

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 13681:2023

ASTM D6311 – 98 (2014)

Xuất bản lần 1

**HƯỚNG DẪN THIẾT LẬP DỮ LIỆU MÔI TRƯỜNG
LIÊN QUAN ĐẾN CÁC HOẠT ĐỘNG QUẢN LÝ CHẤT THẢI –
LỰA CHỌN VÀ TỐI ƯU HÓA THIẾT KẾ LẤY MẪU**

*Standard guide for generation of environmental data related to waste management
activities: Selection and optimization of sampling design*

HÀ NỘI – 2023

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu.....	4
1 Phạm vi áp dụng.....	5
2 Tài liệu viện dẫn.....	5
3 Thuật ngữ và định nghĩa.....	6
4 Ý nghĩa và sử dụng.....	9
5 Tóm tắt hướng dẫn.....	9
6 Các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn thiết kế lấy mẫu.....	11
7 Lựa chọn thiết kế ban đầu	15
8 Tiêu chí tối ưu hóa.....	19
9 Quá trình tối ưu hóa.....	20
10 Lựa chọn cuối cùng	25
Phụ lục A (qui định) Các thiết kế lấy mẫu thông dụng.....	27
Phụ lục B (tham khảo) Lựa chọn phương pháp phân tích dựa trên phương sai và chi phí	37
Phụ lục C (tham khảo) Tính số lượng mẫu: Xử lý thống kê.....	38
Thư mục tài liệu tham khảo	54

Lời nói đầu

TCVN 13681:2023 được xây dựng trên cơ sở chấp nhận hoàn toàn tương đương với ASTM D6311 – 98 (2014) *Standard guide for generation of environmental data related to waste management activities: Selection and optimization of sampling design* với sự cho phép của ASTM quốc tế, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. Tiêu chuẩn ASTM D6311 – 98 (2014) thuộc bản quyền ASTM quốc tế

TCVN 13681:2023 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 200 *Chất thải rắn* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Hướng dẫn thiết lập dữ liệu môi trường liên quan đến các hoạt động quản lý chất thải – Lựa chọn và tối ưu hóa thiết kế lấy mẫu

Standard guide for generation of environmental data related to waste management activities: Selection and optimization of sampling design

1 Phạm vi áp dụng

1.1 Tiêu chuẩn này cung cấp hướng dẫn thực tế về thu thập và tối ưu hóa các thiết kế lấy mẫu trong các hoạt động lấy mẫu quản lý chất thải, trong bối cảnh các yêu cầu được thiết lập theo các mục tiêu chất lượng dữ liệu hoặc quá trình lập kế hoạch khác.

1.2 Tài liệu này (1) cung cấp hướng dẫn lựa chọn thiết kế lấy mẫu; (2) phân thảo các phương pháp để tối ưu hóa các thiết kế đề xuất; và (3) mô tả các biến số cần được cân bằng trong việc lựa chọn thiết kế tối ưu hóa cuối cùng.

1.3 Tiêu chuẩn này không đề cập đến tất cả các quy tắc về an toàn liên quan đến việc áp dụng tiêu chuẩn. Người sử dụng tiêu chuẩn này phải có trách nhiệm thiết lập các quy định thích hợp về an toàn, sức khỏe và môi trường, và phải xác định khả năng áp dụng các giới hạn quy định trước khi sử dụng.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 12950 (ASTM D6051), *Chất thải – Hướng dẫn về lấy mẫu tổ hợp và mẫu phụ hiện trường áp dụng cho các hoạt động quản lý chất thải môi trường*

TCVN 12951 (ASTM D5956), *Hướng dẫn chiến lược lấy mẫu chất thải không đồng nhất*

TCVN 12953 (ASTM D6044), *Hướng dẫn lấy mẫu đại diện cho quản lý chất thải và môi trường bị nhiễm bẩn*

TCVN xxx (ASTM D6232), *Hướng dẫn lựa chọn thiết bị lấy mẫu cho các hoạt động thu thập dữ liệu chất thải và môi trường bị ô nhiễm*

ASTM E135 Terminology Relating to Analytical Chemistry for Metals, Ores, and Related Materials (*Thuật ngữ liên quan đến hóa phân tích đối với kim loại, quặng và vật liệu liên quan*)

ASTM E943 Terminology Relating to Biological Effects and Environmental Fate (*Thuật ngữ liên quan đến các hiệu ứng sinh học và tồn tại môi trường*)

TCVN 13681:2023

USEPA, Guidance for the Data Quality Objectives Process, EPA QA/G-4, Quality Assurance Management Staff, Washington, DC, March 1995 (*Hướng dẫn về quy trình mục tiêu chất lượng dữ liệu, EPA QA/G-4*)

USEPA, Data Quality Objectives Process for Superfund - Workbook, EPA 540/R-93/078 (OSWER 9355.9-01A), Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C., September 1993 (*Quy trình mục tiêu chất lượng dữ liệu cho Superfund - Workbook, EPA 540/R-93/078*)

USEPA, Environmental Investigations Branch Standard Operating Procedures and Quality Assurance Manual (EISOPQAM), Region 4 - Science and Ecosystem Support Division, Athens, GA, May 1996 (*Sổ tay đảm bảo chất lượng và quy trình thao tác chuẩn về điều tra môi trường (EISOPQAM)*)

3 Thuật ngữ và định nghĩa

3.1

Độ chính xác (accuracy)

Sự gần sát của giá trị đo được với giá trị thực hoặc giá trị chuẩn hoặc quy chiếu được chấp nhận.

[NGUỒN: ASTM E135]

3.2

Thuộc tính (attribute)

Chất lượng của các mẫu hoặc của một tập hợp.

[NGUỒN: TCVN 12951 (ASTM D5956)]

3.3

Đặc tính (characteristic)

Tính chất của các chỉ tiêu trong một mẫu hoặc một tập hợp có thể được đo, đếm hoặc quan sát.

[NGUỒN: TCVN 12951 (ASTM D5956)]

3.3.1 Giải thích – Đặc tính quan tâm có thể là nồng độ cadimi hoặc khả năng bắt lửa của một tập hợp.

3.4

Mẫu tổ hợp (composite sample)

Sự kết hợp của hai hoặc nhiều mẫu.

3.5

Khoảng tin cậy (confidence interval)

Một phạm vi số sử dụng để giới hạn giá trị của một tham số của tập hợp với mức độ tin cậy qui định (khoảng đó bao gồm giá trị của tham số thực).

3.5.1 Giải thích – Khi đưa ra khoảng tin cậy, cần xác định số lượng quan sát mà khoảng này được tính dựa trên cơ sở đó.

3.6

Mức độ tin cậy (confidence level)

Xác suất, thường biểu thị theo phần trăm, mà khoảng tin cậy sẽ chứa tham số đang quan tâm.

3.7

Mục tiêu chất lượng dữ liệu (data quality objectives)**DQO**

Các tuyên bố định tính và định lượng rút ra từ quá trình DQO mô tả các quy tắc quyết định và độ không đảm bảo của (các) quyết định trong phạm vi bối cảnh của (các) vấn đề.

[NGUỒN TCVN 12951 (ASTM D5956)]

3.8

Quá trình mục tiêu chất lượng dữ liệu (data quality objectives process)

Công cụ quản lý chất lượng dựa trên phương pháp khoa học và được cơ quan có thẩm quyền xây dựng để tạo điều kiện thuận lợi cho việc lập kế hoạch các hoạt động thu thập dữ liệu môi trường.

[NGUỒN TCVN 12951 (ASTM D5956)]

3.8.1 Giải thích – Quá trình DQO cho phép người lập kế hoạch tập trung nỗ lực lập kế hoạch của họ bằng cách quy định việc sử dụng dữ liệu (quyết định), tiêu chí quyết định (mức độ hành động) và tỷ lệ sai lỗi quyết định có thể chấp nhận được của người ra quyết định. Các sản phẩm của quá trình DQO là các DQO.

3.9

Quy tắc ra quyết định (decision rules)

Tập hợp các chỉ thị dưới dạng câu lệnh có điều kiện để xác định: (1) dữ liệu mẫu sẽ được so sánh thế nào so với điểm quyết định hoặc mức độ hành động, (2) quyết định nào được đưa ra từ việc so sánh, và (3) hành động tiếp theo nào sẽ được thực hiện dựa trên các quyết định.

3.10

Lỗi sai số âm (false negative error)

Lỗi xảy ra khi dữ liệu (môi trường) đánh lừa (các) người ra quyết định là không thực hiện hành động, trong khi lại cần thực hiện hành động.

3.11

Lỗi sai số dương (false positive error)

Lỗi xảy ra khi dữ liệu môi trường đánh lừa (các) người ra quyết định là thực hiện hành động khi không nên thực hiện hành động.

3.12

Tính không đồng nhất (heterogeneity)

Điều kiện của một tập hợp mà theo đó tất cả các hạng mục của tập hợp là không hoàn toàn giống

TCVN 13681:2023

nhau về phương diện đặc tính đang quan tâm.

[NGUỒN: TCVN 12951 (ASTM D5956)]

3.13

Tính đồng nhất (homogeneity)

Điều kiện của tập hợp mà theo đó tất cả các hạng mục của tập hợp là giống hệt nhau về phương diện đặc tính đang quan tâm.

[NGUỒN: TCVN 12951 (ASTM D5956)]

3.14

Mẫu đại diện (representative sample)

Một mẫu được thu thập theo một cách thức mà nó phản ánh một hoặc nhiều đặc điểm quan tâm (như đã xác định bởi các mục tiêu dự án) của một tập hợp mà từ tập hợp đó mẫu đã được thu thập.

[NGUỒN: TCVN 12951 (ASTM D5956)]

3.15

Rủi ro (risk)

Xác suất hoặc khả năng xảy ra ảnh hưởng bất lợi.

[NGUỒN: ASTM E943]

3.16

Mẫu (sample)

Một phần vật liệu được thu thập dùng để thử nghiệm hoặc cho các mục đích lưu lại.

[NGUỒN: TCVN 12951 (ASTM D5956)]

3.16.1 Giải thích – Mẫu là một thuật ngữ có nhiều nghĩa. Thành viên nhóm dự án thu thập các mẫu mang tính vật lý (ví dụ, từ bãi rác, thùng phuy hoặc ống thải) hoặc việc phân tích các mẫu, xem mẫu là đơn vị của một tập hợp được thu thập và đặt trong một thùng chứa. Trong thống kê, mẫu được xem như là một tập hợp con của tập thể và tập hợp con này có thể bao gồm một hoặc nhiều mẫu vật lý. Để giảm thiểu sự nhầm lẫn, thuật ngữ "mẫu vật lý" được tham chiếu đến mẫu được giữ trong thùng chứa mẫu hoặc phần của tập hợp được đo.

3.17

Thiết kế lấy mẫu (sampling design)

(1) các sơ đồ lấy mẫu xác định (các) điểm để lấy mẫu; (2) các chương trình lấy mẫu và các thành phần liên quan để thực hiện một lần lấy mẫu.

3.17.1 Giải thích – Cả hai định nghĩa trên đều được sử dụng phổ biến trong lĩnh vực môi trường. Do đó, cả hai đều được sử dụng trong tiêu chuẩn này.

4 Ý nghĩa và sử dụng

4.1 Tiêu chuẩn này nhằm cung cấp sự hỗ trợ thiết thực cho việc xây dựng một thiết kế lấy mẫu được tối ưu hóa. Tiêu chuẩn này mô tả hoặc thảo luận:

- 4.1.1 Tiêu chí lựa chọn thiết kế lấy mẫu,
- 4.1.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn thiết kế lấy mẫu,
- 4.1.3 Lựa chọn thiết kế lấy mẫu,
- 4.1.4 Các kỹ thuật để tối ưu hóa các thiết kế đề xuất, và
- 4.1.5 Các tiêu chí để đánh giá một thiết kế lấy mẫu được tối ưu hóa.

4.2 Trong hoạt động tạo dữ liệu USEPA chính thức, quá trình lập kế hoạch hoặc phát triển mục tiêu chất lượng dữ liệu (DQO) là bước đầu tiên. Thứ hai và thứ ba là triển khai thiết kế lấy mẫu và phân tích, và đánh giá chất lượng dữ liệu. Trong quá trình lập kế hoạch DQO, việc lựa chọn và tối ưu hóa thiết kế lấy mẫu là bước cuối cùng và do đó, là đỉnh cao của quá trình DQO. Các bước trước đó trong quy trình lập kế hoạch DQO đề cập đến:

- 4.2.1 Các vấn đề cần giải quyết,
- 4.2.2 Các quyết định khả thi,
- 4.2.3 Dữ liệu đầu vào và các hoạt động liên quan,
- 4.2.4 Các ranh giới của nghiên cứu,
- 4.2.5 Việc xây dựng các quy tắc quyết định, và
- 4.2.6 Các giới hạn quy định về sai số quyết định.

4.3 Tiêu chuẩn này không nhằm giải quyết các khía cạnh của quá trình lập kế hoạch để xây dựng các mục tiêu của dự án. Tuy nhiên, phải vạch ra các mục tiêu của dự án và thông báo cho nhóm thiết kế, trước khi lựa chọn và tối ưu hóa thiết kế lấy mẫu.

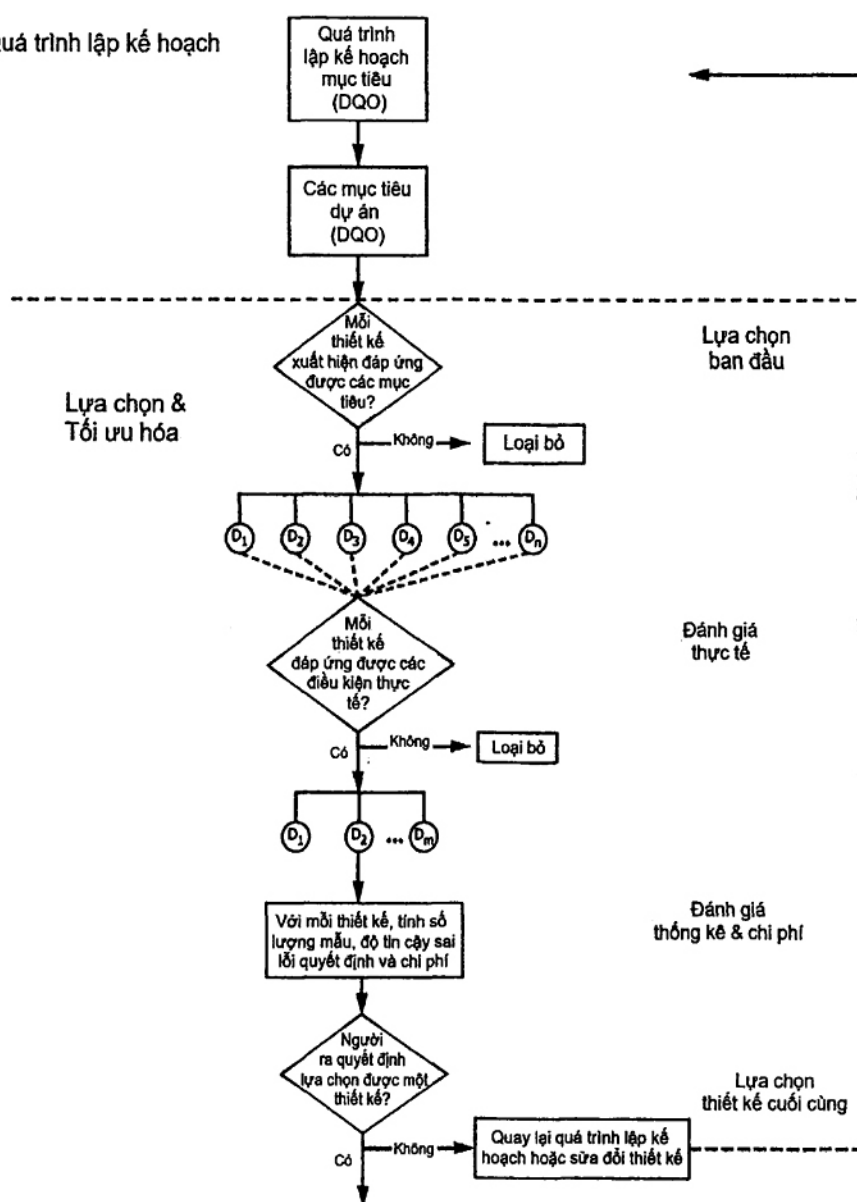
4.4 Tiêu chuẩn này đề cập đến các khía cạnh thống kê của quá trình lập kế hoạch và thực hiện và bao gồm một phụ lục để tính toán thống kê số lượng mẫu tối ưu cho một thiết kế lấy mẫu nhất định.

4.5 Tiêu chuẩn này áp dụng cho những người chịu trách nhiệm ra quyết định về các hoạt động quản lý chất thải môi trường.

5 Tóm tắt hướng dẫn

5.1 Quá trình lựa chọn và tối ưu hóa là một quá trình lặp đi lặp lại của việc lựa chọn và sau đó đánh giá các phương án thiết kế đã chọn và xác định thiết kế hiệu quả nhất về nguồn lực đáp ứng các mục tiêu của dự án hoặc DQO. Hình 1 thể hiện cách tiếp cận này.

Quá trình lập kế hoạch



Hình 1 – Thực hiện thiết kế lấy mẫu

5.2 Có thể thực hiện một thiết kế lấy mẫu thích hợp mà không cần tối ưu hóa chính thức, tuy nhiên, khuyến nghị các bước sau đây. Mỗi bước đánh giá thường dẫn đến ít lựa chọn thay thế thiết kế hơn.

5.2.1 Đánh giá thiết kế dựa trên các cân nhắc thực tế của dự án (ví dụ, thời gian, nhân sự và các nguồn vật chất).

5.2.2 Tính toán chi phí thiết kế và độ không đảm bảo thống kê, và

5.2.3 Lựa chọn quyết định thiết kế lấy mẫu của những người ra quyết định.

5.3 Có thể thực hiện các bước của quá trình đánh giá theo thứ tự bất kỳ. Đối với một dự án nhỏ, toàn bộ quá trình lựa chọn và tối ưu hóa có thể được tiến hành cùng một lúc. Nếu cuối cùng, một thiết kế đáp ứng các ràng buộc của dự án, ví dụ, tiến độ và ngân sách, nhưng trong số các thiết kế đề xuất lấy mẫu không thể xác định được, thì có thể phải sửa đổi thiết kế gần nhất hoặc đánh giá lại và sửa đổi các mục tiêu của dự án.

6 Các yếu tố ảnh hưởng đến việc lựa chọn thiết kế lấy mẫu

6.1 Đặc tính tính năng của thiết kế lấy mẫu

6.1.1 Thiết kế lấy mẫu cung cấp cấu trúc và chi tiết cho hoạt động lấy mẫu và cần lựa chọn phù hợp với các mục tiêu của dự án. Trước thời điểm này, quy trình lập kế hoạch cần phải giải quyết và xác định nhu cầu của dự án đối với từng đặc điểm thiết kế lấy mẫu, bao gồm các đặc điểm quan tâm, các ranh giới của tập hợp, quy tắc quyết định, các lỗi quyết định có thể chấp nhận được và ngân sách. Khi xem xét tất cả các khía cạnh của dự án, thiết kế được chọn phải phù hợp với sự phân bố theo không gian và thời gian của các chất gây ô nhiễm tại vị trí lấy mẫu, thực tế, hiệu quả về chi phí và tạo ra dữ liệu cho phép đạt được các mục tiêu của dự án.

6.1.2 Bất cứ khi nào có thể, trước khi xây dựng các phương án thiết kế lấy mẫu phải thiết lập các hướng dẫn kỹ thuật để đo lường nguồn gốc của sự thay đổi và độ không đảm bảo, để đảm bảo rằng có thể thiết lập mà các mục tiêu của chương trình vẫn đáp ứng.

6.1.3 Phụ lục A trình bày tổng quan về một số thiết kế lấy mẫu và công cụ thiết kế được sử dụng phổ biến hơn và tóm tắt ưu điểm và nhược điểm của chúng. Do đã có nhiều chiến lược lấy mẫu, nên điều này chỉ giới hạn ở mức độ phổ biến hơn. Nếu các chiến lược lấy mẫu phổ biến hơn không hiệu quả về chi phí hoặc không thể áp dụng cho nhóm đối tượng quan tâm, thì nên tham khảo ý kiến tư vấn của nhà thống kê để xác định các chiến lược khác có thể phù hợp hơn.

