالتالي لا يمكن فصل إنتاج الزجاج.

[b]

3-7 المعلومات الخلفية التقنية

3-7-1 متغيرات ومعادلات المقترب 1

يغطي هذا القسم أسس أساليب الحساب الإحصائي في المستوى 1 وترد هذه المعلومات لتكملة تلك الواردة في القسم 1-2-3-3، المستوى 1: انتشار الأخطاء، والجدول 2-3 بعنوان حساب عدم التيقن. ويوفر هذا القسم تعريف لأهم المتغيرات والمعادلات المستعملة في الحساب.

شرح المتغيرات

$C_{x,}$ قيمة مدخل ما في العمود C والصف x، الانبعاثات أو عمليات الإزالة الخاصة بكل فئة من فئات سنة أساس الحصر.

$\sum C_i$ = مجموع كل فئات الانبعاثات وعمليات الإزالة (الصفوف) المدرجة في سنة أساس الحصر.

$D_{x,}$ = قيمة مدخل ما في العمود D والصف x، الانبعاثات أو عمليات الإزالة الخاصة بكل فئة من فئات في السنة t في الحصر.

$\sum D_i$ = مجموع كل فئات الانبعاثات وعمليات الإزالة (الصفوف) المدرجة في السنة t في الحصر.

الأعمدة من A إلى F

البيانات المدخلة حول الانبعاثات وعمليات الإزالة وبيانات الأنشطة وعدم التيقن المقترن بمعامل الانبعاث في كل فئة.

العمود G

مجموع عدم التيقن باستعمال معادلة نشر الأخطاء. أنظر المعادلة 1-3 في القسم 1-3-2-3.

$$G_x = \sqrt{E_x^{\,2} + F_x^{\,2}}$$

العمود H

المساهمة في عدم التيقن. أنظر المعادلة 3.2 في القسم 1-3-2-3.

$$H_x = \frac{(G_x \bullet D_x)^2}{(\sum D_i)^2}$$

يتم الحصول على مجموع عدم التيقن في الانبعاثات باستعمال معادلة نشر الأخطاء:

$$\frac{\sqrt{\sum (G_i \bullet D_i)^2}}{\sum D_i} = \sqrt{\sum H_i}$$

العمود I

تبين المدخلات في العمود I كيفية تغير الفرق في الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة t نتيجة حدوث زيادة بنسبة 1 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 1 في المائة على فئة المصادر x في كلتا السنتين – النسبة المئوية بدون الزيادة

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

العمود J

تبين المدخلات في العمود j كيفية تغير الفرق في الانبعاثات بين سنة الأساس والسنة t نتيجة حدوث زيادة بنسبة 1 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 1 في المائة على فئة المصادر x في السنة t – النسبة المئوية للاتجاه بدون الزيادة

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

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

العمود K

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

$$\begin{aligned} K_x &= \text{sensitivity A} \bullet \text{uncertainty of emission factor} \\ &= I_x \bullet F_x \end{aligned}$$

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.

$$\begin{aligned} K_x &= \text{sensitivity B} \bullet \text{uncertainty of emission factor} \bullet \sqrt{2} \\ &= J_x \bullet F_x \bullet \sqrt{2} \end{aligned}$$

العمود L

الاتجاه هو الفارق 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 والسنة *t*:

$$\begin{aligned} &= \sqrt{(\text{uncertainty (activity data, base year)})^2 + (\text{uncertainty (activity data, year } t))^2} \\ &\approx \sqrt{(\text{uncertainty (activity data, year } t))^2 \bullet 2} \\ &= E_x \bullet \sqrt{2} \end{aligned}$$

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

L_x = الحساسية من النوع باء ● 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.

$$M_x = K_x^2 + L_x^2$$

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

$$\text{Total uncertainty of the trend} = \sqrt{\sum M_i}$$

3-7-1 المقترب 1 – تفاصيل معادلات عدم التيقن في الاتجاه

توضح الخطوات التالية كيفية حساب عدم التيقن في الاتجاه باستعمال الحساسية من النوع ألف ومن النوع باء (أنظر أيضا في هذا الصدد القسم 1-3-2-3).

