

# ĐÁNH GIÁ ĐỘ KHÔNG ĐẢM BẢO ĐO BẰNG PHƯƠNG PHÁP MONTE CARLO TRONG CÁC PHÉP ĐO BỨC XẠ HẠT NHÂN

Bùi Đức Kỳ\*, Nguyễn Ngọc Quỳnh, Dương Đức Thắng, Lê Ngọc Thiêm, Nguyễn Hữu Quyết, Trần Thanh Hà, Bùi Thị Ánh Dương, Hồ Quang Tuấn, Dương Văn Triệu

*Viện Khoa học và Kỹ thuật hạt nhân/ Số 179 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội*

[\\*Duckyb2@gmail.com](mailto:Duckyb2@gmail.com)

## Tóm tắt

Đánh giá độ không đảm bảo đo của các phép đo một đại lượng vật lý nói chung cũng như các phép đo lường bức xạ ion hóa nói riêng là yêu cầu bắt buộc đối với các phòng thí nghiệm đạt chứng nhận ISO/IEC 17025. Ủy ban quốc tế về hướng dẫn đo lường (JCGM) đã công bố các tài liệu hướng dẫn về đánh giá độ không đảm bảo đo lần đầu tiên vào năm 1993 và phiên bản sửa đổi, bổ sung vào năm 2008. Các tài liệu hướng dẫn này rất có giá trị và đạt được nhiều thành công trong việc đánh giá độ không đảm bảo đo của các kết quả đo đạc, tuy nhiên nó vẫn còn bộc lộ những khiếm khuyết về mô hình đánh giá lan truyền sai số, độ chính xác và tin cậy của các hàm phân bố xác suất và không dự báo trước được khả năng tính toán của máy tính. Để khắc phục những khiếm khuyết này phương pháp đánh giá độ không đảm bảo đo bằng Monte Carlo đã được đề xuất. Phương pháp này mô phỏng các đại lượng đầu vào dựa trên các hàm phân bố xác suất ban đầu bất kỳ, do đó hàm phân bố xác suất của đại lượng đầu ra được xác định một cách tin cậy khi số lượng mô phỏng đủ lớn. Phương pháp Monte Carlo cũng giúp cho việc đánh giá độ không đảm bảo đo do truyền sai số với các mô hình tính toán không phải là tuyến tính chính xác hơn. Trong nghiên cứu này, độ không đảm bảo đo của các đại lượng đo lường bức xạ ion hóa như tương đương liều cá nhân Hp(d), Air kerma đã được đánh giá dựa trên phương pháp Monte Carlo. Chương trình phần mềm GUM-MC cũng đã được xây dựng để giúp cho việc đánh giá độ không đảm bảo đo được thuận tiện hơn.

Từ khóa: Độ không đảm bảo đo, phương pháp Monte Carlo

## 1. GIỚI THIỆU

Độ không đảm bảo đo là một thông số đặc trưng cho sự phân tán của các giá trị đo lường được của một đại lượng cần đo [1,11]. Bởi nếu không có độ không đảm bảo đo kết quả của các phép đo sẽ không thể so sánh được với nhau cũng như không thể so sánh được với giá trị thực quy ước. Trong lĩnh vực đo lường bức xạ ion hóa ISO/IEC và IAEA đã đưa ra các tài liệu hướng dẫn về đánh giá độ không đảm bảo đo đối với các đại lượng đo khác nhau. Các hướng dẫn này chủ yếu dựa trên các phương pháp đánh giá đưa ra bởi ủy ban quốc tế về hướng dẫn đo lường (JCGM) trong các ấn phẩm được biết đến như là “tài liệu hướng dẫn về đánh giá độ không đảm bảo đo (GUM) và phụ lục của nó (GUM-S1). Phương pháp được mô tả trong tài liệu GUM thường được gọi là phương pháp GUM, Theo đó, các thành phần gây ra độ không đảm bảo đo được tính toán một cách riêng lẻ, tiếp đó chúng được kết hợp lại với nhau bằng một mô hình giải tích xấp xỉ, điều này làm cho việc tính toán mất rất nhiều thời gian và độ chính xác không cao khi các mô hình tính toán là không tuyến tính và các hàm phân bố xác suất không có dạng đối xứng. Để giải quyết vấn

đề này chương trình phần mềm tính toán độ không đảm bảo đo đã được xây dựng sử dụng phương pháp Monte Carlo theo các hướng dẫn của GUM-S1 và tham khảo chương trình đánh giá độ không đảm bảo đo *NIST uncertainty machine* của Viện tiêu chuẩn và kỹ thuật quốc gia Hoa Kỳ (NIST). Độ không đảm bảo đo của Air Kerma và tương đương liều cá nhân Hp(d) cũng đã được đánh giá sử dụng chương trình phần mềm tính toán sai số và so sánh với các phương pháp xấp xỉ trước đây.