6.2 Cân nhắc, xem xét các quy định pháp lý – Việc lựa chọn thiết kế lấy mẫu, kỹ thuật lấy mẫu và phương pháp phân tích có thể tuân thủ theo các quy định hiện hành, giấy phép hoặc các thỏa thuận, áp dụng cho địa điểm đó. Những điều này cần được xem xét lại để xác định tác động của chúng đối với quá trình lựa chọn.

6.3 Mục tiêu dự án – Thông thường những người ra quyết định (ví dụ, cơ quan quản lý, nhóm thỏa thuận đồng thuận, ban quản lý công ty) xác định mục tiêu dự án trong quá trình điều tra và lập kế hoạch ban đầu hoặc quá trình DQO. Các nhà hoạch định phải xác định ranh giới tập hợp, các đặc tính quan tâm, khả năng chấp nhận của giá trị phân tích trung bình, nhu cầu xác định các khu vực ô nhiễm hoặc "điểm nóng", nhu cầu thống kê (ví dụ, sai số quyết định có thể chấp nhận được, độ không đảm bảo), và các tiêu chí chấp nhận kiểm soát chất lượng, cũng như tất cả thông tin thích hợp khác.

6.4 Hiểu biết về địa điểm – Sử dụng sự hiểu biết, kiến thức về địa điểm (ví dụ, địa lý/địa hình, tiện ích, việc sử dụng địa điểm trong quá khứ) để xác định mục tiêu dự án, cũng cung cấp cho thiết kế lấy mẫu hiệu quả hơn, ví dụ như chia địa điểm thành các khu vực thiết kế riêng để lấy mẫu hoặc loại trừ

TCVN 13681:2023

một khu vực ra khỏi chương trình lấy mẫu.

6.5 Các vấn đề về mẫu vật lý – Vật chất mang tính vật lý được lấy mẫu và vị trí của nó trên hoặc trong địa điểm thường sẽ ảnh hưởng đến thiết kế lấy mẫu và hạn chế sự lựa chọn thiết bị và các phương pháp lấy mẫu.

6.5.1 Số lượng mẫu

6.5.1.1 Mục tiêu của dự án cần chỉ rõ các mức độ tin cậy để ra quyết định. Sử dụng mức sai số quyết định này, mức độ gần với ngưỡng hoặc mức hành động và phương sai quần thể dự đoán, số lượng mẫu có thể được tính toán. Tham số thống kê quan tâm, ví dụ, trung bình hoặc 95 phần trăm và loại tần suất phân phối, ví dụ, chuẩn hoặc log chuẩn, sẽ xác định xem sử dụng công thức nào để tính số lượng mẫu thích hợp. Công thức C.5 từ Phụ lục C, có thể sử dụng để tính số lượng mẫu khi mục tiêu là đo giá trị trung bình của một tập hợp có phân phối chuẩn đối với đặc tính đang quan tâm.

6.5.1.2 Phụ lục C bao gồm các phương pháp thống kê để tính toán số lượng mẫu cần thiết để ước tính nồng độ trung bình, đối với lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản, ngẫu nhiên thống kê, đa tầng và lấy mẫu nghiên cứu (trong đó mục tiêu là phát hiện các điểm nóng).

6.5.2 Khối lượng hoặc thể tích mẫu

6.5.2.1 Xác định khối lượng hoặc thể tích mẫu theo kích thước của các phần tử tạo thành tập hợp, tính không đồng đều của tập hợp, đặc điểm của thiết bị lấy mẫu sẵn có (ví dụ, kích thước) và khối lượng hoặc thể tích cần thiết cho phân tích.

6.5.2.2 Điều quan trọng là khối lượng mẫu phải đủ lớn để chứa tất cả các kích cỡ hoặc các phần của tất cả các thành phần mẫu. Nếu các thành phần mẫu như cát hạt mịn hoặc các bộ phận ô tô lớn loại bỏ tạo thành tập hợp, thì mẫu cần bao gồm các vật phẩm đó hoặc khăn lau của những vật dụng đó.

6.5.3 Tiếp cận mẫu và logistic – Tiếp cận vị trí hoặc logistic như sau đây, có thể thay đổi thiết kế lấy mẫu:

6.5.3.1 Liệu có thể điều động thiết bị tại chỗ để lấy được các mẫu mong muốn hay không,

6.5.3.2 Nguồn điện và nước sẵn có,

6.5.3.3 Sự có mặt của các vật phẩm bị chôn lấp, lơ lửng hoặc trên bề mặt, ví dụ, đường dây điện, đường ống nước, v.v.,

6.5.3.4 Địa hình bao gồm độ dốc, độ ổn định của vị trí (xem xét độ lún), sự có mặt của bụi cây hoặc cây cối, và tình trạng đất (đất cứng so với bùn), và

6.5.3.5 Tiếng ồn của thiết bị có thể gây khó chịu.

6.5.3.6 Để biết thêm thông tin, tham khảo TCVN 13680 (ASTM D6232) và TCVN 12951 (ASTM D5956).

6.5.4 Nền mẫu

6.5.4.1 Các đặc tính vật lý của chất nền được lấy mẫu sẽ xác định tính phù hợp của một số thiết bị lấy mẫu. Một số thiết bị hoạt động tốt nhất với vật liệu kết dính, ví dụ như đất ẩm, trong khi các thiết bị

khác lại hoạt động tốt với vật liệu khô. Thiết bị dùng để đào, khoan và vật liệu có tính ăn mòn mẫu thì cần phải đủ mạnh để duy trì tính toàn vẹn của nó trong quá trình lấy mẫu. Chương trình lấy mẫu không bị chịu ảnh hưởng bởi sự không tương thích giữa thiết bị lấy mẫu và chất thải.

6.5.4.2 Tính không đồng nhất sẽ ảnh hưởng đến cả thiết kế lấy mẫu và phương tiện vật lý để thu thập mẫu. Sự phân bố không đồng đều của (các) chất gây ô nhiễm quan tâm hoặc kích thước hạt khác nhau của vật liệu, hoặc cả hai, ví dụ, đất, bê tông, vật liệu xây dựng, thảm thực vật, sẽ yêu cầu các thiết bị lấy mẫu và chiến lược lấy mẫu khác nhau. Để biết thêm thông tin, tham khảo TCVN 13680 (ASTM D6232) và TCVN 12951 (ASTM D5956).

6.6 Trao đổi thông tin với phòng thí nghiệm – Lập kế hoạch trước với phòng thí nghiệm về lịch trình lấy mẫu, phương pháp chuẩn bị mẫu, các hướng dẫn lấy mẫu phụ, quy trình phân tích, chất phân tích quan tâm, chất nền cần phân tích, định dạng báo cáo dữ liệu, dữ liệu nào được báo cáo và các yêu cầu cụ thể về độ chính xác, độ chụm, kiểm soát chất lượng, hiệu chuẩn và thời gian trả kết quả phân tích cần thiết.

6.7 Thời gian trả kết quả phân tích – Thời gian quay vòng thường là thời gian từ khi nhận mẫu trong phòng thí nghiệm đến khi gửi trả dữ liệu phân tích. Điều này thường phụ thuộc vào các xem xét phân tích và khả năng của phòng thí nghiệm.

6.8 Các ràng buộc của phương pháp phân tích – Cần lựa chọn các phương pháp phân tích trước hoặc kết hợp với việc tối ưu hóa thiết kế lấy mẫu. Việc lựa chọn các phương pháp thích hợp cần phải tính đến ít nhất các lĩnh vực sau đây.

6.8.1 Độ nhạy của phương pháp phân tích – Độ nhạy của phương pháp phân tích, thường được biểu thị bằng giới hạn phát hiện của phương pháp hoặc giới hạn phát hiện, có thể quy định khối lượng hoặc thể tích của mẫu cần thiết, việc lựa chọn phương pháp phân tích và độ chính xác và độ chụm của dữ liệu. Độ nhạy của phương pháp phân tích bị ảnh hưởng bởi một số yếu tố, bao gồm chuẩn bị mẫu, thể tích mẫu, độ ẩm phần trăm, độ pha loãng và phương pháp phân tích sử dụng.

6.8.1.1 Khối lượng hoặc thể tích phần phân tích – Nói chung, đối với một phương pháp nhất định, phần phân tích càng lớn (lên đến mức tối đa mà phương pháp phân tích có được) thì giới hạn phát hiện càng thấp và dữ liệu càng đại diện. Tuy nhiên, định lượng điển hình sử dụng bởi hầu hết các phương pháp nằm trong khoảng từ vài mL đến 1 L hoặc 100 g. Thiết bị trong phòng thí nghiệm có thể không có khả năng thực hiện một lượng mẫu lớn hơn.

6.8.1.2 Pha loãng – Mọi sự pha loãng phân tích đều làm giảm độ nhạy và tăng giới hạn phát hiện, như là một bội số của hệ số pha loãng. Khi mẫu có các thông số ở nồng độ cao, phòng thí nghiệm có thể pha loãng mẫu để cho phép thông số nằm trong phạm vi hiệu chuẩn của dụng cụ phân tích.

(1) Có thể cần chuẩn bị và phân tích các mẫu chứa các thông số với các nồng độ khác nhau ở các độ pha loãng khác nhau. Cách thức báo cáo nhiều lần phân tích này cần phải thống nhất với phòng thí nghiệm trước khi phân tích.

6.8.1.3 Mức hành động – Mức độ phát hiện cần phải thấp hơn điểm quyết định hoặc mức quy định. Nếu giới hạn phát hiện ở mức hành động hoặc mức quy định, thì mức độ không chính xác tăng lên sẽ làm tăng sự không chắc chắn trong quyết định. Các yêu cầu về giới hạn phát hiện thấp có thể yêu cầu phải xây dựng phương pháp đặc biệt. Việc kiểm tra xác nhận và xác nhận giá trị sử dụng các phương pháp mới có thể gây tốn kém và ảnh hưởng đến lịch thực hiện.

6.8.2 Độ ẩm của mẫu – Việc báo cáo kết quả phân tích trên cơ sở khối lượng khô có thể làm tăng yêu cầu về khối lượng mẫu. Báo cáo khối lượng khô có thể thực hiện theo một trong hai cách.

6.8.2.1 Làm khô phần mẫu trước khi phân tích trên cùng một phần mẫu. Cách tiếp cận này thường mang lại giới hạn phát hiện thấp hơn. Tuy nhiên, việc làm khô có thể làm thay đổi mẫu. Ví dụ, nó có thể ảnh hưởng đến kết quả của quá trình tách chiết phân tích, chẳng hạn như oxy hóa một cấu tử, ví dụ, crom hóa trị sáu.

6.8.2.2 Sử dụng hai phần mẫu. Một phần nhỏ-sử dụng để xác định độ ẩm, sau đó sử dụng để tính kết quả phân tích khối lượng khô, dựa trên phân tích phần thứ hai. Cách tiếp cận thứ hai này có thể dẫn đến việc nâng cao giới hạn phát hiện, nhưng nó là cần thiết để phân tích các chất phân tích dễ bay hơi, sẽ bị mất trong quá trình làm khô.

6.8.3 Thời gian lưu giữ – Thời gian lưu giữ thường là thời gian từ khi thu thập mẫu đến khi chiết tách hoặc phân tích mẫu. Hầu hết các cơ quan quản lý sẽ không chấp nhận hoặc hạn chế sử dụng dữ liệu từ một mẫu được phân tích ngoài thời gian lưu giữ quy định. Thời gian lưu giữ khác nhau tùy thuộc vào môi trường, chất phân tích và quy định liên quan.

6.8.3.1 Các chất phân tích như pH, crom hóa trị sáu, các chất hữu cơ dễ bay hơi và bán bay hơi có thời gian lưu giữ ngắn và có thể cần lập kế hoạch đặc biệt. Các mẫu có thời gian lưu giữ rất ngắn cần được chuyển càng sớm càng tốt để có đủ thời gian xử lý hoặc sẽ cần phân tích tại chỗ.

6.8.4 Các phép đo sàng lọc

6.8.4.1 Sàng lọc – Có thể thực hiện các phương pháp sàng lọc tại hiện trường hoặc phòng thí nghiệm và có thể cung cấp các phân tích định tính hoặc bán định lượng. Các phương pháp sàng lọc nhanh hơn và thường ít tốn kém hơn so với các phương pháp phòng thí nghiệm truyền thống, nhưng có thể kém nhạy hơn và kiểm soát chất lượng ít hơn các phương pháp truyền thống. Tuy nhiên, phương pháp này cho phép nhân viên hiện trường xác định nhanh các khu vực có vấn đề và hướng dẫn lấy mẫu và phân tích kiểm tra xác nhận có sử dụng các phương pháp truyền thống, để xác định mức độ phù hợp cuối cùng.

6.8.4.2 Phân tích tại hiện trường và tại chỗ – Khi thời gian lưu trữ hoặc quay vòng không thể đáp ứng các phân tích truyền thống của phòng thử nghiệm hoặc để tiết kiệm thời gian, giảm chi phí, hoặc tăng số lượng mẫu, thì có thể thực hiện thử nghiệm phân tích tại địa điểm lấy mẫu. Các phương pháp phân tích tại hiện trường bao gồm các bộ dụng cụ hóa học cụ thể và thiết bị đo cầm tay cho các hợp chất hữu cơ và vô cơ khác nhau. Cần lưu ý rằng các giới hạn phát hiện cần thiết, các yêu cầu quy định và kiểm soát chất lượng có thể đạt được và các tiêu chí về độ chính xác và độ chụm, đội ngũ nhân

viên được đào tạo và phương pháp quản lý dữ liệu được áp dụng để tạo ra dữ liệu nhằm đáp ứng các mục tiêu lập kế hoạch hoặc DQO.

6.9 Sức khỏe và an toàn – Phải cân nhắc sự an toàn cho con người. Cần quan tâm đặc biệt khi khả năng tiếp xúc của nhân viên hiện trường với các vật liệu nguy hiểm và khả năng gây nổ hoặc hỏa hoạn có thể xảy ra do thiết bị lấy mẫu. Ngoài ra, việc lấy mẫu có thể gây các tác động xấu, ví dụ như khoan, có thể dẫn đến việc giải phóng các vật liệu nguy hiểm vào môi trường và có khả năng ảnh hưởng đến nhân viên bên ngoài công trường.

6.10 Cân nhắc ngân sách/chi phí – Ngân sách hầu như luôn là một yếu tố quan trọng. Thách thức là phải thiết kế một kế hoạch lấy mẫu hiệu quả về chi phí, trong khi vẫn đạt được các mục tiêu dự án cụ thể. Các so sánh ước tính chi phí thiết kế lấy mẫu bao gồm:

6.10.1 Chi phí nhân sự bao gồm đi lại và công tác phí,

6.10.2 Thiết bị lấy mẫu, bao gồm cả mua/thuê,

6.10.3 Chi phí xuất và nhập,

6.10.4 Khử nhiễm bản thiết bị,

6.10.5 Thu gom và xử lý chất thải,

6.10.6 Phân tích mẫu hoặc sàng lọc hiện trường, hoặc cả hai,

6.10.7 Mẫu QA hoặc QC, hoặc cả hai,

6.10.8 Vật tư tiêu hao, và

6.10.9 Sức khỏe và an toàn.

6.11 Tính đại diện – Tính đại diện là mức độ mà các mẫu thu thập được phản ánh các đặc điểm của tập hợp. Thiết kế lấy mẫu phải được lựa chọn sao cho giảm thiểu độ chệch và đạt được các mục tiêu khác của dự án. Để biết hướng dẫn, tham khảo TCVN 12953 (ASTM D6044).

7 Lựa chọn thiết kế ban đầu

7.1 Cần lựa chọn các phương án thiết kế lấy mẫu phù hợp với các mục tiêu của dự án. Trước khi lựa chọn thiết kế, (các) thông số quan tâm (các hợp chất đích), ranh giới tập hợp, quy tắc quyết định, sự phân bố theo không gian và thời gian của các chất gây ô nhiễm tại địa điểm (nếu biết), các lỗi quyết định có thể chấp nhận được và ngân sách phải được xem xét trong quá trình lập kế hoạch. Ngoài ra, thiết kế cuối cùng phải thiết thực và tiết kiệm chi phí. Xem Phụ lục A về danh mục các thiết kế lấy mẫu thông dụng.

7.2 Đáp ứng các mục tiêu của dự án – Trước khi lựa chọn bộ thiết kế lấy mẫu ban đầu, những người chịu trách nhiệm lập kế hoạch dự án hoặc quy trình DQO phải thiết lập và truyền đạt các mục tiêu của dự án. Hình 2 cung cấp hướng dẫn về một số thiết kế lấy mẫu phổ biến vì chúng có thể đáp ứng một số mục

tiêu cơ bản của dự án. Hình 3 đưa ra hướng dẫn về một số thuộc tính của các thiết kế giống nhau.

		Thiết kế lấy mẫu							
		Có thẩm quyền		Thống kê			Hệ thống		
Mục tiêu	Thiết kế lấy mẫu	Phân đoán	Có độ chệch	Ngẫu nhiên đơn giản	Phân tầng	Nghiên cứu	Xác xuất không bằng nhau	Tuyến	Mạng lưới
Ước tính các thông số tập hợp				✓	✓				✓
Giám sát thường xuyên		✓		✓	✓			✓	
Mô tả sự phân bố theo không gian và/hoặc theo thời gian					✓	✓	✓	✓	✓
Giám sát sự không phù hợp		✓	✓			✓			

Hình 2 – Mục tiêu dự án và hướng dẫn thiết kế lấy mẫu

		Thiết kế lấy mẫu							
		Có thẩm quyền		Thống kê				Hệ thống	
Mục tiêu	Thiết kế lấy mẫu	Phán đoán	Có độ chệch	Ngẫu nhiên đơn giản	Phân tầng	Nghiên cứu	Xác xuất không bằng nhau	Tuyến	Mạng lưới
	Một số kiến thức về sự phân bố chất gây ô nhiễm	✓	✓		✓		✓		
	Thường ít tốn kém hơn	✓	✓						
	Đơn giản để thực hiện	✓	✓	✓				✓	✓
	Ước tính điều kiện trung bình			✓	✓		✓	✓	✓
	Ước tính độ biến thiên			✓	✓				✓
	Giảm thiểu độ chệch của cá nhân			✓	✓			✓	✓
	Điều chỉnh hiệu quả và nhận dạng địa tầng				✓			✓	✓
	Nhận dạng hoặc định vị các điểm nóng		✓			✓			✓
	Xem xét xu hướng hoặc chu kỳ sự phân bố chất gây ô nhiễm						✓		✓
	Xác định xu hướng hoặc chu kỳ sự phân bố chất gây ô nhiễm							✓	✓

Hình 3 – Mối tương quan giữa thiết kế lấy mẫu và hướng dẫn một số đặc tính

7.2.1 Ước tính các thông số của tập hợp – Phân loại chất thải, đánh giá khả năng xử lý chất thải hoặc xác định tính tương thích của chất thải là các loại dự án mà có thể yêu cầu thông tin về các thông số của tập hợp, chẳng hạn như giá trị trung bình và phương sai. Việc ước tính các thông số này thường dựa vào thiết kế lấy mẫu thống kê và thống kê suy luận cổ điển.

7.2.2 Quan trắc cho các mục đích thường xuyên – Giám sát, ví dụ như nước ngầm hoặc giám sát sự thay đổi của các dòng chất thải theo thời gian có thể có ích trong việc xác định, ví dụ liệu đặc tính của dòng chất thải có vượt quá giới hạn cho phép hoặc kiểm soát chất lượng đã định trước hay không.

7.2.3 Mô tả sự phân bố theo không gian hoặc theo thời gian, hoặc cả hai – Có thể sử dụng thông tin về mục đích của các hành động khắc phục để xác định về mặt không gian hoặc thời gian những phần của dòng chất thải được quản lý theo những cách khác nhau (ví dụ, thải bỏ hay xử lý, v.v.). Cũng có thể sử dụng thông tin để xác định vị trí các đơn vị lấy mẫu bổ sung nhằm tăng độ chụm khi xác định ranh giới phân tách các chất thải để quản lý theo cách khác.