1) طريقة تقدير مستوى عدم التيقن في السنة Y تفترض أن الفئات والغازات غير مترابطة ولا مجمعة حتى يتم معالجة الفئات المجمعة كفئات غير مترابطة.

2) عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات الخاصة بالبلد (الكمية الواردة في نهاية العمود M) يقدر على النحو التالي:

$$U_T = \sqrt{\sum_{i=1}^{N} U_i^2}$$

حيث U_T تمثل عدم التيقن في اتجاه مجموع الانبعاثات من البلد و U_i تمثل عدم التيقن المدخل في U_T بحسب الفئة i ونوع الغاز.

3) ونأخذ المعادلة التالية:

$$U_i = \sqrt{(U_{E,i}^2 + U_{A,i}^2)}$$

حيث $U_{E,i}$ تمثل عدم التيقن المدخل في U_i نتيجة عدم التيقن المقترن بمعامل انبعاث الفئة i والغازات، وحيث $U_{A,i}$ تمثل عدم التيقن المدخل في U_i نتيجة عدم التيقن المقترن بيانات أنشطة الفئة i والغازات.

4) نحن نعلم من العمود E والعمود F أن مقدار عدم التيقن المقترن ببيانات النشاط ومعاملات الانبعاث للفئة i والغازات معبر عنه بالنسبة المئوية، ولكننا لا نعلم بعد كيف تؤثر مقادير عدم التيقن هذه على اتجاه مجموع الانبعاثات وهذا ما نحتاج لمعرفته من $U_{E,i}$ و $U_{A,i}$، وبالتالي نصيغ المعادلة التالية:

$$U_{E,i} = A_i u_{e,i} \quad \text{و} \quad U_{A,i} = B_i u_{a,i}$$

حيث A_i هو نوع الحساسية ألف المقترن بالفئة i والغاز، و $u_{e,i}$ هو نسبة عدم التيقن المقترن بمعامل الانبعاث في العمود F، و B_i هو نوع الحساسية باء المقترن بالفئة i والغاز، و $u_{e,i}$ هو نسبة عدم التيقن المقترن ببيانات النشاط في العمود E. وأساسا فإن الحساسية من النوع ألف والحساسية من النوع باء متصلة من حيث المرونة على التوالي بفارق مئوي ذاتي الارتباط بسنة الأساس والسنة Y وفارق مئوي غير مرتبط بنسبة التغير في مجموع الانبعاثات. وتسمح هذه الطريقة بعكس هذه الفرضية أو أن يترابط كل من معامل الانبعاث وبيانات النشاط على مر السنين أو ألا يكون لأي منهما ارتباطا ذاتيا.

5) نوع الحساسية ألف وباء يمكن حسابهما من معادلة الاتجاه من حيث مجموع الفئات والغازات في سنة الأساس والسنة Y. ويدخل المعامل الإضافي $\sqrt{2}$ نتيجة وجود عدم تيقن غير مرتبط من شأنه أن يؤثر على سنة الأساس أو السنة Y. وتفترض المعادلة الجارية بالنسبة للحساسية من النوع باء أن الانبعاث في السنة Y غير مختلف كثيرا عن الانبعاث في سنة الأساس، وإذا كان الحال مختلف عن ذلك ينبغي أن ندخل اعتبارا منفصلا لسنة الأساس عن السنة Y حول عدم التيقن غير المرتبط بدلا من أن نستعمل معامل $\sqrt{2}$.