## 2. PHƯƠNG PHÁP

Để đánh giá độ không đảm bảo đo, mô hình liên hệ giữa đại lượng cần đo Y và các đại lượng đầu vào  $X_i$  có dạng như sau [2,11]:

$$Y = f(X_1, \dots, X_N) \quad (1)$$

### 2.1 Phương pháp GUM

Độ không đảm bảo đo của đại lượng Y sẽ được tính bằng công thức sau [2,11]:

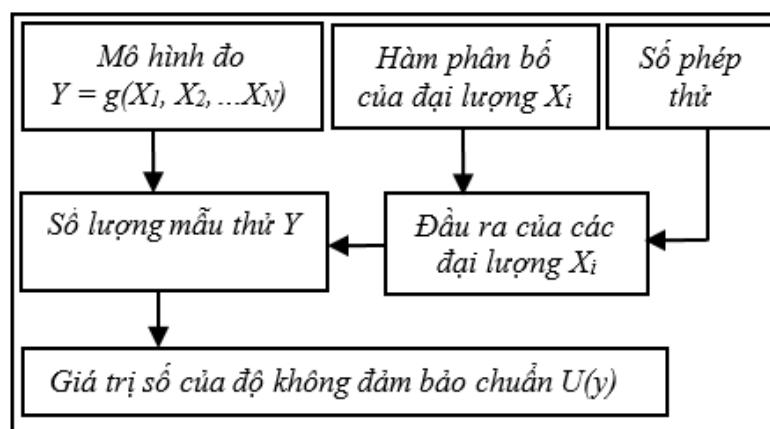
$$u^2(y) = \sum_{i=1}^N c_i^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i c_j u(x_i, x_j) \quad (2)$$

Trong đó,  $c_i = \partial/\partial x_i$  và  $c_j = \partial/\partial x_j$  là các hệ số độ nhạy,  $u(x_i, x_j)$  là hệ số tương quan,  $u^2(x_i)$  là phương sai của đại lượng đầu vào.

Tuy nhiên, công thức (2) chỉ đúng khi mô hình đánh giá là tuyến tính. Đối với mô hình không tuyến tính, công thức (2) chỉ là xấp xỉ bậc nhất của khai triển Taylor. Điều này làm cho kết quả đánh giá độ không đảm bảo đo trong nhiều trường hợp là không chính xác.

### 2.2 Phương pháp Monte Carlo

Phương pháp Monte Carlo mô phỏng các đại lượng đầu vào  $X_i$  dựa trên phân bố xác suất ban đầu bất kỳ. Phân bố của đại lượng đầu vào sẽ ảnh hưởng đến đại lượng cần xác định theo mô hình trong công thức (1). Độ lệch chuẩn và các đại lượng liên quan của đại lượng đầu ra được tính toán trực tiếp từ hàm phân bố.



Hình 1: Sơ đồ tính toán độ không đảm bảo đo bằng Monte Carlo.

So với phương pháp xấp xỉ thì phương pháp Monte Carlo cho cái nhìn tổng quan hơn về phân bố xác suất của các đại lượng đầu ra và nó có thể áp dụng cho nhiều trường hợp hơn.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1 Phần mềm đánh giá độ không đảm bảo đo bằng Monte Carlo.

Dựa trên phương pháp đánh giá độ không đảm bảo đo trình bày trong phần 2, chương trình phần mềm đã được xây dựng với tên gọi GUM-MC. Giao diện của chương trình có dạng như hình 2 dưới đây:

Hình 2: Giao diện chương trình đánh giá độ không đảm bảo đo GUM-MC

GUM-MC gồm có các phần chính sau:

- Lựa chọn số lượng các đại lượng đầu vào: Phần này người dùng sẽ lựa chọn số lượng các đại lượng có thể ảnh hưởng đến độ không đảm bảo đo của đại lượng cần xác định.
- Lựa chọn dạng/ kiểu phân bố của các đại lượng đầu vào. Trong cơ sở dữ liệu của chương trình đã có sẵn 13 dạng phân bố thường gặp, người dùng chỉ việc lựa chọn dạng phân bố và nhập các thông số đầu vào tương ứng.
- Lựa chọn mô hình tính toán. Phần này cho phép người dùng nhập một mô hình đánh giá độ không đảm bảo đo của đại lượng cần xác định. Mô hình tính toán thường là các hàm giải tích toán học.