7.2.4 Giám sát sự không phù hợp – Xác định các điểm nóng là mục tiêu giám sát sự không phù hợp phổ biến. Sử dụng việc lấy mẫu nghiên cứu để xác định vị trí hoặc phát hiện các thành phần quan tâm, các đối tượng, các "điểm nóng" trong khu vực lấy mẫu. Lấy mẫu có thẩm quyền dựa trên sự hiểu biết về địa điểm, cách này được sử dụng thường xuyên để xác định khả năng xảy ra sự không phù hợp kịch bản "trường hợp xấu nhất".

7.3 Thiết kế lấy mẫu cho các vị trí phức tạp – Nhiều vị trí lấy mẫu môi trường rất phức tạp và yêu cầu lựa chọn nhiều thiết kế lấy mẫu để giải quyết các vấn đề nghi ngờ khác nhau. Đối với các địa điểm này, cần tối ưu hóa một số thiết kế lấy mẫu. Sau khi đã xác định được các khu vực cụ thể, quá trình này tương tự như quá trình tối ưu hóa khác. Sau đây là ví dụ.

7.3.1 Ví dụ – Hình 4 minh họa một vị trí phức tạp, vị trí mà một chương trình đa thiết kế là phù hợp. Nó đại diện cho một nguồn ô nhiễm tiềm ẩn chẳng hạn như một đầm phá chất thải đang có hiện tượng rò rỉ chất lỏng ô nhiễm xuống bề mặt và nước ngầm. Để xác định mức độ của vấn đề, cần phải thu thập các mẫu từ các khu vực riêng biệt của địa điểm và trả lời các câu sau:

7.3.1.1 Trong đầm phá có các chất gây ô nhiễm tiềm ẩn nào?

7.3.1.2 Các mức nền của chất gây ô nhiễm là gì?

7.3.1.3 Mức độ của các chất gây ô nhiễm tiềm ẩn trong đất liền kề và bên dưới đầm phá là bao nhiêu?

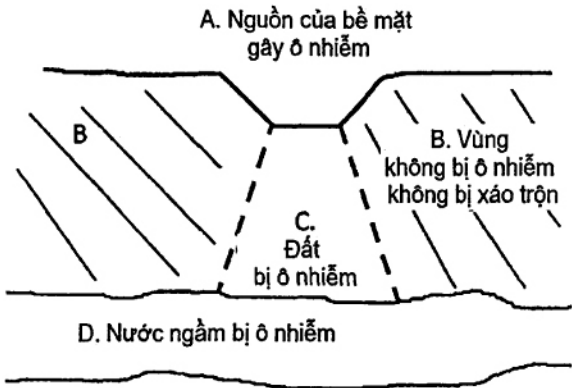
7.3.1.4 Sự ô nhiễm đã chạm đến nước ngầm chưa và ở mức độ nào?

7.3.2 Giả sử nhóm lập kế hoạch đã quen thuộc với chất thải trong quá trình và sự không đồng nhất về không gian của đầm phá, có thể trả lời câu hỏi đầu tiên bằng cách lấy mẫu có thẩm quyền. Câu hỏi thứ hai có thể trả lời bằng cách lấy mẫu có hệ thống các khu vực lân cận với địa điểm quan tâm. Câu trả lời cho câu hỏi thứ ba có thể tìm thấy bằng thiết kế lấy mẫu có hệ thống xung quanh và bên dưới đầm phá. Câu hỏi thứ tư có thể trả lời bằng cách lấy mẫu nước ngầm có hệ thống dọc theo đường từ điểm

xuất phát (đầm phá) theo hướng của dòng nước ngầm.

7.3.3 Kế hoạch tổng hợp cuối cùng cho toàn bộ địa điểm là cần xem xét tất cả các nhu cầu thông tin tích hợp nhiều thiết kế lấy mẫu (cho từng khu vực) và giai đoạn lấy mẫu hiện trường để thu thập mẫu sao cho đáp ứng nhiều hơn một khu vực hoặc câu hỏi. Ví dụ, các mẫu từ đầm phá có thể được lên lịch trước và kết quả được sử dụng để xác định danh sách chất phân tích cho đất và nước ngầm. Các lỗ khoan đất được sử dụng để xác định mức độ ô nhiễm xung quanh và bên dưới đầm phá và các mẫu nước ngầm từ nước ngầm bên dưới khu vực sẽ cung cấp thông tin về mức độ của tất cả các vật chất. Loại quy hoạch tích hợp này xảy ra sau khi lựa chọn các thiết kế để trả lời các câu hỏi riêng lẻ. Nhiều khi, việc tiết kiệm chi phí đáng kể có thể thực hiện bằng cách lựa chọn và tối ưu hóa kiểu này.

Địa điểm và mô tả	Thiết kế đề xuất
A. Đầm phá (nguồn gây ô nhiễm)	Lấy mẫu có thẩm quyền
B. Khu vực đất không bị xáo trộn (được cho là không bị ô nhiễm)	Lấy mẫu hệ thống
C. Đất ngay dưới điểm tràn (biết bị ô nhiễm, cần lập bản đồ mức độ ô nhiễm)	Lấy mẫu hệ thống
D. Nước ngầm (cần biết mức độ ô nhiễm của nguồn nước ngầm)	Lấy mẫu theo mạng lưới



Hình 4 – Vị trí hiện trường phức tạp

7.4 Thiết kế thống kê so với phi thống kê

7.4.1 Thiết kế phi thống kê – Có thể phân loại thiết kế lấy mẫu là thiết kế lấy mẫu thống kê hoặc phi thống kê. Thiết kế lấy mẫu phi thống kê đôi khi còn gọi là thiết kế lấy mẫu phi xác suất hoặc có thẩm quyền (có độ chệch hoặc phán đoán). Các chiến lược này dựa trên phán đoán của một người hoặc quy tắc quyết định được sắp xếp trước để quyết định lấy mẫu tại phần nào của tập hợp. Thiết kế lấy mẫu phi thống kê có thể là chiến lược tối ưu cho các tập hợp hoặc thời điểm nhất định trong chương trình lấy mẫu. Lấy mẫu phi thống kê có thể chấp thuận trong các trường hợp sau: (1) nghiên cứu thử nghiệm (cần có thông tin sơ bộ để tạo điều kiện thuận lợi cho việc lập kế hoạch); (2) sự cố tràn: sự cố tràn hóa chất không xác định; (3) hạn chế khả năng tiếp cận một số phần của tập hợp; (4) sàng lọc hiện trường để chọn một số lượng mẫu hạt chế để phân tích trong phòng thí nghiệm; (5) có sẵn sự

hiểu biết các thông tin lịch sử của địa điểm; và (6) xác định sự không phù hợp.

7.4.1.1 Mặc dù việc lấy mẫu phi thống kê có thể tạo ra dữ liệu hữu ích, nhưng do tính chất chủ quan của nó, logic sử dụng để chọn vị trí lấy mẫu phải được giải thích và có thể bảo vệ được.

7.4.1.2 Điều rất quan trọng là không được nhầm lẫn giữa việc lấy mẫu phi thống kê với việc sử dụng thông tin lịch sử trong quá trình thiết kế lấy mẫu. Ví dụ: nếu biết một khu vực của địa điểm bị ô nhiễm nặng trong khi một khu vực khác được cho là không bị ô nhiễm, thì có thể sử dụng thông tin này để phân chia một cách hợp lý địa điểm thành các tầng hoặc bỏ chọn một khu vực để lấy mẫu. Việc sử dụng thông tin lịch sử kết hợp với các chiến lược lấy mẫu thống kê phải tạo ra dữ liệu không có độ chệch, đại diện và xác thực.

7.4.2 Thiết kế thống kê – Thiết kế lấy mẫu thống kê còn gọi là thiết kế xác suất, không có độ chệch hoặc không phán đoán và dựa trên sự lựa chọn ngẫu nhiên các vị trí lấy mẫu để giảm thiểu độ chệch trong quá trình chọn mẫu. Các chiến lược lấy mẫu thống kê cho phép phân loại các tập hợp lớn với mức độ tin cậy đo được. Ngoài việc xem xét tất cả các thông tin khác, có thể áp dụng các điều sau:

7.4.2.1 Thông thường, số lượng mẫu càng lớn thì khoảng tin cậy đối với tham số quan tâm càng hẹp hoặc càng chặt chẽ.

7.4.2.2 Các mẫu tổ hợp rất hữu ích để xác định vị trí các khu vực điểm nóng, mặc dù chúng có thể không xác định được vị trí gây ô nhiễm nguồn điểm cụ thể.

7.4.2.3 Đối với chất thải đóng gói, cần phải xem xét lỗi lấy mẫu đối với cả bên trong thùng chứa (riêng biệt) và giữa các thùng chứa.

7.4.2.4 Vì sai số lấy mẫu thường lớn hơn và có thể khó định lượng hơn sai số phân tích, nên các mẫu QC tại hiện trường cần đưa vào để giúp xác định các sai số tiềm ẩn.

7.4.2.5 Việc lấy mẫu theo hệ thống lưới được ưa dùng hơn khi nghi ngờ hoặc đã biết về cấu trúc không gian (tương quan). Có thể đưa ra hệ số ngẫu nhiên bởi một sự lựa chọn ngẫu nhiên về nguồn gốc. Lấy mẫu hệ thống lưới thường cung cấp ước tính chính xác hơn về giá trị trung bình.

8 Tiêu chí tối ưu hóa

8.1 Tối ưu hóa liên quan đến việc lựa chọn trong số các thiết kế lấy mẫu đã chọn ban đầu có thể đáp ứng hoặc không đáp ứng các mục tiêu của dự án. Thiết kế lấy mẫu tối ưu làm giảm thiểu các biến số của dự án như chi phí, thời gian và rủi ro, mục tiêu là đạt được sự cân bằng giữa chi phí thu thập dữ liệu môi trường và chi phí hoặc hậu quả của các quyết định không chính xác trong quản lý chất thải.

8.2 Nói chung, các tiêu chí cho một thiết kế lấy mẫu tối ưu hóa là thiết kế mà:

8.2.1 Sử dụng nguồn lực và chi phí hiệu quả,

8.2.2 Cung cấp dữ liệu có chất lượng tốt,

8.2.3 Đáp ứng hoặc không vượt quá mức sai số quyết định có thể chấp nhận được,

8.2.4 Thực tế hoặc ít nhất có thể thực hiện một cách thích hợp,

8.2.5 Tuân thủ các yêu cầu quy định,

8.2.6 Có thể thực hiện theo đúng tiến độ của dự án,

8.2.7 Có độ tin cậy cao, và

8.2.8 Đáp ứng các mục tiêu cụ thể khác của dự án.

8.3 Trong quá trình tối ưu hóa, các tiêu chí trên được sử dụng để chọn thiết kế tối ưu từ các thiết kế đề xuất về lấy mẫu.

9 Quá trình tối ưu hóa

9.1 Quá trình tối ưu hóa là quá trình lặp đi lặp lại để đánh giá các phương án thiết kế lựa chọn ban đầu và xác định thiết kế hiệu quả nhất về nguồn lực đáp ứng các mục tiêu hoặc DQO của dự án. Có thể thực hiện thiết kế lấy mẫu thích hợp mà không cần tối ưu hóa chính thức; tuy nhiên, khuyến nghị các bước sau: (1) đánh giá các thiết kế dựa trên các cân nhắc thực tế của dự án (ví dụ, thời gian, nhân sự và nguồn vật chất); (2) tính toán chi phí thiết kế và độ không đảm bảo theo thống kê; và (3) sự lựa chọn thiết kế lấy mẫu của những người ra quyết định. Hình 1 và Điều 5 minh họa cách tiếp cận này.

9.1.1 Có thể thực hiện các bước của quy trình đánh giá theo thứ tự bất kỳ. Đối với một dự án nhỏ, có thể tiến hành đồng thời toàn bộ quá trình lựa chọn và tối ưu hóa. Về cơ bản, khi đánh giá tiếp diễn theo từng bước thì dẫn đến ít phải thay thế thiết kế hơn. Cuối cùng, nếu một thiết kế đáp ứng các ràng buộc của dự án, chẳng hạn như tiến độ và ngân sách, mà không thể tìm được trong số các thiết kế đề xuất về lấy mẫu, thì có thể phải sửa đổi thiết kế đề xuất gần nhất hoặc quay lại giai đoạn lập kế hoạch và đánh giá lại và sửa đổi các mục tiêu của dự án.

9.2 Đánh giá thực tế về các giải pháp thay thế thiết kế – Mỗi thiết kế đề xuất đưa ra phải được đánh giá theo các xem xét thực tế của dự án. Những khía cạnh này phải được tính đến ngay từ đầu và một số có thể trùng lặp. Tuy nhiên, mục đích ở đây là đi sâu hơn và sau đó là so sánh các thiết kế đề xuất. Sau khi xem xét, loại bỏ thiết kế không đáp ứng nhu cầu thực tế của địa điểm.

9.2.1 Xác định tập hợp hoặc (các) khu vực lấy mẫu

9.2.1.1 Xem lại lịch sử địa điểm và các giả định đã sử dụng để xác định ranh giới tập hợp. Thông tin này có thể cho phép phân tầng địa điểm, xác định các khu vực quan tâm cụ thể và ước tính tính không đồng nhất. Xác định thiết kế lấy mẫu phù hợp nhất với ranh giới không gian và thời gian của tập hợp.

9.2.1.2 Việc chia nhỏ khu vực có thể liên quan đến các giới hạn không gian như thùng phuy, bể chứa, khu vực trong lưới, vị trí khoan trên lưới, khoảng sâu trong rãnh, khoảng cách dọc theo băng chuyền, hoặc điều kiện thích hợp khác được xác định đơn vị vật lý mà từ đó có thể thu được vật liệu. Ví dụ, một khu vực nghiên cứu xác định có thể là câu trả lời để xác định vị trí khu vực đường kính 1524 mm (8 ft) của chất gây ô nhiễm PCB từ sự cố tràn 1 thùng chứa 208,198 L (55 gal) PCB.

9.2.2 Xác định số lượng mẫu tối ưu

9.2.2.1 Ngân sách và mức độ không chắc chắn có thể chấp nhận được như đã xác định bởi DQO hoặc quá trình lập kế hoạch mục tiêu của dự án là những yếu tố cạnh tranh có ảnh hưởng đến số lượng mẫu. Các kỹ thuật thống kê để cân bằng các yếu tố cạnh tranh này được giải thích ở một số tài liệu liệt kê tại Thư mục tài liệu tham khảo.

9.2.2.2 Phần dưới đây minh họa một cách tính đối với việc lấy mẫu lưới có hệ thống thường được sử dụng phổ biến và có thể được lặp lại nếu cần, khi số lượng mẫu tính toán thực tế được chứng minh là quá lớn để thực hiện

9.2.2.3 Ví dụ về tính toán – Số lượng mẫu thu thập có thể tính toán dựa trên thông tin phương sai thu được từ dữ liệu lấy mẫu trước đó hoặc ước tính dựa trên đánh giá chuyên môn. Thông thường các chất gây ô nhiễm cần quan tâm (COC) là các thông số gần nhất hoặc vượt quá mức hành động. Sự có mặt của chúng thường là động lực thúc đẩy nhu cầu xác định phạm vi và mức độ ô nhiễm. Thống kê quan tâm ở đây là giá trị trung bình và nó giả định có phân phối chuẩn.

(1) Chọn biên độ sai số (p) có thể chấp nhận được cho việc sử dụng dữ liệu tiếp theo. Đối với các nghiên cứu về đất, biên độ sai số 0,20 không phải là bất thường. Biên độ sai số có thể được tính bằng cách chia độ chụm cần thiết, tính theo nồng độ, ví dụ, nồng độ trung bình đã biết hoặc dự đoán của COC = 10 ppm. Lưu ý rằng nếu độ chụm thực tế hoặc nồng độ trung bình của COC khác với giá trị ước tính trong quá trình lập kế hoạch, thì có thể cần đánh giá lại biên độ sai số giả định.

(2) Hệ số biến thiên (CV), được định nghĩa là độ lệch chuẩn của COC chia cho giá trị trung bình của COC, thu được bằng cách sử dụng dữ liệu lấy mẫu trước đó hoặc được ước tính dựa trên sự thay đổi dự đoán. Nếu thu được CV trên 0,65, thì thường sẽ cần một số lượng lớn mẫu để đưa ra quyết định với biên độ sai số đã chọn.

(3) Cần phải thiết lập mức tin cậy 100 ($1 - \alpha$) %. Đối với công việc liên quan đến các chất thải nguy hại, thông dụng mức tin cậy 95 %. Đối với độ tin cậy 95 %, sử dụng bảng thống kê tiêu chuẩn Z , điều này tương ứng với hệ số thống kê một chiều là $Z_\alpha = 1,645$.

(4) Nếu muốn suy luận một chiều về tập hợp (ví dụ: so sánh nồng độ trung bình với ngưỡng quy định), thì số lượng mẫu yêu cầu được tính theo công thức sau:

$$n = \{Z_\alpha (CV)/p\}^2 \quad (1)$$

Trong đó

n là số lượng mẫu cần thu thập,

Z_α là hệ số thống kê cho mức tin cậy mong muốn,

CV là hệ số biến thiên, và

p là biên độ sai số.

Trong trường hợp không có sẵn dữ liệu lấy mẫu trước đó, có thể sử dụng các giá trị sử dụng trong

phân giải thích ở trên như một điểm khởi đầu.

$$n = \frac{(1,65)^2 (0,65)^2}{(0,20)^2} \quad (2)$$

$$n = 29 \text{ mẫu} \quad (3)$$

Nếu muốn suy luận hai chiều (ví dụ: giá trị trung bình bằng 10 ppm), giá trị Z là 1,96 sử dụng trong công thức, thay vì 1,65. Kết quả là $n = 40$.

(5) Sau khi tính toán xong, xem xét lại số lượng mẫu và biên độ sai số để xác định số có thể chấp nhận được. Nếu giá trị của n số mẫu quá lớn thì cần xem xét điều chỉnh biên độ sai số hoặc có thể sửa đổi thiết kế lấy mẫu. Ngoài ra, nếu tập hợp được phân tầng theo nồng độ, số lượng mẫu cần thiết có thể được giảm bớt bằng cách chọn thiết kế lấy mẫu cho mỗi tầng. Sự thay đổi giữa các tầng sau đó sẽ bị loại bỏ ra khỏi tính toán số lượng mẫu cần thiết.

(6) Bảng 1 minh họa số lượng mẫu cần thiết ở mức tin cậy 95 % (hệ số bằng Z là 1,65) với các biên độ sai số (p) và hệ số biến thiên (CV) khác nhau.

Bảng 1 – Số lượng mẫu (n) đối với hệ số biến thiên và biên độ sai số cho trước

Biên độ sai số (p)	Hệ số biến thiên (CV)				
	0,1	0,5	0,65	1,0	2,0
0,1	3	68	115	272	1089
0,2	1	17	29	68	272
0,3	-	8	13	30	121
0,5	-	3	5	11	44
1,0	-	1	1	3	11
2,0	-	-	-	1	3

(7) Lưu ý rằng khi CV tăng với một biên độ sai số đã định, số lượng mẫu cần thiết sẽ tăng lên. Khi độ biến thiên thấp (được đo bằng độ lệch chuẩn hoặc căn bậc hai của phương sai) so với giá trị trung bình của dữ liệu, thì CV sẽ thấp. Tuy nhiên, khi sự thay đổi trong tập hợp bắt đầu tăng so với giá trị trung bình của dữ liệu, thì CV tăng và số lượng mẫu cần thiết tăng lên nếu đặc trưng của địa điểm ở mức độ tin cậy 95 % và biên độ sai số đã đặt là mong muốn.

(8) Mỗi quan hệ tương tự được quan sát đối với biên độ sai số. Khi độ chụm yêu cầu (ví dụ: ± 10 ppm chì) là cao, so với giá trị trung bình của dữ liệu (ví dụ 100 ppm chì), thì biên sai số sẽ thấp (trong trường hợp này là 0,1). Trong trường hợp này, 115 mẫu được yêu cầu với CV là 0,65. Nếu các nhà nghiên cứu có thể chấp nhận biên độ sai số cao hơn (ví dụ: ± 20 %) và nồng độ trung bình của dữ liệu vẫn là 100 ppm chì, thì biên độ sai số (0,2) sẽ tính được số mẫu yêu cầu. Lưu ý rằng 29 mẫu được yêu cầu ở cùng một CV là 0,65 và suy luận một chiều.