انحراف الحساسية من النوع ألف

يمكن كتابة الاتجاه (بافتراض أن 1990 هي سنة الأساس) كالتالي:

$$100 \bullet \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} - \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}} \right)$$

إذا زادت الفئة I والغازات بواقع 1 في المائة (بشكل متسق مع افتراض أن الحساسية من نوع ألف تلتقط أثر عدم التيقن المرتبط فيما بين السنوات) يكون حينئذ الاتجاه كالتالي:

$$100 \bullet \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} + 0.01\, e_{i,y} - \left(\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990} + 0.01\, e_{i,1990} \right)}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990} + 0.01\, e_{i,1990}} \right)$$

وتصبح الحساسية A_i :

$$100 \bullet \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} + 0.01\, e_{i,y} - \left(\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990} + 0.01\, e_{i,1990} \right)}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990} + 0.01\, e_{i,1990}} \right) - 100 \bullet \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} - \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}} \right)$$

هي نفس التعبير الوارد في الحساسية من النوع ألف في الملاحظة ب، صفحة 6-18 من *دليل الممارسات السليمة لعام 2000*.

الحساسية من النوع باء

في الحساسية من النوع باء نفترض أن الفئة i والغازات قد زادت بواقع 1 في المائة في السنة المعنية y فقط. وفي هذه الحالة يصبح الاتجاه كالتالي:

$$100 \bullet \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} + 0.01\, e_{i,y} - \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}} \right)$$

وبالتالي تصبح الحساسية من النوع باء Bi كالتالي:

$$100 \bullet \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} + 0.01\, e_{i,y} - \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}} \right) - 100 \bullet \left(\frac{\sum_{i=1}^{N} e_{i,y} - \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}}{\sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}} \right)$$

جميع عناصر البسط تلغي ما بين القوسين فيما عدا بالنسبة ل0.01 $e_{i,y}$ الذي يصبح $e_{i,y}$ عند ضربه في 100. وبالتالي يكون التعبير عن B_i مبسط إلى $e_{i,y} \Big/ \sum_{i=1}^{N} e_{i,1990}$ وهو التعبير الوارد في قمة العمود j صفحة 6-16 من *دليل الممارسات السليمة لعام 2000*.

3-7-3 التعامل مع مقادير عدم التيقن الكبيرة وغير المتناظرة في نتائج المقترب1

يوفر هذا القسم التوجيهات الخاصة بطريقة تصحيح التحيز في التقديرات الواسعة لعدم التيقن من المقترب 1 وطريقة تحويل نطاق عدم التيقن إلى نطاق عدم تيقن غير متناظر بمقدار 95 في المائة بالاعتماد على التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي.

تصحيح تقدير عدم التيقن في نطاقات عدم التيقن الواسعة: تمنح طريقة انتشار الأخطاء التقريبية حسب المقترب 1 تقديرا لنصف نطاق عدم التيقن (U) ويعبر عنه بنسبة مئوية من متوسط مجموع الحصر. وبما أن عدم التيقن يزداد كلما زاد مجموع الحصر فإن طريقة انتشار الأخطاء تميل إلى تقليل تقدير عدم التيقن إلا إذا كان النموذج يعتمد على الجمع الصرف. غير أن معظم قوائم الحصر تتبع التقدير على أساس مجموع العناصر التي يكون كل واحد منها هو محصلة ضرب (مثلا،معاملات الانبعاث وبيانات الأنشطة). ولا تكون طريقة إنتشار الأخطاء صحيحة تماما في هذه العناصر المضروبة. وتشير نتائج الدراسات التجريبية إلى أنه في بعض الحالات يكون تقدير عدم التيقن بحسب المقترب 1 أقل من الواقع، يستطيع هنا المحلل استعمال معامل تصحيح كالذي يقترحه فراي (2003) مثلا. قام فراي (2003) بتقدير أداء المقترب التحليلي لتجميع عدم التيقن مقارنة بمحاكاة مونت كارلو في العينات كبيرة الحجم لعدة حالات تشمل نطاقات مختلفة لعدم التيقن بنماذج تعتمد على الجمع والضرب والقسمة. طريقة انتشار الأخطاء ومحاكاة مونت كارلو في تقدير نصف نطاق عدم التيقن المقترن بخرج النموذج تتفقان عندما تكون القيم الأقل من 100 في المائة. وبما أن عدم التيقن في مجموع الحصر يزداد في المستويات الأعلى فإنه دائما ما يقل تقدير عدم التيقن في مجموع الحصر بسبب مقترب انتشار الأخطاء. العلاقة بين تقدير المحاكاة وانتشار الأخطاء توجد في *المسلك الصحيح*. وبناء عليه تم وضع معامل تصحيح من المقارنة التي يمكن تطبيقها عندما يكون U لعدم التيقن المقترن بمجموع الحصر كبير (أكبر من 100 في المائة مثلا) وتعبر عن ذلك المعادلة التالية.

المعادلة 3.3
معامل التصحيح لنصف نطاق عدم التيقن

$$F_C = \left[\frac{\left(-0.720 + 1.0921U - 1.63 \bullet 10^{-3} U^2 + 1.11 \bullet 10^{-5} U^3 \right)}{U} \right]^2$$

ملاحظة: تستعمل إذا كان U أكبرمن 100 في المائة وإذا كان النموذج يحتوي على عناصر ضرب أو قسمة
ليس بالضرورة موثوق فيه عندما تكون U *أكبر من 230 في المائة*.
ليس بالضرورة للنماذج القائمة على الجمع الصرف.

حيث:

U = نصف نطاق عدم التيقن المقدر من انتشار الأخطاء ومعبر عنه بوحدات مئوية.

F_c = معامل التصحيح للتقدير التحليلي للتغير ونسبة التصحيح بلا أبعاد إلى عدم التيقن غير المصحح.

معامل التصحيح التجريبي يمنح قيما من 1.06 إلى 1.69 في حالة تراوح U *من 100 إلى 230 في المائة*. ويستعمل معامل التصحيح لوضع تقدير جديد ومصحح لنصف نطاق عدم التيقن $U_{corrected}$, ويستعمل بدوره لوضع حدود الثقة.

المعادلة 3.4
نصف نطاق عدم التيقن المصحح

$$U_{corrected} = U \bullet F_C$$

حيث:

$U_{corrected}$ = نصف نطاق عدم التيقن المصحح المقدر من انتشار الأخطاء ومعبر عنه بوحدات مئوية.

وعادة ما تكون أخطاء التقدير التحليلي للتغير صغيرة بالنسبة لنصف نطاق عدم التيقن (U) بأقل من 100 في المائة تقريبا. وإذا ما تم تطبيق معامل التصحيح على U أكبر من 100 في المائة وحتى 230 في المائة نتوقع أن يكون الخطأ الشائع في تقديرU ما بين زائد أو ناقص 10 في المائة في أغلب الحالات. ولا يعتبر معامل التصحيح بالضرورة موثوق فيه في حالات عدم التيقن الأكثر اتساعا لأن معايرته قد أجريت لنطاق من 10 في المائة إلى 230 في المائة.

حساب فترات الثقة غير المتناظرة في حالات عدم التيقن الواسعة: من أجل حساب فترات الثقة في مخرجات النموذج المعتمد على نصف نطاق متوسط عدم التيقن فقط ينبغي وضع فرضية للتوزيع. وفي نماذج الجمع الصرف كما في النماذج التي يكون فيها نصف نطاق عدم التيقن أقل من 50 في المائة تقريبا يعتبر التوزيع الطبيعي هو الفرضية الأكثر ملائمة لشكل خرج النموذج. في هذه الحالة يمكن وصف عدم التيقن بأنه نطاق تناظري باعتبار قيمة المتوسط. وفي نماذج الضرب أو عندما يكون عدم التيقن متسعا للمتغير غير

بارامترات التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي يمكن تحديدها بطرق شتى، من بينها طريقة المتوسط الهندسي والانحراف المعياري الهندسي. يمكن تقدير المتوسط الهندسي على أساس المتوسط الحسابي والانحراف المعياري الحسابي.