(9) Nếu mức độ tin cậy giảm xuống 80 %, thì số lượng mẫu yêu cầu phản ánh trong hình này sẽ thấp hơn cho mỗi biên độ sai số và tổ hợp CV. Tuy nhiên, mức độ tin cậy có thể không đổi. Một giải pháp thay thế để phân tích số lượng mẫu lớn hơn có thể là sử dụng tổ hợp.

9.2.2.4 Xem xét địa điểm/sự kiện – Địa điểm và (các) sự kiện lấy mẫu vật lý tạo thành phần lớn các khía cạnh thực tế cần đánh giá. Mỗi thiết kế được đánh giá dựa trên tất cả các khía cạnh thực tế để xác định xem một thiết kế nhất định có phù hợp thực tế để thực hiện hay không. Việc đánh giá này phụ thuộc vào đánh giá chuyên môn về khía cạnh thực tế, ví dụ, mức độ đào tạo nhân sự cần thiết, có thực tế hoặc có thể chấp nhận được hay không, hoặc cả hai. Nếu không, thì cần sửa đổi thiết kế hoặc loại bỏ. Những khía cạnh này bao gồm, nhưng không giới hạn ở những điều sau:

- (1) Tiếp cận địa điểm và các điều kiện – Các cân nhắc về địa điểm - khả năng lây nhiễm chéo; giới hạn tiếp cận với các vị trí lấy mẫu (ví dụ: tòa nhà, khu xử lý chất thải).
- (2) Thiết bị và nhân sự – Sự hạn chế về thiết bị; kinh nghiệm của đội lấy mẫu hiện trường; kinh nghiệm của các nhà phân tích; nguồn lực của phòng thí nghiệm và hiện trường.
- (3) Sự kiện lấy mẫu – Các mối quan tâm đặc biệt về địa điểm (ví dụ, vật liệu chưa nổ); các nhu cầu phân tích đặc biệt (ví dụ, phân tích dioxin nồng độ thấp); các mối liên quan phân tích đặc biệt (ví dụ, các yếu tố gây ảnh hưởng, nhiễu pha, không tương thích); cân nhắc về sức khỏe và an toàn; chất nền bền vững (ví dụ, vật liệu hóa rắn); điều tra nguồn gốc phát sinh chất thải (IDW).
- (4) Tiến độ – Các sự kiện tạm thời (ví dụ, khởi động, ngừng hoạt động); tác động tiềm ẩn đối với tiến độ.
- (5) Cân nhắc, xem xét về an toàn.

9.3 Đánh giá thống kê và chi phí – Tiếp theo cuộc đánh giá từng thiết kế lấy mẫu để xem xét thực tế, thấy nên giảm bớt các thiết kế đề xuất. Tại thời điểm này, các khía cạnh thống kê (ví dụ, độ không đảm bảo) và chi phí ước tính cần tính toán để chuẩn bị tiến hành xem xét cuối cùng của những người ra quyết định. Các loại tính toán và mức độ cần thống kê sẽ phụ thuộc vào các mục tiêu của dự án. Việc đánh giá thống kê thường xuyên sẽ giải quyết các vấn đề về lỗi sai số dương hoặc lỗi sai số âm, độ chính xác và độ chụm, tính đại diện và tính khách quan so với tính chủ quan.

9.3.1 Cân nhắc về thống kê – Có nhiều phương pháp đánh giá thống kê và được giải thích ở một số điều trong tài liệu, bao gồm các tài liệu hướng dẫn ASTM và USEPA. Mức độ mà đánh giá thống kê cần sử dụng tùy thuộc vào các mục tiêu của dự án. Thông thường, đánh giá thống kê bao gồm các giới hạn có thể chấp nhận được của sai số phân tích và sai số lấy mẫu tiềm ẩn và cơ chế được thiết lập để kiểm soát chúng. Sau đây là một số hướng dẫn chung.

9.3.1.1 Phân tích độ nhạy – Phân tích độ nhạy xác định cách thức hoạt động của mỗi thiết kế khi các giả định cơ bản về hoạt động lấy mẫu được sửa đổi. Thông thường, điều này liên quan đến sự thay đổi các thông số cụ thể trong một số phạm vi hợp lý và thiết lập cách mà mỗi thay đổi này ảnh hưởng đến tỷ lệ lỗi quyết định dự kiến. Đường cong công suất thống kê là một công cụ thống kê hữu ích sử dụng để đánh giá liệu một thiết kế lấy mẫu có khả năng đáp ứng các mục tiêu của dự án hay không.

9.3.1.2 Thử nghiệm giả thuyết

(1) Mỗi thiết kế lấy mẫu thống kê nên bao gồm một thử nghiệm giả thuyết thống kê. Cần xây dựng một mô hình thống kê mô tả mối quan hệ của giá trị đo được với giá trị “thực”. Công thức toán học này làm rõ cách dữ liệu được tạo ra từ một thiết kế được giải thích và xử lý trong việc kiểm tra giả thuyết. Một biểu mẫu phân tích dự kiến để phân tích dữ liệu kết quả (ví dụ, hàm phân bố t-student hoặc khoảng dung sai) nên làm rõ trong mục tiêu dự án. Có thể sử dụng thông tin này để xác định cỡ mẫu tối thiểu đáp ứng các giới hạn của mục tiêu dự án về sai số quyết định.

(2) Mục tiêu của thiết kế thống kê là giới hạn sai số tổng, là sự kết hợp giữa sai số lấy mẫu và đo lường, ở mức có thể chấp nhận được. Các phương pháp phòng thí nghiệm truyền thống có xu hướng giảm thiểu sai số phép đo, nhưng có thể đạt đến mức chỉ có thể phân tích một số mẫu hạn chế trong phạm vi ngân sách. Ưu điểm của việc sử dụng các phương pháp ít chính xác hơn, tương đối ít tốn kém hơn là nó cho phép thu thập và phân tích số lượng mẫu lớn hơn đáng kể. Điều này có thể đánh đổi sự gia tăng sai số phép đo để giảm sai số lấy mẫu. Nếu vậy, với sự thay đổi tự nhiên trong nhiều nghiên cứu môi trường, cách tiếp cận này có thể giảm chi phí tổng thể trong khi hạn chế tổng tỷ lệ sai sót quyết định ở mức có thể chấp nhận được.

(3) Phụ lục B nêu cách tiếp cận làm ví dụ để xử lý thống kê việc lựa chọn phương pháp phân tích dựa trên phương sai phân tích và chi phí phân tích trên mỗi mẫu.

9.3.1.3 Các báo lỗi – Khi sử dụng các thiết kế có thẩm quyền hoặc không thống kê, các báo cáo định lượng về chất lượng dữ liệu được giới hạn trong thành phần sai số phép đo của tổng sai số nghiên cứu. Một cách tiếp cận thống kê cho phép một báo cáo định lượng về thành phần lỗi lấy mẫu của sai số tổng của dự án và cho phép xác định xác suất đưa ra lỗi quyết định liên quan đến sự kiện lấy mẫu tổng thể.

9.3.1.4 So sánh các thiết kế lấy mẫu dựa trên các cân nhắc, xem xét mang tính thống kê

(1) Khi sự phân bố nồng độ tập hợp là ngẫu nhiên – Khi không có xu hướng, sự phân tầng hoặc tương quan không gian trong sự phân bố nồng độ chất gây ô nhiễm trên một khu vực, lưới hệ thống và lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản thường là độ chính xác như nhau.

(2) Khi sự phân bố nồng độ tập hợp có xu hướng – Nói chung, việc lấy mẫu lưới hệ thống chính xác hơn lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản và ít chính xác hơn lấy mẫu ngẫu nhiên phân tầng (trong ước tính trung bình của tập hợp), giả sử các tầng được xác định một cách thích hợp.

(3) Khi nồng độ tập hợp có tương quan về không gian – Trên thực tế sự tương quan về không gian là khi hai mẫu được lấy gần nhau thì nồng độ có xu hướng tương tự hoặc tương quan và mối tương quan này giảm khi khoảng cách giữa hai mẫu tăng lên. Thông thường, sự có mặt của mối tương quan không gian hoặc sự phân nhóm có thể giảm thiểu bằng cách lấy các mẫu cách xa nhau về mặt không gian. Thiết kế lưới và phân tích dữ liệu thống kê địa lý có thể sử dụng để loại bỏ lỗi liên quan đến thiết kế ngẫu nhiên. Tuy nhiên, lấy mẫu ngẫu nhiên là rất có ích để tránh độ chệch của con người và là thiết kế được lựa chọn khi biết quá ít về phân tầng hoặc lưới. Nếu biết địa điểm có những khác biệt do tác

động của lịch sử, điều kiện, phương tiện giao thông, hoặc sự kết hợp của chúng, của các chất gây ô nhiễm, thì sử dụng kiến thức này tốt nhất cho một thiết kế phân tầng. Lấy mẫu ngẫu nhiên phân tầng nói chung sẽ chính xác hơn lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản.

9.3.2 Ước tính chi phí – Việc xây dựng ước tính tổng chi phí thu thập và phân tích mẫu cho từng phương án thiết kế cho phép nhóm quyết định so sánh các khía cạnh tài chính của các thiết kế lấy mẫu đáp ứng các mục tiêu của dự án. Chúng bao gồm tất cả các khía cạnh của thiết kế lấy mẫu và (các) kết quả phân tích. Sự khác biệt về chi phí giữa các thiết kế thay thế là thường xuyên, nhưng không phải lúc nào cũng liên quan chặt chẽ đến số lượng mẫu được yêu cầu. Ví dụ chi tiết về ước tính chi phí bao gồm trong Phụ lục B của Hướng dẫn USEPA về DQO.

10 Lựa chọn cuối cùng

10.1 Lúc này nhóm quyết định phải có tất cả thông tin cần thiết để đưa ra lựa chọn cuối cùng về thiết kế hiệu quả nhất về nguồn lực. Thông tin được trình bày cho (những) người ra quyết định. So sánh hoặc đánh giá cuối cùng có thể ở dạng như nêu tại 10.2 hoặc 10.3.

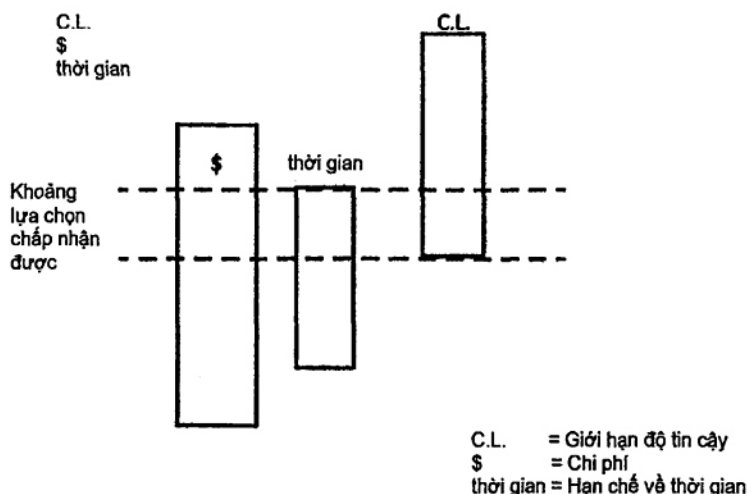
10.2 Rủi ro so với chi phí – Ở đây, rủi ro là một ước tính xác suất của một quyết định sai và mức độ gây nguy hại liên quan. Vì thông thường, rủi ro càng thấp thì chi phí thực hiện càng nhiều, mức độ rủi ro có thể chấp nhận được là tùy theo quyết định của người ra quyết định. Giả sử mỗi phương án thiết kế được trình bày đáp ứng các mục tiêu của dự án, động lực của quyết định cuối cùng thường là sự cân bằng giữa rủi ro và chi phí, như trình bày trong Hình 5. Mục tiêu là giảm thiểu chi phí hoặc rủi ro, hoặc cả hai, liên quan đến các ràng buộc của dự án (ví dụ, lỗi sai số dương, lỗi sai số âm).



Hình 5 – Tối ưu hóa thiết kế

10.3 Mức độ tin cậy so với chi phí và thời gian – Sự cân bằng của mức độ tin cậy, các ràng buộc về chi phí và thời gian được thể hiện trong Hình 6. Các sửa đổi thiết kế để đạt được sự cân bằng cần thiết có thể gồm: (1) tăng hoặc giảm số lượng mẫu; (2) sử dụng các công cụ thiết kế, ví dụ tổ hợp; (3) thỏa mãn các hạn chế thực tế; (4) thay đổi phạm vi nghiên cứu; (5) gia tăng các lỗi thiết kế có thể chấp nhận được; (6) nói lỏng các ràng buộc của dự án; hoặc (7) sửa đổi trong các giả thuyết ban đầu.

10.3.1 Những thay đổi đáng kể đối với một hoặc nhiều thiết kế thay thế sẽ yêu cầu lặp lại quá trình tối ưu hóa, với việc xem xét các ràng buộc thực tế tiềm ẩn, tính toán lại số lượng mẫu, thực hiện lại các ước tính thống kê và chi phí, và đánh giá cuối cùng của người ra quyết định.



Hình 6 – Các biến số của quyết định

10.4 Các phương án lựa chọn cuối cùng

10.4.1 Sử dụng thông tin đã tạo dựng để so sánh chi phí, rủi ro, mức độ tin cậy, hạn chế về thời gian và các dữ liệu thích hợp khác, người ra quyết định có thể (1) chọn một thiết kế lấy mẫu hoặc (2) từ chối các thiết kế đề xuất.

10.4.2 Nếu không có thiết kế nào đáp ứng thỏa đáng các yêu cầu của mục tiêu dự án, bao gồm các hạn chế về ngân sách và mức độ rủi ro/sai số có thể chấp nhận được, thì cần sửa đổi thiết kế lấy mẫu hoặc các mục tiêu của dự án. Nhóm thiết kế cần thảo luận với người ra quyết định xem các sửa đổi nào đối với các mục tiêu của dự án hoặc (các) phương án thiết kế là phù hợp nhất.

Phụ lục A

(qui định)

Các thiết kế lấy mẫu thông dụng

A.1 Các kiểu thiết kế lấy mẫu thông dụng

A.1.1 Phụ lục này liệt kê một số thiết kế lấy mẫu thông dụng trong các ứng dụng môi trường, kèm theo mô tả về cách sử dụng, ưu điểm và hạn chế của chúng. Các thiết kế lấy mẫu được giải thích ở đây bao gồm: lấy mẫu theo thẩm quyền, lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản, lấy mẫu ngẫu nhiên phân tầng và lấy mẫu hệ thống. Mỗi thiết kế lấy mẫu có thể sử dụng đơn lẻ, kết hợp với nhau hoặc kết hợp với các công cụ thiết kế lấy mẫu (xem A.2) ví dụ: kết hợp với nhau. Bảng A.1 đến Bảng A.3 tóm tắt các thiết kế và công cụ lấy mẫu để tham khảo nhanh.

A.1.1.1 Lấy mẫu có thẩm quyền – Lấy mẫu có thẩm quyền ngụ ý là một số đánh giá chủ quan của con người có liên quan đến việc lựa chọn (các) vị trí lấy mẫu. Nói chung có hai loại: lấy mẫu phán đoán và lấy mẫu có độ chệch. Tuy nhiên, các phương pháp lấy mẫu này không phải là lấy mẫu ngẫu nhiên, mà có nghĩa là mọi vị trí lấy mẫu cũng có thể chấp nhận được. Khi sử dụng đúng cách, các sơ đồ lấy mẫu này có thể mang lại hiệu quả cao về mặt chi phí. Tuy nhiên, trong lấy mẫu có thẩm quyền, không có xác suất lựa chọn khách quan nào được chỉ định cho đơn vị bất kỳ trong tập hợp. Kết quả là, thường không có cách nào để ước tính phương sai lấy mẫu của tập hợp.

A.1.1.2 Lấy mẫu (theo) phán đoán – Trong lấy mẫu theo phán đoán, (các) vị trí lấy mẫu được chọn vì đại diện cho các điều kiện trung bình của tập hợp. Mục tiêu lấy mẫu ở đây là thu được (các) mẫu nhanh, chi phí thấp, có thể thu được ước tính về các điều kiện chung (trung bình) của tập hợp. Có thể lấy nhiều hơn một mẫu để tăng độ tin cậy trong ước tính của tập hợp được xây dựng từ các dữ liệu của mẫu.

(1) *Công dụng* – (1) Khi cần ước tính nhanh và không tốn kém về trung bình của tập hợp, (2) khi tập hợp không đồng nhất, (3) khi có biên độ sai số cao có thể chấp nhận được trong việc xây dựng quan điểm về tập hợp, hoặc (4) khi người lấy mẫu hoặc người thiết kế có hiểu biết và có thể đưa ra phán đoán chính xác về nơi lấy mẫu.

(2) *Ưu điểm* – (1) Có thể nhanh chóng và không tốn kém, đặc biệt là nếu không cần lấy mẫu lại.

(3) *Hạn chế* – (1) Khi tập hợp không đồng nhất và cần các kết quả dựa trên thống kê hơn, thì các điều kiện trung bình của nó có thể không dễ dàng ước tính được. (2) Khi biên độ sai số có thể chấp nhận được là nhỏ, thì không sử dụng phương pháp này, trừ khi tập thể tương đối đồng nhất hoặc lấy nhiều mẫu hơn. Khi cần quá nhiều mẫu, thì ưu điểm về chi phí của nó có thể không còn và nhược điểm về độ chính xác (không có độ chệch) và độ chụm so với các thiết kế lấy mẫu khác có thể bắt đầu tăng lên. (3) Phương sai lấy mẫu tính được từ các mẫu “phán đoán” có thể không phải là một ước tính tốt về phương sai lấy mẫu thực sự của tập hợp.

A.1.1.3 Lấy mẫu có độ chệch – Mục tiêu của lấy mẫu có độ chệch thường là phát hiện sự có mặt của chất gây ô nhiễm hoặc để lấy mẫu “trường hợp xấu nhất”. (Các) vị trí lấy mẫu được chọn dựa trên thông tin hoặc kiến thức sẵn có, đặc biệt là về các khu vực ô nhiễm nhìn được bằng mắt thường hoặc có kiến thức về ô nhiễm.

(1) *Công dụng* – (1) Phát hiện sự có mặt của chất gây ô nhiễm cục bộ, xác định nguồn ô nhiễm hoặc xác định sự không phù hợp.

(2) *Ưu điểm* – (1) Tiết kiệm chi phí cho các mục đích đã định.

(3) *Hạn chế* – (1) Việc phát hiện ô nhiễm cục bộ từ phương pháp này không thể tổng quát hóa cho toàn bộ khu vực hoặc tập hợp. (Câu hỏi về mức độ hoặc mức độ ô nhiễm trong toàn bộ tập hợp không trả lời được với loại lấy mẫu này.)

A.1.2 Lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản – Lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản coi tất cả các đơn vị trong tập hợp là như nhau (xem thêm A.1.3 và A.1.4). Trong sơ đồ chọn mẫu này, tất cả các đơn vị trong tập hợp có xác suất bằng nhau để chọn làm một trong các mẫu và việc chọn một mẫu không ảnh hưởng đến việc chọn các mẫu còn lại. Từ tập hợp đó lấy ngẫu nhiên số lượng mẫu thích hợp.

A.1.2.1 Công dụng – (1) Khi cần giảm thiểu độ chệch tiềm ẩn của cá nhân; (2) khi tập hợp không xác định được các kiểu ô nhiễm, chẳng hạn như sự phân tầng.

A.1.2.2 Ưu điểm – (1) Đây là thiết kế lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản nhất. Do việc chọn mẫu dựa trên xác suất, nên có thể trông chờ một tập hợp mẫu đại diện và dữ liệu mẫu có thể sử dụng để ước tính phương sai của tập hợp.

A.1.2.3 Hạn chế – (1) Nếu tồn tại các mẫu hoặc sự phân tầng, thì nó có thể không đưa ra ước tính chính xác (cả về độ chệch và độ chụm) về đặc tính của tập hợp. (2) Có thể cần một số lượng mẫu lớn để đạt được mức của độ chụm mong muốn trong việc ước lượng các đặc tính của tập hợp (đặc biệt là khi tập hợp có tính không đồng nhất cao). (3) Về mặt logistic, có thể không dễ dàng lấy mẫu tại các vị trí ngẫu nhiên đã chỉ định.