المعادلة 3-5
فترات الثقة غير المتناظرة – المتوسط الهندسي

$$\mu_g = \exp\left\{\ln(\mu) - \frac{1}{2}\ln\left(1+\left[\frac{U}{200}\right]^2\right)\right\}$$

حيث:

μ_g = المتوسط الهندسي

μ = المتوسط الحسابي.

ونحصل على الانحراف المعياري الهندسي بالمعادلة التالية:

المعادلة 3-6
فترات الثقة غير المتناظرة – الانحراف المعياري الهندسي

$$\sigma_g = \exp\left\{\sqrt{\ln\left(1+\left[\frac{U}{200}\right]^2\right)}\right\}$$

حيث:

σ_g = الانحراف المعياري الهندسي.

ويمكن تقدير فترة الثقة اعتمادا على المتوسط الهندسي والانحراف المعياري الهندسي وتوزيع الاحتمالات التراكمي العكسي للتوزيع المعياري الطبيعي (مع تحويل لوغاريتمي):

المعادلة 3-7
نصف نطاق عدم التيقن الأعلى/الأدنى من انتشار الأخطاء

$$U_{low} = \left(\frac{\exp\left\{\ln(\mu_g) - 1.96\ln(\sigma_g)\right\} - \mu}{\mu}\right)\times 100$$

$$U_{high} = \left(\frac{\exp\left\{\ln(\mu_g) + 1.96\ln(\sigma_g)\right\} - \mu}{\mu}\right)\times 100$$

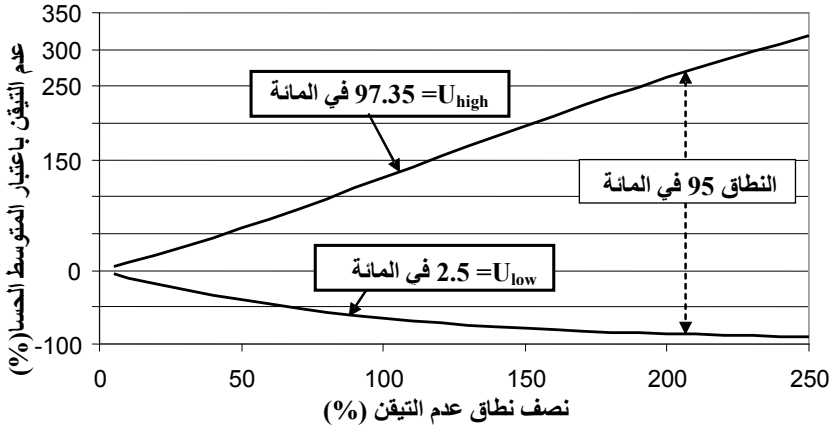
حيث:

U_{low} = نصف النطاق الأدنى لعدم التيقن المقدر من انتشار الأخطاء ومعبر عنه بوحدات مئوية.

U_{high} = نصف النطاق الأعلى لعدم التيقن المقدر من انتشار الأخطاء ومعبر عنه بوحدات مئوية.

ولتوضيح استعمالات هذه المعادلات سوف نستعين بالمثال التالي. لنفترض أن المتوسط هو 1.0 وأن نصف نطاق عدم التيقن الذي تم تقديره من انتشار الأخطاء هو 100 في المائة. في هذه الحالة يكون المتوسط الهندسي 0.89 ويكون الانحراف المعياري الهندسي 1.60. نطاق الاحتمال 95 في المائة هو علاقة بالمتوسط في شكل نسبة مئوية ونحصل عليه من U_{low} إلى U_{high} في المعادلات 3.7. وفي المثال الذي نسوقه تكون النتيجة -65 في المائة إلى +126 في المائة. وبالمقابل، إذا استعملنا التوزيع الطبيعي كأساس لتقدير عدم التيقن لكان تقدير النطاق $\pm$ 100 في المائة تقريبا ولكان مقدار الاحتمالية 2 في المائة تقريبا من القيم السلبية التي حصلنا عليها. ويوضح الشكل 3.9 عتبات الحساسية السفلى والعليا لنطاق الاحتمال 95 في المائة والتي تنحصر بين المئويين 2.5 و 97.5 على التوالي المحسوبين بتوزيع طبيعي لوغاريتمي معتمد على تقدير نصف نطاق عدم التيقن حسب مقترب انتشار الأخطاء. ويكون نطاق عدم التيقن متناظر تقريبا بالنسبة للمتوسط حتى نصف نطاق عدم تيقن مقداره 10 أو 20 في المائة تقريبا. عندما يتسع نصف نطاق عدم