A.1.3 Lấy mẫu ngẫu nhiên phân tầng – Trong lấy mẫu ngẫu nhiên phân tầng, tập hợp được chia thành các nhóm phụ không chồng chéo nhau (theo không gian hoặc thời gian) gọi là tầng, trong đó nồng độ chất gây ô nhiễm tương tự nhau trong một tầng và không giống nhau giữa các tầng. Vị trí lấy mẫu được chọn bằng cách sử dụng lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản trong mỗi tầng. Người ta cũng có thể sử dụng một thiết kế có hệ thống trong mỗi tầng. Ước tính tổng thể của các đặc tính tập hợp (ví dụ, nồng độ trung bình) là giá trị trung bình có trọng số của trung bình tầng, trọng số là kích thước tương đối của các tầng. Kích thước tương đối của tầng được định nghĩa là tỷ lệ giữa kích thước của tầng với kích thước của toàn bộ tập hợp.

A.1.3.1 Công dụng – (1) Khi một tập hợp có thể chia thành các tầng khác nhau, đặc biệt khi ranh giới phân tầng phù hợp với nồng độ chất gây ô nhiễm, như vậy mỗi tầng là tương đối đồng nhất so với đặc điểm đang quan tâm.

A.1.3.2 Ưu điểm – (1) Nếu việc phân chia tập hợp thành các tầng tạo ra các tầng tương đối đồng nhất, thì thiết kế này sẽ thu được ước tính chính xác hơn về đặc tính của tập hợp so với lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản, sử dụng cùng một số lượng mẫu. (2) Có thể thu được một tập hợp mẫu đại diện. (3) Có thể ước tính phương sai lấy mẫu.

A.1.3.3 Hạn chế – (1) Việc thu thập mẫu tại các vị trí ngẫu nhiên trong một tầng có thể không dễ thực hiện về mặt logistic. (2) Độ chính xác/độ chụm cao hơn chỉ có thể xảy ra nếu sự phân tầng đã biết phản ánh chính xác các tầng, với độ biến thiên giữa các tầng tối đa và độ biến thiên tối thiểu trong các tầng. (3) Nếu mỗi tầng sử dụng như một đơn vị để đưa ra quyết định, thì mỗi tầng có thể coi như một tập hợp và có thể sử dụng một thiết kế lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản cho mỗi tầng.

CHÚ THÍCH: Thường mong muốn có sự phân bố đồng đều hơn của các vị trí lấy mẫu trong toàn bộ tập hợp hơn là thiết kế lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản. Trong những trường hợp như vậy (ví dụ, khi lấy mẫu dọc theo một tuyến hoặc trên một khu vực), có thể chia tập hợp thành các khối có kích thước bằng nhau hoặc không bằng nhau. Các khối này có thể được hiểu là các tầng "tùy ý". Các tầng tùy ý này có thể xác định theo địa hình, ranh giới chính trị hoặc các ranh giới vật lý như đường xá và sông ngòi. Sau đó, từ bên trong mỗi khối có thể lấy một tập hợp các mẫu ngẫu nhiên hoặc hệ thống.

A.1.4 Lấy mẫu theo hệ thống – Lấy mẫu theo hệ thống hỗ trợ việc thu thập mẫu theo những khoảng thời gian định trước, đều đặn, trong không gian hoặc thời gian. Tuy nhiên, phương pháp lấy mẫu này không loại trừ được sự kết hợp các yếu tố ngẫu nhiên. Sau đây giải thích một số thiết kế thông dụng.

A.1.4.1 Công dụng – (1) Những thiết kế này có thể áp dụng khi cần lấy mẫu bố trí đồng nhất hơn trong toàn bộ tập hợp, như khi một tập hợp về cơ bản là ngẫu nhiên hoặc có tối thiểu các tầng. (2) Xác định các điểm nóng. (3) Lập bản đồ phân bố các chất gây ô nhiễm.

A.1.4.2 Ưu điểm – (1) Tương đối dễ dàng xác định các mẫu để thu thập và thực hiện trong hầu hết các điều kiện hiện trường. (2) Nó có thể hữu ích để xác định các dạng nhiễm bẩn (xu hướng hoặc chu kỳ). (3) Trong nhiều trường hợp, nó sẽ tạo ra một ước tính chính xác hơn về nồng độ trung bình. (4) Đặc biệt hữu ích trong việc phát hiện các điểm nóng.

A.1.4.3 Hạn chế – (1) Cần cẩn thận để các vị trí lấy mẫu không trùng với các mẫu không bị nghi ngờ hoặc có tính chu kỳ về nồng độ chất gây ô nhiễm. Sự trùng hợp như vậy có thể tạo ra ước tính sai lệch. (2) Có thể khó ước tính chính xác phương sai lấy mẫu tập hợp.

A.1.4.4 Lấy mẫu dọc theo tuyến – Khi lấy mẫu theo thời gian hoặc dọc theo một tuyến vật lý, ví dụ, con mương, có thể lấy các mẫu theo một khoảng thời gian xác định trước, đều đặn dọc theo tuyến. Khi đã biết số lượng mẫu cần thu thập (n), khoảng thời gian lấy mẫu theo không gian hoặc thời gian (k) có thể được xác định.

$$k = N/n \quad (\text{A.1})$$

Trong đó

n tổng chiều dài của tuyến và

k xác định chính xác đến số nguyên gần nhất.

TCVN 13681:2023

Một cách để lấy n mẫu như sau: (1) hình dung tổng chiều dài của tuyến (N) như khi kéo dài xung quanh một vòng tròn (2) chọn một số ngẫu nhiên từ 1 đến N làm điểm bắt đầu và (3) chọn mọi mẫu thứ k xung quanh vòng tròn, cho đến khi thu được n trong số đó. Điều này cung cấp một tập hợp các mẫu mà từ đó có thể xác định ước tính không độ chệch về nồng độ trung bình.

A.1.4.5 Lấy mẫu trên không gian (Lưới vuông) – Thiết kế lấy mẫu lưới đơn giản nhất là thiết kế lưới vuông. Quy trình một bước là:

- (1) Kích thước lưới tính toán được là G , $G = \sqrt{A/n}$, trong đó A là kích thước vùng, n là số lượng mẫu cần thiết.
- (2) Chọn một điểm ngẫu nhiên ban đầu trong khu vực.
- (3) Dựng các trục tọa độ đi qua điểm ban đầu.
- (4) Dựng các đường thẳng song song với trục tung, cách nhau một khoảng lưới bằng G .
- (5) Tương tự, dựng các đường thẳng song song với trục hoành.
- (6) Xác định vị trí các điểm lấy mẫu tại các giao điểm đường lưới hoặc tại tâm các ô lưới trong địa phận.
- (7) Tổng số mẫu xác định trên lưới có thể khác với số n cần thiết. Tại thời điểm này, một số lựa chọn bao gồm: (a) Lấy tất cả các mẫu được xác định trên lưới, (b) chỉ lấy n mẫu trong tổng số đã được định vị, n dựa trên đánh giá tốt nhất, (c) lấy mẫu tại một vị trí ngẫu nhiên trong các ô lưới, và (d) tổ hợp các mẫu được lấy từ bên trong các ô lưới.

CHÚ THÍCH: Thiết kế này có nhiều biến thể, nhưng về cơ bản chúng có những ưu điểm và hạn chế giống nhau.

A.1.4.6 Lấy mẫu ngẫu nhiên có hệ thống – Lấy mẫu ngẫu nhiên có hệ thống áp dụng cho một tập hợp bằng cách chọn thời gian hoặc vị trí bắt đầu ngẫu nhiên với sự hỗ trợ của các bảng số ngẫu nhiên hoặc bộ tạo số ngẫu nhiên. Điểm bắt đầu đầu tiên là nơi bắt đầu một ô lưới của các vị trí lấy mẫu cách đều nhau. Có thể chọn một số ngẫu nhiên thứ hai để xác định hướng của lưới đối với tập hợp. Các kích thước lưới hoặc khoảng cách giữa các vị trí lấy mẫu thường được xác định bởi ngân sách, ngân sách xác định có bao nhiêu mẫu có thể lấy và phân tích. Quá trình lấy mẫu có nhiều thuận lợi là do nhân viên hiện trường có thể dễ dàng đo đến các vị trí lấy mẫu liên tiếp. Thực tế là vị trí đầu tiên và hướng lưới được chọn một cách ngẫu nhiên đảm bảo rằng sự sai lệch của người vận hành không ảnh hưởng đến việc lựa chọn vị trí lấy mẫu.

- (1) **Công dụng** – (1) Khi cần phạm vi bao phủ thống nhất của địa điểm.
- (2) **Ưu điểm** – (1) Phát hiện xu hướng nồng độ theo thời gian và không gian và trong những trường hợp nhất định có thể mang lại ước tính chính xác hơn về nồng độ trung bình. (2) Có thể áp dụng cho tập hợp tạm thời (ví dụ: nước xả thải).
- (3) **Hạn chế** – (1) Kết quả sai lệch đáng kể nếu chu kỳ nồng độ chưa biết trùng với vị trí lấy mẫu hệ thống. Do đó, thông tin mang tính lịch sử hoặc phát sinh chất thải được khuyến nghị để xác định khả

năng xảy ra các kiểu chu kỳ trong tập hợp. (2) Các ước tính phương sai không chính xác xảy ra khi sự phân bố nồng độ không phải là ngẫu nhiên (ví dụ, thu thập có hệ thống các mẫu qua các tầng khác nhau) hoặc nếu các nồng độ có tương quan tuần tự. (3) Yêu cầu một số lượng mẫu đáng kể.

A.1.5 Lấy mẫu nghiên cứu – Lấy mẫu nghiên cứu là một chiến lược để tăng khả năng là có ít nhất một mẫu trùng với khu vực hiện có mà có nồng độ cao hoặc "điểm nóng". Điều này liên quan đến (1) ước tính hình dạng và kích thước có thể có của điểm nóng, và (2) xác định rủi ro có thể chấp nhận của việc không phát hiện ra điểm nóng. Với thông tin này, hình dạng của các đơn vị lưới lấy mẫu (ví dụ, hình vuông hoặc hình tam giác) được chọn và khoảng cách giữa các vị trí lấy mẫu được tính toán. Các vị trí lấy mẫu có thể tạo thành một dạng lưới tương tự như kiểu lấy mẫu ngẫu nhiên có hệ thống.

A.1.5.1 Công dụng – (1) Để xác định vị trí các điểm nóng.

A.1.5.2 Ưu điểm – (1) Thiết kế này cung cấp việc sử dụng tối đa các kiến thức về địa điểm hoặc vị trí, hoặc cả hai. (2) Hiệu quả về chi phí. (3) Số lượng mẫu tối thiểu cần thiết. (4) Dễ thực hiện.

A.1.5.3 Hạn chế – (1) Nếu các giả định không chính xác, thì có thể tồn tại một điểm nóng giữa các vị trí lấy mẫu và vẫn không bị phát hiện.

A.1.6 Lấy mẫu theo xác suất không đều – Lấy mẫu theo xác suất không đều tương tự như lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản, ngoại trừ việc sử dụng quy tắc để cân bằng khả năng một mẫu nhất định sẽ được đưa vào tập dữ liệu. Các mẫu được đưa vào hoặc loại trừ có thể được chọn dựa trên một khu vực cụ thể của tầng, quy mô của nhóm hoặc tập hợp, hoặc cỡ hạt của chất thải.

A.1.6.1 Công dụng – (1) Để lấy mẫu vật liệu không đồng nhất, trong đó chất gây ô nhiễm quan tâm được tìm thấy trong một phần hạt cụ thể, ví dụ, hạt nhỏ. Các vấn đề còn lại, ví dụ, các hạt lớn, có thể bỏ qua như một phần của mẫu được thu thập.

CHÚ THÍCH: Có thể vẫn cần biết khối lượng của các hạt lớn, tùy thuộc vào mục tiêu của dự án.

A.1.6.2 Ưu điểm – (1) Đối với một số lượng mẫu nhất định có kích thước cụ thể, nó thường cung cấp ước tính chính xác hơn về sự nhiễm bẩn hóa học trong vật liệu không đồng nhất (so với lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản). (2) Thiết kế này ít tốn kém hơn vì cần ít mẫu hơn cho một khối lượng chất thải nhất định.

A.1.6.3 Hạn chế – (1) Độ chính xác và độ chụm kém có thể xảy ra khi không nhận biết các xu hướng hoặc chu kỳ xảy ra trong tập hợp.

Bảng A.1 – Thiết kế lấy mẫu thông dụng: tóm tắt

Thiết kế lấy mẫu	Sử dụng	Ưu điểm	Hạn chế
Theo thẩm quyền			
Phán đoán	1- ước tính trung bình tập hợp 2- khi tập hợp tương đối đồng nhất 3- khi có biên độ sai số cao có thể chấp nhận được 4- khi người thiết kế lấy mẫu có hiểu biết	1- chi phí hợp lý	1- Nếu tập hợp không đồng nhất thì không dễ ước tính được giá trị trung bình 2- có biên độ sai số cao 3- ước tính phương sai không tốt
Có độ chệch	1- phát hiện chất gây ô nhiễm cục bộ 2- xác định sự không phù hợp.	1- chi phí hợp lý	1- không thể tổng quát hóa cho toàn bộ tập hợp
Ngẫu nhiên đơn giản	1- khi tập hợp không xác định được các kiểu ô nhiễm	1- đơn giản 2- ước tính phương sai	1- nếu tồn tại tập hợp phân tầng, thì không đưa ra ước tính chính xác 2- có thể cần nhiều mẫu hơn 3- không dễ dàng về mặt logistic.
Ngẫu nhiên phân tầng	1- khi tập hợp có thể chia thành các tầng tương đối đồng nhất	1- khi các tầng kết quả là đồng nhất 2- mẫu đại diện 3- ước tính phương sai	1- có thể khó về mặt logistic 2- tầng phải phản ánh chính xác mọi sự phân tầng ô nhiễm
Hệ thống Tuyến Không gian Ngẫu nhiên	1- xác định vị trí các điểm nóng 2- bản đồ xu hướng	1- mẫu dễ dàng xác định và thu thập 2- có thể xác định các phần ô nhiễm 3- ước tính chính xác hơn về nồng độ trung bình	1- các xu hướng hoặc chu kỳ không được công nhận có thể gây ra độ chính xác hoặc độ chụm kém, hoặc cả hai
Nghiên cứu	1- xác định vị trí các điểm nóng	1- chi phí hợp lý 2- tối thiểu mẫu cần thiết 3- dễ thực hiện	1- điểm nóng có thể không phát hiện được
Xác suất không đều	1- tập hợp không đồng nhất 2- chất gây ô nhiễm dự kiến trong một phần cụ thể	1- ước tính chính xác hơn về ô nhiễm hóa chất trong một vật liệu không đồng nhất. 2- ít tốn kém hơn	1- các xu hướng hoặc chu kỳ không được công nhận có thể gây ra độ chính xác hoặc độ chụm kém, hoặc cả hai

A.2 Công cụ thiết kế lấy mẫu

A.2.1 Tổ hợp mẫu – Việc tổ hợp hoặc kết hợp các mẫu riêng lẻ để tạo thành một mẫu tổ hợp là một cơ chế để giảm chi phí phân tích, trong đó giá trị ước tính trung bình có thể chấp nhận được hoặc mục tiêu. Các vấn đề vật lý chính cần giải quyết là liệu các chất nền mẫu riêng lẻ có tương thích hay không và có bao nhiêu mẫu phù hợp với hỗn hợp. Xem TCVN 12950 (ASTM D6051). Ví dụ, nếu giới hạn quy định là 50 ppm và giới hạn phát hiện là 5 ppm, thì không quá 10 mẫu có thể được kết hợp với nhau để phát hiện khả năng của một mẫu duy nhất vượt quá mức quy định là 50 ppm.

A.2.1.1 Công dụng – (1) Trường hợp thu thập mẫu không tốn kém nhưng phân tích thì tốn kém. (2) Ít hơn 20 % kết quả mong đợi vượt quá giá trị mẫu trắng. (3) Mục tiêu là ước tính trung bình của tập hợp.

A.2.1.2 Ưu điểm – (1) Giảm phương sai giữa các mẫu; (2) giảm chi phí để ước tính tổng hoặc giá trị trung bình, đặc biệt khi chi phí phân tích vượt quá chi phí lấy mẫu; (3) xác định hiệu quả sự không có hoặc có thể có của điểm nóng hoặc các vật chứa nóng và khi kết hợp với các mô hình thử nghiệm lại, xác định điểm nóng, miễn là xác suất xảy ra điểm nóng là thấp; (4) các tình huống trong đó bản chất của sự phân bố chất gây ô nhiễm có xu hướng liên kết và không ngẫu nhiên và phần lớn các phép phân tích là “không phát hiện được” chất gây ô nhiễm đang quan tâm; (5) cung cấp mức độ ẩn danh trong tập hợp, thay vì số liệu thống kê riêng lẻ là cần thiết.

A.2.1.3 Hạn chế – (1) Thất thoát chất bay hơi trong quá trình trộn; (2) khi mẫu hỗn hợp không thể trộn được đều và lấy mẫu phụ một cách thích hợp hoặc toàn bộ mẫu hỗn hợp không được phân tích; (3) khi mục tiêu là phát hiện các điểm nóng và một tỷ lệ lớn các mẫu dự kiến sẽ cho kết quả dương tính với một thuộc tính; (5) khi chi phí phân tích thấp so với chi phí lấy mẫu (ví dụ, huỳnh quang tia X tại hiện trường chỉ mất 30 s mà không cần chuẩn bị mẫu nên chi phí phân tích/mẫu rất thấp; (6) khi các quy định chỉ rõ rằng mẫu phải được thu thập.

A.2.2 Phương pháp đối với vật liệu dạng hạt – Phương pháp vật liệu dạng hạt dựa trên thống kê và mở rộng sang việc chuẩn bị mẫu. Phương pháp đưa ra một khuôn khổ tổng thể để thiết kế lấy mẫu, trong khi các sơ đồ lấy mẫu ngẫu nhiên truyền thống chỉ giải quyết các khía cạnh thống kê của xác định mẫu và tính toán dữ liệu, vẫn còn vấn đề về kích thước hạt và khối lượng mẫu cho nhà hóa học. Phương pháp này áp dụng cho ngành công nghiệp khai thác để lấy mẫu quặng. Đặc tính của quặng phụ thuộc vào khối lượng mẫu, kích thước hạt, mức độ giảm kích thước hạt và thông tin có sẵn về quặng.

A.2.2.1 Công dụng – (1) Để lấy mẫu các hỗn hợp không đồng nhất của vật liệu dạng hạt.

A.2.2.2 Ưu điểm – (1) Ưu điểm khi sử dụng phương pháp này là khả năng bảo vệ theo cách tiếp cận mang tính thống kê.

A.2.2.3 Hạn chế – (1) Có thể yêu cầu khối lượng mẫu lớn bất thường. Hầu hết các phòng thí nghiệm không thể xử lý các khối lượng như vậy và các giá trị sử dụng cho các phương pháp phân tích môi trường làm cho khối lượng mẫu không thực tế.

A.2.3 Lấy mẫu thống kê địa lý – Lấy mẫu thống kê địa lý bao gồm các kỹ thuật như phép nội suy và

mô phỏng có điều kiện. Có thể sử dụng dữ liệu nghiên cứu khám phá hoặc sơ bộ để tối ưu hóa thiết kế lấy mẫu trong đó các phương pháp phân tích dữ liệu thống kê địa lý được sử dụng. Về mặt thống kê, các kỹ thuật mô phỏng có điều kiện giả định rằng tập hợp được coi như nó là một quá trình ngẫu nhiên: tập hợp là ngẫu nhiên và mẫu là xác định. Nói cách khác, bởi vì tập hợp thực sự ngẫu nhiên, các vị trí mẫu có thể được chọn một cách chủ quan chứ không phải ngẫu nhiên. Đầu tiên, các giả định được chọn và tập hợp được lập mô hình toán học. Sau đó, từ dữ liệu hoặc kinh nghiệm trong quá khứ, người ta ước tính một hàm mô tả mối tương quan không gian trong tập hợp, hàm này thường được lựa chọn một cách chủ quan khi có ít thông tin sẵn có. Khi dữ liệu thu được, các ước tính được cập nhật để cung cấp câu trả lời cuối cùng dựa trên các ước tính đồng phương sai cập nhật nhất.

A.2.3.1 Phép nội suy là một kỹ thuật trong đó phương pháp trung bình động có trọng số được sử dụng để nội suy các giá trị từ tập dữ liệu mẫu vào một lưới các điểm để tạo đường viền. Nó có thể sử dụng để xác định các khu vực có độ không đảm bảo cao và hướng dẫn lấy mẫu bổ sung. Phép nội suy cung cấp một ước tính không có độ chệch (giảm thiểu sai số bình phương dự kiến) về giá trị trung bình của một thuộc tính nhất định trên một vùng không gian xác định của tập hợp. Phương pháp thay đổi tùy thuộc vào cấu trúc thống kê giả định của tập hợp và (các) thuộc tính cần ước lượng.

A.2.3.2 Kỹ thuật mô phỏng có điều kiện sử dụng các mô phỏng máy tính chi tiết về một tập hợp, phù hợp với dữ liệu có sẵn và các giả định về cấu trúc thống kê của tập hợp và các mối tương quan trong không gian. Có thể đưa ra nhiều mô phỏng để chứng minh mức độ thay đổi sau khi thu thập một tập hợp các điểm dữ liệu. Điều này cung cấp thông tin có giá trị khi xác định vị trí lấy mẫu trong tương lai hoặc các ứng phó khả thi đối với hành động khắc phục, phù hợp với dữ liệu hiện có sẵn. Nếu điều này cho thấy quá nhiều sự thay đổi, thì cần thu thập thêm dữ liệu.

(1) *Công dụng* – (1) Đánh giá địa điểm và giám sát các tình huống trong đó dữ liệu được thu thập trên mạng không gian của các vị trí lấy mẫu; (2) nơi mong muốn có bản đồ đường đồng mức về nồng độ chất gây ô nhiễm (hoặc các biến số khác); (3) khi việc thu thập và phân tích mẫu tốn kém và cần tối đa hóa thông tin từ mỗi điểm dữ liệu.

(2) *Ưu điểm* – (1) Các phương pháp này sử dụng tối đa dữ liệu có sẵn.

(3) *Hạn chế* – (1) Các kỹ thuật này mang tính chủ quan, phán đoán, kinh nghiệm và kỹ năng là những yếu tố quan trọng.

A.2.4 Thử nghiệm tuần tự chính thức hoặc Wald – Trong thử nghiệm tuần tự chính thức, xây dựng một giả thuyết; thu thập và phân tích các mẫu; và sử dụng dữ liệu trong một quy trình kiểm tra giả thuyết chính thức với ba hành động có thể xảy ra: (1) chấp nhận giả thuyết vô hiệu; (2) bác bỏ giả thuyết vô hiệu; (3) không đủ dữ liệu, thu thập các mẫu bổ sung. Sử dụng quy tắc dừng chính thức để xác định hành động nào trong ba hành động trên là thích hợp nhất.

A.2.4.1 Công dụng – (1) Chủ yếu là nguồn thông tin đóng góp cho quá trình quyết định thực tế. (2) là điều phụ thêm của các phương thức khác.

A.2.4.2 Ưu điểm – (1) Mức hành động đạt được với số lượng điểm dữ liệu tối thiểu.

A.2.4.3 Hạn chế – (1) Các qui trình chính thức hạn chế các quyết định được đưa ra bằng cách không cho phép thực hiện các quy trình hành động thay thế, các phán đoán về giá trị, v.v.

Bảng A.2 – Công cụ thiết kế lấy mẫu: Tóm tắt

Thiết kế lấy mẫu	Công dụng	Ưu điểm	Hạn chế
Tổ hợp mẫu	1- ước tính trung bình của tập hợp 2- nơi số lượng mẫu tối ưu cao	1- giảm phương sai giữa các mẫu 2- giảm chi phí 3- xác định hiệu quả sự không có hoặc có thể có của điểm nóng	1- thất thoát chất bay hơi trong quá trình trộn 2- khi không thể trộn được đều 3- khi chi phí phân tích thấp so với chi phí lấy mẫu
Phương pháp đối với vật liệu dạng hạt	1- hỗn hợp vật liệu không đồng nhất của vật liệu dạng hạt	1- thống kê và khả năng bảo vệ	1- có thể yêu cầu khối lượng mẫu lớn bất thường (hầu hết các thiết bị phòng thí nghiệm và hiện trường không thể xử lý các khối lượng như vậy)
Thống kê địa lý	1- nơi cần bản đồ isoplath 2- nơi dữ liệu được thu thập trên không gian mạng	1- sử dụng tối đa dữ liệu có sẵn. 2- kiểu mẫu	1- mô hình toán học chuyên biệt 2- chủ quan
Thử nghiệm tuần tự: chính thức hoặc Wald	1- như một nguồn thông tin đóng góp 2- phụ trợ thêm cho các phương pháp khác	1- sử dụng tối thiểu điểm dữ liệu 2- chi phí hiệu quả	1- quyết định bị hạn chế bởi các quy tắc chính thức 2- không cho phép các lựa chọn thay thế, đánh giá giá trị, v.v.

A.3 Thiết kế lấy mẫu tổ hợp

A.3.1 Sau đây là các thiết kế lấy mẫu được sử dụng thường xuyên, tổ hợp thiết kế đã nêu ở trên, dụng cụ lấy mẫu hoặc sử dụng thiết kế lấy mẫu nhiều bước, hoặc tổ hợp của chúng. Việc sử dụng, ưu điểm và hạn chế sẽ giống như của (các) thiết kế chính hoặc các công cụ được sử dụng.

A.3.1.1 Lấy mẫu theo pha hoặc hai giai đoạn – Lấy mẫu theo giai đoạn là thuật ngữ chung cho phương pháp hai bước sử dụng một hoặc nhiều thiết kế đã nêu trước đó. Tiến hành thu thập và phân tích một bộ mẫu đầu tiên. Sau đó sử dụng dữ liệu thu được để thiết kế thu thập và phân tích bộ mẫu thứ hai. Thông thường, một số lượng lớn các mẫu được chọn để sàng lọc phân tích, không tốn kém. Dựa trên kết quả mẫu đầu tiên, lần thứ hai, nhóm mẫu nhỏ hơn được chọn và phân tích bằng các phương pháp chính xác hơn, tốn kém hơn. Với mô hình lấy mẫu ngẫu nhiên, sử dụng tập dữ liệu đầu tiên để thu được các ước tính về phương sai tập hợp. Điều này cung cấp hướng dẫn để lựa chọn số lượng hoặc vị trí thích hợp nhất, hoặc cả hai, của bộ mẫu tiếp theo. Với kỹ thuật thống kê địa lý, tập dữ liệu đầu tiên được chọn để ước tính hoặc xác minh mối tương quan giữa các tập hợp hoặc các giả định về tập hợp cấu trúc khác. Tập dữ liệu thứ hai cung cấp cơ sở cho việc tính toán với chi phí thấp

TCVN 13681:2023

nhất đối với các ước tính về độ chính xác mục tiêu.

(1) **Công dụng** – (1) Đặc biệt hữu ích để xác minh kết quả sàng lọc hiện trường bằng các phương pháp nghiêm ngặt hơn. Quy trình sàng lọc càng gần tương quan với kỹ thuật được chấp nhận/ng nghiêm ngặt hơn, thì quy trình sàng lọc càng được chấp nhận. Nếu phép đo sàng lọc tương đối rẻ, thì có thể đạt được biểu đồ hóa chính xác hơn của vị trí chất thải bằng cách tăng số lượng phép đo.

(2) **Ưu điểm** – (1) Ưu điểm chính của phương pháp này là giảm chi phí do cách sử dụng các phương pháp sàng lọc tại hiện trường, do đó lấy mẫu theo quy định ít hơn và ít chính xác và đắt tiền hơn. (2) Sử dụng phương pháp lấy mẫu ngẫu nhiên làm giảm phương sai trên các mẫu cuối cùng vì số lượng mẫu. (3) Lấy mẫu thống kê địa lý cung cấp chi phí giảm và thông tin tối đa từ mỗi điểm dữ liệu.

(3) **Hạn chế** – (1) Thời gian thực hiện giai đoạn lấy mẫu của dự án là tương đối dài do việc lấy mẫu và phân tích được thực hiện hai lần.

A.3.2 Lấy mẫu tuần tự – Thử nghiệm tuần tự kém chính thức hơn là một phần mở rộng của lấy mẫu kép và không bị giới hạn trong quy trình Wald chính thức. Nó bao gồm các khía cạnh của thử nghiệm tuần tự, cho phép ra quyết định với dữ liệu tối thiểu và có thể sử dụng với kỹ thuật lấy mẫu ngẫu nhiên hoặc kỹ thuật địa lý thống kê.

A.3.2.1 Công dụng – (1) Trong trường hợp cách tiếp cận chính thức hơn không phải là quan trọng.

A.3.2.2 Ưu điểm – (1) Phương pháp lấy mẫu tuần tự làm giảm bớt chi phí do cách lấy mẫu ngay từ đầu sau đó thêm mẫu, nếu cần.

A.3.2.3 Hạn chế – (1) Các lựa chọn hành động thay thế, các loại dữ liệu cần thiết ở mỗi giai đoạn, v.v., cần được xác định cẩn thận.

Bảng A.3 – Thiết kế lấy mẫu tổ hợp: tóm tắt

Thiết kế lấy mẫu	Công dụng	Ưu điểm	Hạn chế
Lấy mẫu theo giai đoạn	1- nơi sàng lọc và sau đó xác nhận phù hợp 2- kiểm tra xác nhận sàng lọc	1- chi phí hiệu quả (sàng lọc tại hiện trường)	1- tăng thời gian quay vòng của giai đoạn lấy mẫu dự án
Lấy mẫu tuần tự	1- tiếp cận không chính thức được chấp nhận	1- giảm chi phí bằng cách lấy mẫu ngay từ đầu và thêm các mẫu bổ sung nếu cần	1- các xu hướng hoặc chu kỳ không được công nhận có thể gây ra độ chính xác hoặc độ chụm kém, hoặc cả hai 2- các lựa chọn thay thế hành động cần được xác định cẩn thận

Phụ lục B

(tham khảo)

Lựa chọn phương pháp phân tích dựa trên phương sai và chi phí

B.1 Lựa chọn và phương pháp phân tích dựa trên phương sai phân tích và chi phí phân tích trên mỗi mẫu có thể được chính thức hóa thông qua các phép tính sau. Điều này dựa trên sự so sánh hai phương pháp tại một thời điểm.

Đặt s_i^2 = phương sai phân tích ước tính cho phương pháp i ,

c_i = chi phí phân tích trên mỗi mẫu đối với phương pháp i ,

C_i = chi phí phân tích cho mẫu n_i cho phương pháp i . $C_i = n_i c_i$

X_i = giá trị trung bình các phân tích của n_i , đối với phương pháp thứ i , và

$i = 1$ hoặc 2 (đại diện cho phương pháp thứ nhất hoặc thứ hai là đang xem xét).

B.2 Có thể đạt được độ chính xác bằng nhau giữa X_1 và X_2 bằng cách đặt:

$$Var(X_1) = Var(X_2) \quad (B.1)$$

$$s_1^2/n_1 = s_2^2/n_2 \quad (B.2)$$

B.3 Sắp xếp lại các công thức này cho kết quả:

$$n_1 = n_2 (s_1^2/s_2^2) \quad (B.3)$$

B.4 Thay n_1 vào sẽ có biểu thức:

$$C_1 = n_1 c_1 = n_2 (s_1^2/s_2^2) c_1 \quad (B.4)$$

và chia cho $C_2 = n_2 c_2$ thu được:

$$C_1/C_2 = (s_1^2/s_2^2) (c_1/c_2) \quad (B.5)$$

B.5 Với các ước lượng, s_1^2 , s_2^2 , c_1 và c_2 , có thể tính được tỷ lệ C_1/C_2 . Chi phí tối ưu với độ chụm như nhau có thể thiết lập bằng cách sử dụng như sau:

B.5.1 Nếu $C_1/C_2 < 1$, chọn phương pháp 1.

B.5.2 Nếu $C_1/C_2 > 1$, chọn phương pháp 2.

Phụ lục C

(tham khảo)

Tính số lượng mẫu: Xử lý thống kê

C.1 Tóm tắt các phép tính

Thiết kế mẫu	Giả thiết	Công thức
Mẫu đơn ngẫu nhiên	Độ chính xác theo quy định	Công thức C.1
	Phương sai ước tính	Công thức C.2
	Biên độ sai lỗi qui định	Công thức C.3
	Độ chính xác quy định	
	Biên độ sai lỗi quy định	Công thức C.4
	Phương sai ước tính	
	Biên độ sai lỗi quy định	Công thức C.5
Lấy mẫu ngẫu nhiên phân tầng	Lỗi sai số dương và lỗi sai số âm quy định	Công thức C.6 Công thức C.7
	Phân bố tối ưu các mẫu cho các tầng	Công thức C.8-C.11
	Tổng số lượng mẫu cho chi phí cố định theo quy định	Công thức C.12
	Tổng số lượng mẫu cho phương sai quy định	Công thức C.13
Lấy mẫu nhiều giai đoạn	Tổng số lượng mẫu cho biên độ sai lỗi quy định	Công thức C.14
	Hai nguồn phương sai	Công thức C.16-C.18
Lấy mẫu nghiên cứu đối với các điểm nóng	Các điểm nóng có kích thước nhỏ	Công thức C.20
Lấy mẫu mạng lưới đối với các điểm nóng	Các điểm nóng có kích thước và hình dạng xác định	Công thức C.22
	Nhiều điểm nóng	Công thức C.26
Lấy mẫu tổ hợp	Vấn đề ước tính	Công thức C.27-C.30
	Vấn đề phân loại	Công thức C.33-C.38

C.2 Cách xác định số lượng mẫu

C.2.1 Nhiều phương pháp sau đây được mô tả trong các tài liệu tham khảo nêu tại Thư mục tài liệu tham khảo mô tả các phương pháp tính số lượng mẫu cần thiết để ước tính nồng độ trung bình của tập hợp, đối với các thiết kế lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản và ngẫu nhiên phân tầng. C.2.3 mô tả phương pháp lấy mẫu nhiều giai đoạn khi mục tiêu là phát hiện thống kê các điểm nóng. Số lượng mẫu cần thiết có thể thay đổi theo điều kiện cụ thể của địa điểm (ví dụ, mức độ không đồng nhất trong vật liệu lấy mẫu) và đặc điểm kỹ thuật (ví dụ, độ chụm chấp nhận được, lỗi sai số dương và lỗi sai số âm).

C.2.2 Ước tính nồng độ trung bình – Phần này giả định tập hợp lớn đến mức có thể hiểu là chứa vô số đơn vị hoặc hạng mục lấy mẫu.

C.2.2.1 Công thức tính số lượng mẫu cần thiết thường đưa ra cho hai trường hợp: khi đã biết phương sai của tập hợp và khi ước tính phương sai của tập hợp. Phương sai tập hợp có thể coi là đã biết khi có lịch sử hoặc kinh nghiệm về độ lớn của phương sai là bao nhiêu. Khi trường hợp này xảy ra, sử dụng thống kê z trong công thức. Mặt khác, nếu phương sai tập hợp được ước tính từ một số dữ liệu nhất định, thì thống kê t được sử dụng để thay thế. Thông thường, sự khác biệt về số lượng mẫu được tạo ra bởi hai cách tiếp cận khác nhau mà về cơ bản không khác nhau nhiều.

C.2.2.2 Vì thường thiếu dữ liệu để ước tính phương sai tập hợp, công thức với thống kê z thường có thể sử dụng như một công thức gần đúng. Nếu yêu cầu độ chính xác cao về số lượng mẫu cần thiết, thì có thể yêu cầu một nghiên cứu thử nghiệm để cung cấp một ước tính tốt về phương sai.

C.2.2.3 Các phương pháp này cũng giả định ít hoặc không có tương quan không gian giữa các mẫu. Nếu thích hợp, có thể giả định suy luận một chiều về tập hợp.

C.2.2.4 Lấy mẫu ngẫu nhiên: (1) Đối với độ chụm quy định – Phương sai của nồng độ trung bình ước tính là thước đo độ chụm. Trong nhiều ứng dụng, thường yêu cầu phương sai này không lớn hơn giá trị quy định v . Số lượng mẫu cần thiết trong tình huống này được tính như sau.

Khi đã biết phương sai tập hợp σ^2

$$n = \sigma^2 / v \quad (C.1)$$

trong đó

n là số lượng mẫu cần thiết,

σ^2 là phương sai tập hợp đã biết; và

v là độ lớn quy định của phương sai của phương sai trung bình của mẫu ($\bar{x}$).

(1) *Khi phương sai tập hợp được tính* – Khi phương sai tập hợp được tính từ tập hợp các mẫu n_1 ban đầu để tính phương sai s^2 như một ước tính của phương sai tập hợp σ^2 , thì:

$$n = (s^2 / v) (1 + 2/n_1) \quad (C.2)$$

(2) *Đối với biên độ sai số quy định* – Khi độ lệch tuyệt đối của giá trị trung bình của mẫu so với giá trị trung bình thực phải nằm trong giới hạn quy định d với xác suất 100 (1- α) %. Nếu trung bình tập hợp là μ và ước lượng mẫu là $\bar{x}$, thì $d = \bar{x} - \mu$.

Khi đã biết phương sai tập hợp

$$n = (z_{1-\alpha} \sigma / d)^2 \quad (\text{C.3})$$

trong đó

d là độ lệch tuyệt đối chỉ định hoặc chấp nhận được của ước tính từ giá trị thực hoặc giới hạn tuyệt đối của sai lỗi trong ước tính,

$1-\alpha$ là mức độ tin cậy không vượt quá biên độ sai số d quy định, và

$z_{1-\alpha}$ là điểm phân vị 100 (1- α) của phân bố chuẩn.

(3) Các mối quan hệ giữa các giá trị được chọn của α , $z_{1-\alpha}$ và mức độ tin cậy (đối với suy luận một chiều về tập hợp) được đưa ra dưới đây:

α	Mức tin cậy, %	$z_{1-\alpha}$
0,20	80	0,842
0,10	90	1,282
0,05	95	1,645
0,025	97,5	1,960
0,01	99	2,576

Đối với giá trị z hai chiều, chỉ cần nhân giá trị α với 2, tính lại mức độ tin cậy là 100 (1- α), rồi tìm giá trị z tương ứng. Ví dụ, giá trị z hai chiều với độ tin cậy 95 % là 1,96. Thông dụng giá trị z bằng 2 vì độ không đảm bảo trong việc ước lượng độ lệch chuẩn (σ).

Khi không biết phương sai tập hợp và được tính từ m mẫu, thì z trong Công thức C.3 được thay bằng t , có Công thức C.4:

$$n = (t_{1-\alpha, m-1} \sigma / d)^2 \quad (\text{C.4})$$

trong đó

$t_{1-\alpha, m-1}$ là điểm phân vị 100 (1- α) của phân bố t với bậc tự do ($m-1$).

(4) Đối với sai số tương đối qui định – Thường không có giá trị đáng tin cậy của σ^2 nhưng có thể cung cấp hệ số biến thiên (CV). Trong những trường hợp như vậy, biên sai số trong (2) có thể được chỉ định dưới dạng phần trăm giá trị trung bình sao cho sai số tương đối này không lớn hơn giá trị quy định d , với độ tin cậy 100 (1- α) %. Vì vậy,

$$n = (z_{1-\alpha} CV / d_r)^2 \quad (\text{C.5})$$

trong đó

CV là hệ số biến thiên, tính bằng % = $100\bar{s}/x$

d là biên độ sai số tương đối, tính bằng % = $100|\bar{x}|/\mu$; và

μ trung bình của tập hợp.

Công thức C.5 hữu ích vì thường là dễ ước tính CV hơn so với phương sai σ^2 .

(5) Đối với cả lỗi sai số dương và lỗi sai số âm – Khi muốn ước tính số lượng mẫu cần thiết cho lỗi sai số dương được chỉ định (thường được ký hiệu là α) và lỗi sai số âm (thường được ký hiệu là β) cho quy tắc quyết định, thì công thức là:

$$n = (z_{1-\alpha} + z_{1-\beta})^2 \sigma^2 / \delta^2 \quad (C.6)$$

trong đó

α là lỗi sai số dương,

β là lỗi sai số âm,

σ là độ lệch chuẩn của tập hợp, và

δ là độ lệch so với giá trị trung bình thực quan trọng cần phát hiện.