الشكل 3-9 تقدير النطاقات غير التناظرية لعدم التيقن باعتبار المتوسط الحسابي الذي يفترض التوزيع الطبيعي اللوغاريتمي المعتمد على نصف نطاق عدم التيقن المحسوب من مقترب انتشار الأخطاء.



3-7-4 طريقة حساب المساهمة في عدم التيقن

تعتمد طريقة حساب المساهمة في عدم التيقن على قسمة التغير في الحصر على التغير في كل فئة.

فبافتراض أن عدم التيقن متناظر يكون التغير المقدر على أساس الفئة حسب المعادلة التالية:

المعادلة 3.8
مساهمة الفئة X - تغير عدم التيقن المتناظر

$$\sigma_x^2 = \left(D_x \frac{U_x}{200} \right)^2$$

حيث:

U_x = نصف نطاق عدم التيقن المقدر للفئة x ومعبر عنه بوحدات مئوية.

D_x = مجموع الانبعاثات أو عمليات الإزالة للفئة x المقابل للمدخلات في العمود D من الجدول 3.5.

σ_x^2 = التغير في الانبعاثات أو عمليات إزالة الفئة x.

حتى وإن كان عدم التيقن غير تناظري يمكن تقدير التغير على أساس الانحراف المعياري الحسابي أو معامل التغير. والتغير هو ببساطة مربع الانحراف الحسابي. يمكن تقدير تغير الفئة من معامل التغير v_x، وحسب المعادلة التالية:

المعادلة 3-9
مساهمة الفئة X - تغير عدم التيقن غير المتناظر

$$\sigma_x^2 = (D_x v_x)^2$$

وبمجرد معرفة تغيرية الفئة المعنية يمكن جمع التغيرات داخل باقي الفئات. وتكون النتيجة هي مجموع التغير التقريبي داخل الحصر ككل. غير أن هذه النتيجة لا تبدو متفقة تماما مع نتيجة محاكاة مونت كارلو للحصر على الأقل لسبب واحد إن لم يكن لعدة أسباب: (1) تفاوت العينة في محاكاة مونت كارلو، حيث أن تقدير محاكاة مونت كارلو للتغير قد يختلف نوعا ما عن القيمة الحقيقية، (2) يعتمد الحساب التحليلي على فرضيات طبيعية أو ما يسمى بالتوزيعات الطبيعية اللوغاريتمية لعدم التيقن المجمع للفئات الفردية بينما محاكاة مونت كارلو تستطيع إعداد عدة فرضيات مختلفة للتوزيع، (3) قد تحسب محاكاة مونت كارلو اللاخطية والتبعية وهما عنصران لا يؤخذان في الاعتبار في حالة الحساب التحليلي للمساهمة في التغير. وإذا كانت حسابات حصر الانبعاث خطية أو شبه خطية بدون أي

المراجع

Abdel-Aziz, A., and Frey, H.C. (2003). 'Development of Hourly Probabilistic Utility NO_x Emission Inventories Using Time Series Techniques: Part I-Univariate Approach', *Atmospheric Environment*, 37:5379-5389 (2003).

Ang, A. H-S., and Tang, W.H., (1984). *Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Volume 2: Decision, Risk, and Reliability*. John Wiley and Sons, New York .

Ang, A. H-S., and Tang, W.H., (1975). *Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Volume 1.* John Wiley and Sons, New York.

Baggott, S.L., Brown, L., Milne, R., Murrells, TP., Passant, N., Thistlethwaite, G., Watterson, J.D. (2005) *"UK Greenhouse Gas Inventory, 1990 to 2003: Annual Report for submission under the Framework Convention on Climate Change",* April 2005. pub AEA Technology, UK ref AEAT/ENV/R/1971, ISBN 0-9547136-5-6.

Barry, T.M. (1996), Recommendations on the testing and use of pseudo-random number generators used in Monte Carlo analysis for risk assessment*, Risk Assessment*, 16(1):93-105.

Bevington, P.R. and Robinson, D.K. (1992). *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences*. McGraw-Hill: New York.

Cohen A.C. and Whitten B. (1998). *Parameter Estimation in Reliability and Life Span Models*, M. Dekker: New York.

Cullen, A.C. and Frey, H.C. (1999), *Probabilistic Techniques in Exposure Assessment: A Handbook for Dealing with Variability and Uncertainty in Models and Inputs*, Plenum: New York.

D'Agostino, R.B. and Stephens, M.A. (eds.) (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.

Evans, J.S., Graham J.D., Gray, G.M., and Sielken Jr, R.L. (1994). "A Distributional Approach to Characterizing Low-Dose Cancer Risk," *Risk Analysis*, 14(1):25-34 (February 1994).

Falloon, P. and Smith, P. (2003). Accounting for changes in soil carbon under the Kyoto Protocol: need for improved long-term data sets to reduce uncertainty in model projections. *Soil Use and Management*, 19, 265-269.

Frey, H.C. and Rubin, E.S. (1991). *Development and Application of a Probabilistic Evaluation Method for Advanced Process Technologies*, Final Report, DOE/MC/24248-3015, NTIS DE91002095, Prepared by Carnegie-Mellon University for the U.S. Department of Energy, Morgantown, West Virginia, April 1991, 364p.

Frey, H.C. and Rhodes, D.S. (1996). "Characterizing, Simulating, and Analyzing Variability and Uncertainty: An Illustration of Methods Using an Air Toxics Emissions Example," *Human and Ecological Risk Assessment: an International Journal*, 2(4):762-797 (December 1996).

Frey, H.C. and Bammi, S. (2002). Quantification of Variability and Uncertainty in Lawn and Garden Equipment NO_x and Total Hydrocarbon Emission Factors, *J. Air & Waste Manage. Assoc*., 52(4), 435-448.

Frey, H.C., Zheng, J., Zhao, Y., Li, S., and Zhu, Y. (2002). Technical Documentation of the AuvTool Software for Analysis of Variability and Uncertainty, Prepared by North Carolina State University for the Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC. February 2002.

Frey, H.C. and Zheng, J. (2002). "Probabilistic Analysis of Driving Cycle-Based Highway Vehicle Emission Factors," *Environmental Science and Technology,* 36(23):5184-5191 (December 2002).

Frey, H.C. (2003), "Evaluation of an Approximate Analytical Procedure for Calculating Uncertainty in the Greenhouse Gas Version of the Multi-Scale Motor Vehicle and Equipment Emissions System," Prepared for Office of Transportation and Air Quality, U.S. Environmental Protection Agency, Ann Arbor, MI, May 30, 2003.

Frey, H.C. (2005), "Comparison of Approach 1 and Approach 2," January 2005, unpublished analysis done for this Chapter.

Gelfand, A. E. (1996). *Gibbs Sampling, The Encyclopedia of Statistical Sciences* (editors: Kotz J., Reed C. and Banks D.), John Wiley and Sons, New York, 283-292.

Hahn, G.J., and Shapiro, S.S. (1967) *Statistical Models in Engineering*, Wiley Classics Library, John Wiley and Sons, New York.

Holland, D.M and Fitz-Simons, T. (1982) "Fitting statistical distributions to air quality data by the maximum likelihood method," *Atmospheric Environment*, 16(5):1071-1076.