Một số giá trị ví dụ của $z_{1-\alpha}$ và $z_{1-\beta}$ được nêu trong bảng ở phần trước.

Có thể thay đổi Công thức C.6 khi phương sai tập hợp ước tính bằng s^2 , số lượng mẫu xấp xỉ là:

$$n = (z_{1-\alpha} + z_{1-\beta})^2 s^2 / \delta^2 + (z_{1-\alpha})^2 / 2 \quad (C.7)$$

Đại lượng δ trong Công thức C.6 và công thức C.7 là đại lượng cần được thương lượng và nhất trí. Đại lượng này thường đại diện cho sự khác biệt so với một số giá trị tham chiếu (ví dụ như giới hạn quy định), điều quan trọng để phát hiện về mặt thống kê. Khi giá trị này lớn, sai lệch so với giá trị tham chiếu cao và số lượng mẫu yêu cầu sẽ nhỏ. Khi giá trị này nhỏ, thì sai lệch so với giá trị tham chiếu sẽ thấp và số lượng mẫu yêu cầu sẽ lớn. Sự cân bằng trong những xem xét này sẽ dẫn đến nhất trí δ .

CHÚ THÍCH C.1: Cần lưu ý rằng khi sử dụng phương pháp này (Công thức C.6 hoặc Công thức C.7), số lượng mẫu yêu cầu nói chung lớn hơn nhiều so với các phương pháp trước đó (ví dụ: Công thức C.3 đến Công thức C.5). Số lượng mẫu tăng lên khá nhanh khi lỗi sai số âm quy định giảm xuống.

C.2.2.5 Lấy mẫu ngẫu nhiên phân tầng – Phần này mô tả các phương pháp xác định số lượng mẫu cần thu thập từ mỗi tầng trong lấy mẫu ngẫu nhiên phân tầng, nhằm mục đích ước tính nồng độ trung

TCVN 13681:2023

binh trên tất cả các tầng. Nếu mục tiêu lấy mẫu là để ước tính nồng độ trung bình của mỗi tầng, thì cho mỗi tầng có thể áp dụng một thiết kế lấy mẫu ngẫu nhiên đơn giản.

(1) *Phân bổ tối ưu các mẫu cho các tầng* – Nếu hàm chi phí lấy mẫu là:

$$\text{Chi phí} = C = c_0 + \sum_{i=1,s} c_i n_i \quad (\text{C.8})$$

trong đó

c_0 là chi phí chung không đổi,

s là số tầng,

c_i là chi phí lấy mẫu từ tầng thứ i , và

n_i số lượng mẫu được lấy từ tầng thứ i .

thì phân bổ tối ưu là phân bổ n_i mẫu (trong số tổng số n cần thu thập) đến tầng thứ i như sau:

$$n_i = n \frac{w_i \sigma_i / \sqrt{c_i}}{\sum_{i=1,s} (w_i \sigma_i / \sqrt{c_i})} \quad (\text{C.9})$$

trong đó

n là tổng số mẫu được lấy từ tất cả các tầng, và

w_i là tỷ lệ của tầng thứ i trên toàn bộ tập hợp (N_i/N).

Nếu chi phí lấy mẫu giống nhau giữa các tầng, thì Công thức C.9 giảm còn:

$$n_i = n \frac{w_i s_i}{\sum_{i=1,s} w_i s_i} \quad (\text{C.10})$$

trong đó

s_i là độ lệch chuẩn của các mẫu từ tầng thứ i ước tính từ dữ liệu trước đó.

Giải pháp thay thế đơn giản cho Công thức C.9 và Công thức C.10 là phân bổ theo tỷ lệ. Trong mô hình này,

$$n_i = w_i n \quad (\text{C.11})$$

Nghĩa là, nếu một tầng là p % của tập hợp, thì p % tổng các mẫu sẽ lấy từ tầng đó. Ví dụ: $p = 30$ %.

Các công thức trên yêu cầu sự hiểu rõ về n , tổng số mẫu n để lấy tất cả các tầng. Các phần dưới đây đề cập đến vấn đề này.

(2) *Tổng số mẫu đối với chi phí cố định quy định* – Khi tổng chi phí C là cố định, tổng số mẫu tối ưu là:

$$n = \frac{(C - c_0) \sum_{i=1,s} (w_i s_i / \sqrt{c_i})}{\sum_{i=1,s} (w_i s_i \sqrt{c_i})} \quad (\text{C.12})$$

trong đó

s_i là độ lệch chuẩn ước tính của các mẫu từ tầng thứ i , và

$C - c_0$ là tiền có sẵn chi phí cho lấy mẫu và phân tích mẫu.

(3) *Tổng số mẫu đối với phương sai quy định* – Nếu phương sai của giá trị trung bình ước tính không thể vượt quá giá trị quy định v , giá trị gần đúng là:

$$n = \sum \left[(w_i^2 s_i^2) / f_i \right] / \left[v + (w_i s_i^2) / N \right] \quad (\text{C.13})$$

trong đó

f_i là phần lấy mẫu từ tầng i (hoặc tỷ lệ của tổng số mẫu n được lấy từ tầng i).

f_i trong Công thức C.13 có thể được tạo giống hệt với w_i .

(4) *Tổng số mẫu đối với biên độ sai số quy định* – Nếu sử dụng phân bố theo tỷ lệ, thì số lượng mẫu tối ưu có thể thu được cho độ lệch xác định (tuyệt đối) của giá trị trung bình ước tính so với giá trị thực không quá d với $100(1-\alpha)\%$ độ tin cậy. Giá trị gần đúng là:

$$n = \left\lceil Z_{1-\alpha}^2 \sum_{i=1,s} w_i^2 s_i^2 / d^2 \right\rceil / \left\lceil 1 + Z_{1-\alpha}^2 \sum_{i=1,s} w_i^2 s_i^2 / (d^2 N) \right\rceil \quad (\text{C.14})$$

Khi N rất lớn, Công thức X3.14 được giảm thành:

$$n = Z_{1-\alpha}^2 \sum_{i=1,s} w_i^2 s_i^2 / d^2 \quad (\text{C.15})$$

C.2.3 Quy trình lấy mẫu/đo lường nhiều giai đoạn – Thông thường một kế hoạch lấy mẫu và phân tích bao gồm một số giai đoạn, dẫn đến nhiều nguồn sai lệch khác nhau. Mục tiêu ở đây là xác định số lượng mẫu tối ưu cần thiết ở mỗi giai đoạn.

C.2.3.1 Độ chụm ước tính nồng độ trung bình của tập hợp thường phụ thuộc vào, ví dụ, số lượng mẫu hiện trường, số lượng mẫu phòng thí nghiệm và số lượng phân tích thực hiện trên mỗi mẫu phòng thí nghiệm. Trong ví dụ này, các giai đoạn lấy mẫu bao gồm hiện trường, phòng thí nghiệm và phân tích, dẫn đến các nguồn phương sai từ phương sai mẫu tại hiện trường, phương sai mẫu trong phòng thí nghiệm và "phương sai phân tích". Lưu ý rằng "phương sai phân tích" ở đây có thể không phải là phương sai phân tích thực, tùy thuộc vào việc các mẫu tách được phân tích có giống nhau hay không. Nếu mẫu phòng thí nghiệm là đồng nhất, dẫn đến các phần tách giống hệt nhau, thì thành phần "phương sai phân tích" là phản ánh phương sai phân tích thực. Nếu các phần tách không giống nhau do việc lấy mẫu phụ trong phòng thí nghiệm, thì "thành phần" phương sai phân tích ở trên thực tế bao gồm phương sai phân tích và phương sai phân tích trong phòng thí nghiệm.

TCVN 13681:2023

C.2.3.2 Ví dụ đơn giản hơn ví dụ ở trên nhưng không có phân tích lặp lại, trong đó mỗi mẫu phòng thí nghiệm được phân tích tổng thể. Trong trường hợp này, có hai nguồn phương sai: phương sai mẫu ngoài hiện trường (hoặc giữa mẫu) và phương sai phân tích (hoặc trong mẫu).

C.2.3.3 Trong mọi trường hợp, có thể đưa ra mô hình toán học để mô tả kế hoạch lấy mẫu và phân tích, qua đó có thể ước tính các nguồn phương sai này (được gọi là thành phần phương sai của tổng phương sai). Đây là vấn đề mà nhà thống kê học cần được tư vấn, liên quan đến thiết kế tối ưu của kế hoạch và ước tính đúng các thành phần phương sai.

C.2.3.4 Trong trường hợp đơn giản nhất chỉ có hai nguồn phương sai (giữa các mẫu và trong mẫu), độ lệch chuẩn của nồng độ trung bình từ n mẫu, mỗi r lần phân tích là:

$$\sigma_m = \sqrt{[\sigma_b^2/n + \sigma_w^2/nr]} \quad (\text{C.16})$$

trong đó

σ_m là độ lệch chuẩn của nồng độ trung bình,

σ_b^2 là phương sai giữa mẫu,

σ_w^2 là phương sai trong mẫu,

n là số lượng mẫu, và

r là số lần phân tích lặp lại cho mỗi mẫu.

Và kết quả là tổng chi phí lấy mẫu và phân tích là:

$$C_t = n(C_b + rC_w) \quad (\text{C.17})$$

trong đó

C_b là chi phí lấy mẫu và

C_w là chi phí cho một lần phân tích mẫu.

C.2.3.5 Cho công thức C.16 và Công thức C.17 và ước lượng của σ_b^2 và σ_w^2 , xác định n và r như sau:

(1) Chỉ định một giá trị có thể chấp nhận được của σ_m .

(2) Khi đó, số lượng lần phân tích tối ưu trên mỗi mẫu là:

$$r = (\sigma_w/\sigma_b)\sqrt{(C_b/C_w)} \quad (\text{C.18})$$

(3) Thay giá trị của r từ Công thức C.18 vào Công thức C.16 để thu được giá trị tối ưu của n .

CHÚ THÍCH C.2: Lưu ý rằng n và r được tính và làm tròn đến số nguyên gần nhất.

(4) Cách tiếp cận này khá hữu ích vì nó tính đến tất cả các nguồn biến thể quan trọng để xác định sự kết hợp tối ưu của số lượng mẫu hiện trường, mẫu phòng thí nghiệm, mẫu phụ trong phòng thí nghiệm và các phân tích trong phòng thí nghiệm, v.v. Và đây là một phần của việc tối ưu hóa kế hoạch lấy mẫu.

C.2.4 Lấy mẫu nghiên cứu: Để phát hiện các điểm nóng – Các khu vực cục bộ có nồng độ cao thường được gọi là điểm nóng. Phần này đưa ra một số ví dụ về xác định số lượng mẫu để phát hiện các điểm nóng.

C.2.4.1 Khi điểm nóng có kích thước nhỏ: (1) Khi điểm nóng có kích thước nhỏ, số lượng mẫu cần thiết để phát hiện ít nhất một trong số chúng có thể được xác định để nếu không phát hiện được thì rất ít khả năng xảy ra điểm nóng tồn tại.

(2) Nếu ta để $x_1, B, \dots, x_{11}$ là tập hợp n mẫu ngẫu nhiên từ tập hợp và giả sử rằng chúng độc lập, thì có một cách là tìm số lượng mẫu n này sao cho nhận được độ tin cậy cao [với độ tin cậy $100(1-\alpha)\%$] mà ít nhất một điểm nóng được phát hiện. Nếu p là xác suất tồn tại của một điểm nóng và p này là không đổi đối với tất cả các điểm nóng, thì xác suất tìm được ít nhất một điểm nóng là:

$$1 - (1-p)^n = (1-\alpha) \quad (\text{C.19})$$

Do đó, số lượng mẫu cần thiết trong trường hợp này là:

$$n = \ln \alpha / \ln(1-p) \quad (\text{C.20})$$

trong đó α là nhỏ thích hợp (ví dụ, 0,05 hoặc 0,10). Số lượng mẫu n đối với một số giá trị của p và α cho trong Bảng C.1.

BẢNG C.1 – Số lượng mẫu n theo hàm của p và α (Công thức C.18)

α	p	n
0,05	0.05	59
	0.1	29
	0.2	14
	0.3	9
	0.4	6
	0.5	5
	0.6	4
	0.7	3
	0.8	2
	0.9	2
0,10	0.05	45
	0.1	22
	0.2	10
	0.3	7
	0.4	5
	0.5	4
	0.6	3
	0.7	2
	0.8	2
	0.9	2

C.2.4.2 Lấy mẫu mạng lưới để phát hiện điểm nóng có kích thước và hình dạng xác định

(1) Các phương pháp lấy mẫu lưới có hệ thống đã được sử dụng để phát hiện các điểm nóng có kích thước và hình dạng xác định. Đối với một tập hợp mục tiêu xác định, các giao điểm của các đường lưới sẽ xác định số lượng mẫu cần lấy. Nói chung, khoảng cách lưới càng nhỏ (khoảng cách giữa hai giao điểm liền kề) thì số lượng mẫu càng lớn và cơ hội phát hiện điểm nóng có kích thước và hình dạng cho trước càng cao.

(2) Nhìn chung, thiết kế lưới tam giác có vẻ vượt trội hơn so với các mẫu thiết kế lưới vuông khác nhau, về xác suất phát hiện.

(3) Cần qui định các thông số sau để xác định khoảng cách lưới phát hiện điểm nóng hình tròn hoặc hình elip: (a) L , chiều dài của bán trục chính của điểm nóng (điều này xác định kích thước của điểm nóng điểm); (b) S , tỷ số giữa độ dài của trục ngắn và độ dài của trục dài (điều này xác định hình dạng của điểm nóng); và (c) β , xác suất chấp nhận được của việc không tìm thấy điểm nóng.

(4) Trục chính là cạnh dài của hình elip. Bán trục chính đơn giản là một nửa của trục chính. Trong trường hợp điểm nóng hình tròn, trục chính bằng trục nhỏ, là cạnh ngắn của elip. Các giải thích dưới đây tập trung vào điểm nóng elip.

(5) Khi đã chỉ định các thông số này, có thể sử dụng đồ thị để xác định khoảng cách lưới G , điều này sẽ dẫn đến số lượng mẫu cần thiết.

(6) Nếu nồng độ xác định điểm nóng cao hơn giới hạn phát hiện của phương pháp hóa học, thì phương pháp khác là xác định kích thước của điểm nóng theo giới hạn phát hiện, thay vì nồng độ ngưỡng ban đầu cho điểm nóng. Vì giới hạn phát hiện thấp hơn nồng độ ngưỡng ban đầu, kích thước của điểm nóng bây giờ lớn hơn và do đó cần số lượng mẫu nhỏ hơn để phát hiện với cùng xác suất phát hiện.

(7) Điều này tương đương với việc chỉ định lại L , chiều dài của trục bán chính của điểm nóng bằng cách sử dụng giới hạn phát hiện, thay vì đường cắt ban đầu.

(8) Cụ thể, nếu giới hạn nồng độ điểm nóng là c_h và cao hơn giới hạn phát hiện của phương pháp c_d , thì với mục đích phát hiện, có thể xác định ranh giới của điểm nóng bằng c_d , thay vì c_h .

(9) Điều tiếp theo là xác định bán trục chính L^* dựa trên c_d , thay vì L dựa trên c_h . Nếu $c_h > c_d$ và có một gradient nồng độ giảm dần từ tâm của ellip ra ngoài về phía mép của điểm nóng, thì hai cách tìm L^* là:

(10) *Giả sử sự thay đổi nồng độ là tỷ lệ nghịch với sự thay đổi theo trục bán chính* – Giả định này có nghĩa là khi trục bán chính di chuyển từ L sang L^* ($L^* > L$), sự giảm nồng độ sẽ tỷ lệ ngược lại với độ dài của bán trục chính. Cụ thể là,

$$L^*/L = c_h/(pc_h) \quad (C.21)$$

trong đó

c_h là giới hạn nồng độ điểm nóng ở mép ngoài của L , và

$$p = c_d/c_h, 0 < p < 1.$$

Vì vậy,

$$L^* = L/p \quad (C.22)$$

Ví dụ. Cho $L = 50'$ và $p = 0,1$ (nghĩa là, c_d chỉ là 10 % c_h). sau đó

$$L^* = 500' \quad (C.23)$$

Sau đó, có thể sử dụng L^* để xác định khoảng cách lưới, dẫn đến số lượng mẫu ít hơn khi sử dụng L .

(11) Giả sử thay đổi nồng độ log tỉ lệ nghịch với thay đổi theo bán trục chính – Điều này tương tự như trên, ngoại trừ mối quan hệ giả định là quan hệ logarit. Cụ thể,

$$L^*/L = \ln[c_h/(pc_h)] = \ln(1-p) \quad (C.24)$$

Vì vậy,

$$L^* = L[\ln(1/p)] \quad (C.25)$$

Đối với $0 < p < 0,36$

trong đó $[\ln(1/p)]$ là bội số của L^* so với L (ở đây được gọi là hiệu ứng số nhân). Để hiệu ứng này lớn hơn 1, p cần phải nhỏ hơn 0,36. Hiệu ứng này như một hàm của p được cho trong Bảng C.2.

BẢNG C.2 – Hiệu ứng hệ số nhân giữa L và L^* (Công thức C.25)

p	Hệ số nhân
0.3	1.20
0.1	2.30
0.05	3.00
0.01	4.61

(12) Các mối quan hệ khác có thể được công nhận, ngoài những mối quan hệ được mô tả trong Công thức C.22 và Công thức C.25. Thay cho giới hạn phát hiện, một số đại lượng khác như $(c_h + c_d)/2$ cũng có thể được xem xét.

(13) Vì $L^* > L$, do đó khoảng cách lưới được tăng lên, do đó làm giảm số lượng mẫu cần thiết.

(14) Các mối quan hệ giữa khoảng cách lưới G và trục bán trục L được minh họa trong Bảng C.3.

(15) Phương pháp giảm số lượng mẫu bằng cách tăng bán trục chính của điểm nóng có thể dẫn đến việc phát hiện số lượng lớn hơn "điểm nóng" dựa trên c_d , có thể không phải là điểm nóng dựa trên c_h . Do đó, phương pháp này có thể chỉ hữu ích khi dân số mục tiêu được biết là tương đối không bị nhiễm và cơ hội phát hiện sai dựa trên c_d có thể là nhỏ.

(16) Sau khi xác định được điểm nóng dựa trên c_d , thì phương pháp hiện trường hoặc các phương

pháp lấy mẫu khác có thể được sử dụng để xác định rõ hơn phạm vi hoặc ranh giới của điểm nóng thực sự cần quan tâm, cụ thể là điểm nóng dựa trên bản cắt ban đầu nồng độ c_h .

BẢNG C.3 – Mối quan hệ gần đúng giữa khoảng cách lưới G và bán trục chính L trong các điểm nóng hình tròn

$L(\text{ft})$	β	$G(\text{ft})$
25	0.1	45
	0.2	49
	0.3	53
	0.5	63
		89
50	0.1	
	0.2	98
	0.3	106
	0.5	125
100	0.1	180
	0.2	196
	0.3	213
	0.5	250
200	0.1	357
	0.2	392
	0.3	426
	0.5	500
300	0.1	536
	0.2	588
	0.3	638
	0.5	750

C.2.4.3 Nhiều điểm nóng trong lấy mẫu lưới

(1) Trong phần trên, việc xác định khoảng cách lưới là để phát hiện một điểm nóng duy nhất. Khi có nhiều điểm nóng, có thể xác định khoảng cách lưới để phát hiện ít nhất một điểm nóng với độ tin cậy cao. Khi không phát hiện được điểm nóng nào, xác suất tồn tại của điểm nóng có thể là rất nhỏ. Điều này tương tự như C.2.4.1, ngoại trừ ở đây kích thước và hình dạng của các điểm nóng được xem xét trong quá trình lấy mẫu lưới.

(2) Tiếp tục, khi xác định khoảng cách lưới G , yêu cầu đặc tính kỹ thuật của các thông số sau:

L là chiều dài của bán trục chính của điểm nóng nhỏ nhất,

S là tỷ số giữa trục ngắn và trục dài của điểm nóng, và

β là xác suất không tìm thấy điểm nóng có kích thước L hoặc lớn hơn khi nó thực sự tồn tại.