Hora, S.C. and Iman, R.L. (1989). Expert opinion in risk analysis: The NUREG-1150 methodology, *Nuclear Science and Engineering*, 102:323-331.

IPCC (1997). Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J. and Callander, B.A. (Eds). *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA, Paris, France.

IPCC (2000). Penman, J., Kruger, D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Emmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K., and Tanabe, K. (Eds). *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

ISO (1993). "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM)" prepared by ISO, IEC, BIPM, IFCC, OIML, IUPAC, IUPAP and published by ISO, Switzerland in 1993.

Kirchner, T.B. (1990). Establishing modeling credibility involves more than =, Proceedings, On the Validity of Environmental Transfer Models, Biospheric Model Validation Study, Stockholm, Sweden, October 8-10.

Manly, B.F.J. (1997). *Randomization, Bootstrap, and Monte Carlo Methods in Biology, Second Edition*, Chapman and Hall.

McCann, T.J. and Associates, and Nosal, M. (1994). Report to Environmental 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):741-752.

Mokhtari, A., Frey H.C. and Zheng J. (2006). "Evaluation and recommendation of sensitivity analysis methods for application to Stochastic Human Exposure and Dose Simulation (SHEDS) models," *Journal of Exposure Assessment and Environmental Epidemiology*, Accepted December 2, 2005, In press.

Monni, S., Syri, S. and Savolainen I. (2004). 'Uncertainties in the Finnish greenhouse gas emission inventory'.*Environmental Science and Policy* 7, pp.87-98.

Monte, L, Hakanson, L., Bergstrom, U., Brittain, J. and Heling, R. (1996). Uncertainty analysis and validation of environmental models: the empirically based uncertainty analysis. *Ecological Modelling*, 91, 139-152.

Morgan, M.G., and Henrion, M. (1990). *Uncertainty: A Guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk and Policy Analysis*, Cambridge University Press, New York.

NARSTO (2005). Improving Emission Inventories for Effective Air Quality Management Across North America, NARSTO, June 2005.

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.

Ogle, S.M., Breidt, F.J., Eve, M.D. and Paustian, K. (2003). Uncertainty in estimating land use and management impacts on soil organic carbon storage for U.S. agricultural lands between 1982 and 1997. *Global Change Biology* 9:1521-1542.

Smith, A.E, Ryan, P.B. and Evans J.S. (1992). The effect of neglecting correlations when propagating uncertainty and estimating the population distribution of risk, *Risk Analysis*, 12:467-474.

Spetzler, C.S., and von Holstein, S. (1975). Probability Encoding in Decision Analysis, *Management Science*, 22(3).

Statistics Finland. (2005). *Greenhouse gas emissions in Finland 1990-2003. National Inventory Report to the UNFCCC*, 27 May 2005.

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.

USEPA (1997). Guiding Principles for Monte Carlo Analysis, EPA/630/R-97/001, Risk Assessment Forum. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

USEPA (1999). Report of the Workshop on Selecting Input Distributions for Probabilistic Assessments, EPA/630/R-98/004, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, January 1999. 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.

Winiwarter, W. and Rypdal K. (2001). "Assessing the uncertainty associated with national greenhouse gas emission inventories: a case study for Austria," *Atmospheric Environment*, 35(22):5425-5440.

Zhao, Y. and Frey, H.C. (2004a). "Development of Probabilistic Emission Inventory for Air Toxic Emissions for Jacksonville, Florida," *Journal of the Air & Waste Management Association*, 54(11):1405-1421.

Zhao, Y., and Frey, H.C. (2004b). "Quantification of Variability and Uncertainty for Censored Data Sets and Application to Air Toxic Emission Factors," *Risk Analysis*, 24(3):1019-1034 (2004).

Zheng, J. and Frey H.C. (2004). "Quantification of Variability and Uncertainty Using Mixture Distributions: Evaluation of Sample Size, Mixing Weights and Separation between Components," *Risk Analysis*, 24(3):553-571 (June 2004).