(3) Trong các định nghĩa trên, β là xác suất không tìm thấy điểm nóng. Khi có nhiều điểm nóng, theo giả thiết đơn giản về kích thước và hình dạng bằng nhau, xác suất không tìm thấy điểm nóng nào, với β đã cho, là β^h , trong đó h là số điểm nóng. Vì β thường xác định là rất nhỏ ($0 < \beta < 1$), β^h có thể trở nên

rất gần tới 0 khi h tăng, dẫn đến khoảng cách lưới rất ngắn và không thực tế.

(4) Một cách để khắc phục vấn đề này trong trường hợp có nhiều điểm nóng là đặt xác suất phát hiện ít nhất một trong số h điểm nóng bằng với xác suất phát hiện một điểm nóng trong trường hợp có một điểm nóng duy nhất. Từ đó, có thể suy ra β tương ứng để xác định khoảng cách lưới trong trường hợp nhiều điểm nóng.

(5) Giả sử $\beta = \beta_0$ đối với trường hợp điểm nóng duy nhất. Sau đó:

$$\text{Prob (phát hiện điểm nóng} \mid h = 1) = 1 - \beta_0$$

trong đó h là số điểm nóng.

(6) Trong trường hợp nhiều điểm nóng,

$$\text{Prob (phát hiện ít nhất 1 điểm nóng} \mid h > 1) = 1 - \beta^h$$

Để cho:

$$\text{Prob (phát hiện ít nhất 1 điểm nóng} \mid h > 1) = 1 - \beta_0 = 1 - \beta^h$$

Do đó, cần sử dụng β để xác định khoảng cách lưới để phát hiện ít nhất một trong số h điểm nóng là:

$$\beta^h = \beta_0 \tag{C.26}$$

$$\beta = (\beta_0)^{1/h}$$

Do đó, một khi xác suất chấp nhận được của việc không phát hiện một điểm nóng đơn lẻ được xác định là β_0 , thì giá trị của β đối với trường hợp nhiều điểm nóng có thể xác định theo công thức (C.26). Sau đó, có thể sử dụng β mới này để xác định G . Vì $\beta > \beta_0$, khoảng cách lưới mới sẽ lớn hơn khoảng cách dựa trên β_0 , dẫn đến số lượng mẫu cần thiết ít hơn.

(7) Ví dụ, xác suất chỉ định ban đầu để không tìm thấy điểm nóng, β_0 , có thể là 0,1. Nếu $h = 4$ điểm nóng thì β mới là 0,56 ($= 0,1^{1/4}$). Do giá trị này của β cao hơn, khoảng cách lưới G sẽ tăng lên tương ứng.

(8) Nếu mức độ tăng p này quá nhanh, nó có thể sửa đổi, ví dụ, bằng cách sử dụng $\sqrt{h}$ thay cho h , trong Công thức C.26.

(9) Cách tiếp cận này có vẻ hợp lý ở những khu vực được biết là không có ô nhiễm nào. Đối với những khu vực như vậy, mục tiêu lấy mẫu là xác định xem có thể có một số điểm nóng tiềm ẩn hay không. Do đó, cần thiết kế kế hoạch lấy mẫu với xác suất cao để phát hiện ít nhất một trong số vài điểm nóng tiềm ẩn có vẻ là một phương án hợp lý. Nếu kế hoạch lấy mẫu không phát hiện được điều gì, thì khả năng xuất hiện các điểm nóng là rất nhỏ. Mặt khác, nếu nó phát hiện (các) điểm nóng, thì có thể cần phải lấy mẫu rộng hơn hoặc các phương pháp hiện trường để xác định rõ hơn các khu vực nhiễm bẩn.

(10) Có một vấn đề là làm thế nào để xác định số lượng điểm nóng, h , khi sử dụng Công thức C.26. Cách tiếp cận hợp lý là giả định rằng các điểm nóng có liên quan đến các điểm lõm tại địa hình trũng. Khi đó, số lượng điểm nóng có thể được giả định là số lượng chỗ lõm có thể xác định được.

C.2.4.4 Lấy mẫu tổ hợp – Có thể sử dụng cách lấy mẫu tổ hợp trong hai lĩnh vực rộng lớn. Cả hai lĩnh vực đều có khả năng giảm cơ bản chi phí phân tích. Hai lĩnh vực là: (1) Ước lượng giá trị trung bình và phương sai với độ chụm cao hơn (trong sai số chuẩn của giá trị trung bình). Đây được xem như một bài toán ước lượng; và (2) phát hiện sự có mặt hoặc vượt quá trong mẫu bất kỳ trong hỗn hợp. Đây được xem như một vấn đề về phân loại.

CHÚ THÍCH C.3: Vì lấy mẫu tổ hợp có nhiều ứng dụng, nên có thể tham khảo ý kiến của một nhà thống kê. Phần này mô tả một số trường hợp đơn giản.

(1) Vấn đề ước tính – Một ví dụ đơn giản về lấy mẫu tổ hợp được nêu dưới đây.

(2) Gọi x là biến ngẫu nhiên đại diện cho nồng độ của các mẫu riêng lẻ độc lập và giống hệt nhau (cùng thể tích hoặc khối lượng) và x được phân phối chuẩn là $N(\mu, \sigma^2)$. Gọi y_k là tổ hợp của các mẫu riêng lẻ k . Theo đó, biết rằng y_k là số ước tính không chệch của trung bình tập hợp có độ chụm cao hơn vì:

$$\begin{aligned} E(y_k) &= \mu \\ \text{Var}(y_k) &= \sigma^2/k \end{aligned} \quad (\text{C.27})$$

nếu mẫu tổ hợp là hoàn toàn đồng nhất. Hệ số k lớn hơn 1 theo định nghĩa của tổ hợp. Trong trường hợp m ($m > 1$) mẫu tổ hợp được sử dụng để đánh giá việc đạt tiêu chuẩn làm sạch thì:

$$\begin{aligned} y_m &= \text{nồng độ trung bình của các mẫu tổ hợp } m, \text{ mỗi tổ hợp gồm } k \text{ mẫu riêng lẻ} \\ &= \sum y_{k,i} / m, i = 1, 2, 3, \dots, m. \end{aligned}$$

Hơn nữa, giá trị trung bình này của các mẫu tổ hợp là không có độ chệch với độ chụm thậm chí còn lớn hơn so với giá trị quan sát được theo Công thức C.27, bởi vì:

$$\begin{aligned} E(y_m) &= \mu \\ \text{Var}(y_m) &= \sigma^2/(km) \end{aligned} \quad (\text{C.28})$$

(3) Nếu có một ước lượng về phương sai của các mẫu riêng lẻ σ^2 , thì có thể tìm thấy (các) tổ hợp của k và m đạt được một số mức phương sai mong muốn (hoặc độ lệch chuẩn) của mẫu. Một số ví dụ giảm phương sai của giá trị trung bình dưới dạng hàm của m và k , so với phương sai của các mẫu riêng lẻ, nêu trong Bảng C.4.

(4) Có thể áp dụng loại lấy mẫu tổ hợp này cho nhiều trường hợp khác.

(5) Khi ước tính, cần lưu ý rằng, nếu chỉ phân tích hóa học cho một mẫu phụ của hỗn hợp, thì việc trộn thích hợp để đạt được sự đồng nhất trong mẫu tổ hợp là rất quan trọng. Trong trường hợp khi mẫu tổ hợp không hoàn toàn hoặc gần như đồng nhất, thì việc lấy mẫu phụ sẽ tạo ra một nguồn biến thể bổ sung, có thể được gọi là phương sai không đồng nhất σ_h^2 . Khi σ_h^2 không gần bằng 0, thì Công thức C.27 trở thành:

$$\text{Var}(y_k) = \sigma^2/k + \sigma_h^2 \quad (\text{C.29})$$

và Công thức C.29 trở thành:

$$\text{Var}(\bar{y}_m) = [\sigma^2/k + \sigma_h^2]/m \quad (\text{C.30})$$

(6) Phải tuân thủ tất cả các quy trình lấy mẫu và lấy mẫu phụ chính xác để ngăn ngừa kết quả sai lệch và đảm bảo giảm phương sai lấy mẫu.

(7) Trong một số trường hợp khi chi phí phân tích cao (so với chi phí lấy mẫu), có thể sử dụng một mẫu tổ hợp cho mục đích suy luận, đặc biệt khi nó là tổ hợp của nhiều mẫu riêng lẻ. Vì là hỗn hợp của nhiều mẫu, nên nồng độ của hỗn hợp có thể có sai số tiêu chuẩn thấp hơn nhiều so với các mẫu riêng lẻ. Khi sai số tiêu chuẩn này được đánh giá là nhỏ, có thể sử dụng nồng độ của hỗn hợp để so sánh với tiêu chuẩn hoặc giới hạn. Điều này đặc biệt thích hợp khi có một nghiên cứu thí điểm để cung cấp mối tương quan giữa phương sai của các mẫu riêng lẻ và các mẫu tổ hợp.

(8) Về các câu hỏi như số lượng mẫu riêng lẻ tối ưu cần thiết trong một hỗn hợp, số lượng mẫu tổ hợp và các mẫu phụ của mẫu tổ hợp và tương tự, thì cần tham khảo ý kiến của chuyên gia thống kê.

(9) Vấn đề phân loại – Một số giải thích về phân loại được nêu trong Nguyên tắc lấy mẫu môi trường.

(10) Cho $x_1, \dots, x_n$ với n là mẫu riêng lẻ và y_k ($k < n$) là mẫu tổ hợp của k mẫu riêng lẻ. Việc phân loại thành hai loại (ví dụ, có hoặc không có ô nhiễm) phải được thực hiện trên mỗi x dựa trên việc phân tích y_k trước và có lẽ một số hoặc tất cả của x nếu y_k là dương.

(11) Bởi vì việc tổ hợp có thể pha loãng nồng độ đến mức dưới giới hạn phát hiện, có thể xác định số k để đảm bảo rằng điều này không xảy ra.

(12) Giả sử rằng một mẫu riêng lẻ có nồng độ C và tất cả các mẫu khác ($k - 1$) có nồng độ bằng không. Khi đó nồng độ tổ hợp là:

$$y_k = C/k \quad (\text{C.31})$$

Coi giới hạn phát hiện là d , mong muốn một số k sao cho

$$C/k > d \quad (\text{C.32})$$

Cụ thể,

$$k < C/d \quad (\text{C.33})$$

(13) Nếu giới hạn quy định L là mối quan tâm, thay vì d , thì có thể sửa đổi công thức C.30 có thể để tìm k đúng:

$$k < L/d \quad (\text{C.34})$$

(14) Trong trường hợp sử dụng công thức (X.3.34), nếu $y_k < L$, thì $x_i < L$, $i = 1, \dots, k$. Cụ thể, có thể kết luận rằng tất cả các mẫu riêng lẻ đều nhỏ hơn giới hạn quy định L . Và chỉ cần một phép phân tích mẫu tổ hợp để đưa ra kết luận này.

TCVN 13681:2023

(15) Nếu $y_k \geq L$, thì sơ đồ đơn giản nhất là phân tích tất cả các mẫu riêng lẻ để xác định xem có mẫu nào vượt quá giới hạn hay không. Và tổng số phép phân tích là $(k + 1)$.

(16) Đặt $q =$ xác suất ($y_k < L$), thì số phép phân tích dự kiến là

$$E(N) = q + (1 - q)(k + 1) \quad (C.35)$$

(17) Như vậy, khả năng tiết kiệm chi phí của việc lấy mẫu tổ hợp có thể đo bằng chỉ số hiệu quả tương đối (*REI*) sau, đây là tỷ lệ giữa số phép phân tích dự kiến cho lấy mẫu tổ hợp với số phép phân tích cho các mẫu riêng lẻ:

$$\begin{aligned} REI &= E(N)/k = 1 - q + 1/k \\ &= p + 1/k \end{aligned} \quad (C.36)$$

trong đó

$$\begin{aligned} p &= 1 - q \\ &= \text{xác suất vượt mức.} \end{aligned}$$

(18) Tiết kiệm từ việc tổ hợp thực hiện khi p nhỏ và chỉ khi $REI < 1$, được chuyển thành:

$$\begin{aligned} REI &< 1 \\ 1 - q + 1/k &< 1 \\ q &> 1/k \end{aligned} \quad (C.37)$$

Hoặc,

$$0 < p < 1 - 1/k \quad (C.38)$$

(19) Ví dụ phần trăm giảm tổng số các phép phân tích là hàm của k và p trong Công thức C.36 được nêu trong Bảng C.5.

BẢNG C.5 – Hiệu quả tương đối của lấy mẫu tổ hợp so với các phép thử riêng lẻ
(Công thức C.36)

k	REI < 1	p	REI	% Tiết kiệm liên quan đến phép thử riêng lẻ
2	$p < 0,50$	0,4	0,9	10
		0,3	0,8	20
		0,2	0,7	30
		0,1	0,6	40
		0,05	0,55	45
		0,01	0,51	49
3	$p < 0,67$	0,4	0,73	27
		0,3	0,63	37
		0,2	0,53	47
		0,1	0,43	59
		0,05	0,38	62
		0,01	0,34	66
4	$p < 0,75$	0,4	0,65	35
		0,3	0,55	45
		0,2	0,45	55
		0,1	0,35	65
		0,05	0,30	70
		0,01	0,26	74
5	$p < 0,50$	0,4	0,6	40
		0,3	0,5	50
		0,2	0,4	60
		0,1	0,3	70
		0,05	0,25	75
		0,01	0,21	79
10	$p < 0,90$	0,4	0,5	50
		0,3	0,4	60
		0,2	0,3	70
		0,1	0,2	80
		0,05	0,15	85
		0,01	0,11	89

Thư mục tài liệu tham khảo

Các tài liệu chung

- [1] USEPA, Characterizing Heterogeneous Wastes: Methods and Recommendations, ORD and USDOE, EPA 600/R-92/033, February 1992.
- [2] USEPA, Guidance for the Data Quality Assessment, EPA QA/G-9, EPA 600/R-96/055, Quality Assurance Management Staff, Washington, DC, September 1994
- [3] USEPA, Test Methods for Evaluating Solid Waste; SW-846, third ed., Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency Office of Solid Waste, 1991

Thiết kế lấy mẫu

- [4] Cochran, W. G., Sampling Techniques, 3rd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York, 1977.
- [5] ACS Committee on Environmental Improvement, "Principles of Environmental Analysis", Anal. Chem. 55, 2210- 2218, 1983
- [6] Desu, M. M. and D. Raghavarao, Sample Size Methodology, Academic Press, San Diego, 1990.
- [7] Nelson, L. S., "Economic Balance of Sampling and Testing", J. of Quality Technology, 24, 162-163, 1992
- [8] "Preparation of Soil, Sampling Protocols: Sampling Techniques and Strategies," EPA/600/R-92/128, EMSL - LV, Benjamin Mason, 1992, Preissue draft

Lựa chọn dụng cụ lấy mẫu cụ thể

- [9] TCVN 13453 (ASTM D4547), *Lấy mẫu chất thải và đất để phân tích các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi.*
- [10] TCVN 12537 (ASTM D5679), *Chất thải rắn – Thực hành lấy mẫu chất rắn cố kết trong thùng hình trụ hoặc các thùng chứa tương tự.*
- [11] TCVN 12058 (ASTM D5680), *Phương pháp lấy mẫu chất thải rắn không cố kết từ thùng hình trụ hoặc các thùng chứa tương tự.*
- [12] ASTM D5743 Practice for Sampling Single or Multilayered Liquids, With or Without Solids, in Drums or Similar Containers
- [13] TCVN 13680 (ASTM D6232), *Hướng dẫn lựa chọn thiết bị lấy mẫu cho các hoạt động thu thập dữ liệu chất thải và môi trường bị ô nhiễm.*
- [14] A Compendium of Superfund Field Operations Methods, U.S. EPA, Washington, DC PB88-181557, Dec. 1987
- [15] The Environmental Survey Manual, U.S. Department of Energy, DOE/EH-0053, second ed. Vol 5, Appendix E, January 1989
- [16] Characterization of Hazardous Waste Sites—A Methods Manual: Volume II. Available Sampling Methods, second ed. U.S. Environmental Protection Agency, Las Vegas, Nevada. EPA-600/4-84-076.
- [17] Sampling for Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Emergency and Remedial Response, Hazardous Response Support Division, 1988.

- [18] Lewis, T.E., A.B. Crockett, R.L. Siegrist, and K. Zarrabi, "Soil Sampling and Analysis for Volatile Organic Compounds, Ground-Water Issue," U.S. Environmental Protection Agency, Las Vegas, NV, EPA/540/4-91/001, February 1991.
- [19] Garner, F.C., M.A. Stapanian, and L.R. Williams, "Composite Sampling for Environmental Monitoring," in *Principles of Environmental Sampling*, L.H. Keith, ed., American Chemical Society, Washington D.C., 1988, pp. 363-374.
- [20] Rajagopal, R., *Economics of Screening in the Detection of Organics in Ground Water, Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 9:261-272, 1990.
- [21] Rajagopal, R., and L.R. Williams, "Economics of Sample Compositing as a Screening Tool in Ground Water Quality Monitoring," *Ground Water Monitoring Review*, Winter 1989, pp. 186-192.

Thống kê

- [22] Gilbert, Richard O., *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*, Van Nostrand Reinhold Co., New York, NY, 1987.
- [23] Pitard, F.F., *Pierre Gy's Sampling Theory and Sampling Practice, Vol. I: Heterogeneity and Sampling*, CRC Press, Boca Raton, FL, 1989.
- [24] Pitard, F. F., *Pierre Gy's Sampling Theory and Sampling Practice. Volume II, Sampling Correctness and Sampling Practice*, CRC Press, Boca Raton, FL, 1989.
- [25] Siegmund, D., *Sequential Analysis, Tests and Confidence Intervals*, Springer-Verlag, New York, 272 pp., 1985.
- [26] Wetherill, G.B., and K.D. Glazebrook, *Sequential Methods in Statistics*, 3rd ed., Chapman and Hall, New York, 264 pp., 1986.
- [27] Gamer, F.C., M.A. Stapanian, E.A. Yfantis, and L.R. Williams, "Probability Estimation with Sample Compositing Techniques," *Journal of Official Statistics* 5(4):364-374, 1989.
- [28] Borgman L.E., and W.F. Quimby, "Sampling for Test of Hypothesis When Data are Correlated in Space and Time," In *Principles of Environmental Sampling* (Keith, Lawrence H., ed.), p 25-43, The American Chemical Society, 1988.
- [29] ASTM C1215 *Guide for Preparing and Interpreting Precision and Bias Statements in Test Method Standards Used in the Nuclear Industry*
- [30] Borgman, L.E., "New Advances in Methodology for Statistical Test Useful in Geostatistical Studies," *Mathematical Geology* 20(4): 383-403, 1988.
- [31] Gilbert, R.O., *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*, Van Nostrand Reinhold Co., New York, 320 pp., 1987.
- [32] Gy, P., *L'Enchantillonnage des Minerais en Vrac: Tome I: Theorie Generale*, *Revue de L'Industrie Minerale*. Also published in *Memoires du Bureau de Recherches Geologique et Minieres*, No. 56, 1967, 186 pp. (Chapter 4, *Theorie de L'Enchantillonnage Equiprobable*, gave an excellent presentation of the theoretical foundation for Gy's method).
- [33] Borgman, L.E., *An exposition of Gy's derivation in L'Enchantillonnage des Minerais en Vrac, Theorie Generale*. Statistics Laboratory Report No. 91-2, Department of Statistics, University of

TCVN 13681:2023

Wyoming, Laramie, WY, 1991.

- [34] Gy, P.M., Sampling of Particulate Materials, Theory and Practice, Elsevier Scientific Pub., New York, 1982.

Phần mềm

- [35] Gaugush, R.F., 1990, Sampling Design Software, version 2.0. Environmental Laboratory, U.S.A.E., Waterways Experiment Station, P.O. Box 631, Vicksburg, MS 39180.
- [36] Pitard, F.F., Software Programs: QE1, VARIO, and COAL, Francis F. Pitard, 14710 Tejon Street, Broomfield, CO 80020.
-