Phần mềm sẽ tính toán và hiển thị kết quả độ không đảm bảo đo của đại lượng cần xác định dựa trên các thông tin cung cấp bởi người dùng. Hiện tại, GUM-MC chỉ hỗ trợ các mô hình tính toán có một đại lượng đầu ra, các đại lượng đầu vào độc lập với nhau và có giá trị thực

#### 3.2 Đánh giá độ không đảm bảo của Air Kerma ( $K_{air}$ ) và tương đương liều cá nhân Hp(d)

##### 3.2.1 Đánh giá độ không đảm bảo của Air Kerma ( $K_{air}$ ) và tương đương liều cá nhân Hp(d) theo phương pháp xấp xỉ của GUM.

a) Độ không đảm bảo đo của Air Kerma với phẩm chất bức xạ  $\gamma$  -<sup>137</sup>Cs

Số liệu đo Air kerma ngày 29/02/2019 như sau: P = 1015.8 mbar; T = 22.6°C = 295.54 K

Giá trị Air Kerma của một phẩm chất bức xạ được xác định bởi công thức sau:

$$K_{air} = N_K * M_{corr} * K_Q \quad (3)$$

Trong đó:  $K_{air}$  là Air Kerma,  $N_K$  là hệ số chuẩn của buồng ion hóa,  $K_Q$  là hệ số có tính đến sự khác nhau giữa phẩm chất bức xạ tại nơi xác định Air Kerma và nơi hiệu chuẩn buồng ion hóa chuẩn và  $M_{corr}$  là số đọc của buồng ion hóa chuẩn đã được hiệu chỉnh các yếu tố ảnh hưởng

$$M_{corr} = M_{raw} K_T K_P K_{stab} K_{dis} K_{other} \quad (4)$$

$M_{raw}$  là số đọc của buồng ion hóa

$$K_T = \frac{T}{T_0} = \frac{295.54}{293.15} = 1.008 \text{ là hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ}$$

$$K_P = \frac{P_0}{P} = \frac{1013.2}{1015.8} = 0.997 \text{ là hệ số hiệu chỉnh áp suất,}$$

$K_{stab}$  là hệ số tính đến sự ổn định của hệ đo chuẩn,

$K_{dis}$  là hệ số tính đến sự sai lệch khoảng cách.

$K_{other}$  là các hệ số ảnh hưởng khác.

Mô hình đánh giá độ không đảm bảo đo của Air Kerma như sau:

$$\frac{U(K)}{K} = \sqrt{\left(\frac{U(N_k)}{N_k}\right)^2 + \left(\frac{U(M_{corr})}{M_{corr}}\right)^2 + \left(\frac{U(K_Q)}{K_Q}\right)^2} \quad (5)$$

Với  $U(x_i)$  là độ không đảm bảo đo tương ứng với các thành phần trong công thức 3.

- $U(N_k)$  được lấy từ chứng chỉ chuẩn của IAEA:  $U(N_k) = 0.41\%$
- $U(K_Q)$  chưa xác định được.

$$\frac{U(M_{corr})}{M_{corr}} = \sqrt{\left(\frac{U(M_{raw})}{M_{raw}}\right)^2 + \left(\frac{U(K_T)}{K_T}\right)^2 + \left(\frac{U(K_P)}{K_P}\right)^2 + \left(\frac{U(K_{stab})}{K_{stab}}\right)^2 + \left(\frac{U(K_{dis})}{K_{dis}}\right)^2 + \left(\frac{U(K_{other})}{K_{other}}\right)^2} \quad (6)$$

Giá trị số đọc của buồng ion hóa chuẩn  $M_{raw}$  trong đơn vị nC như sau: 4.18; 4.18; 4.175; 4.175; 4.175; 4.18; 4.175; 4.175; 4.17; 4.17

$$U(M_{raw}) = S_{(M_{raw})} = 0.004 \text{ nC}$$

$$\frac{U(M_{raw})}{M_{raw}} = \frac{0.004}{4.176} = 0.001 = 0,1\%$$

- Áp suất thay đổi trong khoảng 1015 mbar đến 1017.2 mbar trong quá trình đo

$$\frac{U(K_P)}{K_P} = \frac{1.1/1015.8}{0.997} = 0.0011 = 0,11\%$$

- Nhiệt độ thay đổi trong khoảng từ 22°C đến 22.6°C (295.15 K đến 295.75 K) trong khi đo.

$$\frac{U(K_T)}{K_T} = \frac{0.3/295.54}{1.008} = 0.001 = 0,1\%$$

- Độ ổn định của hệ thiết bị được lấy từ một tập hợp các quan trắc số liệu theo thời gian và độ không đảm bảo đo do sự không ổn định của hệ thiết bị được đánh giá vào khoảng 0,6%
- Độ phân giải của thước đo khoảng cách là 1mm. Do đó, độ không đảm bảo đo do sai lệch khoảng cách:

$$\frac{U(K_{dis})}{K_{dis}} = \frac{2}{1500} = 0.0013 = 0,13\%$$

Từ đó ta tính được độ không đảm bảo đo của Air kerma tương ứng hệ số phủ  $k=1$  và khoảng tin cậy 68%.

*Bảng 1: Nguồn gốc gây ra độ không đảm bảo đo Air kerma*

Nguồn gốc gây ra độ không đảm bảo đo	Độ lệch chuẩn tương đối (%)	Độ không đảm bảo loại	Bậc tự do
Hệ số chuẩn của buồng ion hóa	0.41	B	-
Số đọc của buồng ion hóa	0.1	A	9
Áp suất	0.11	B	-
Nhiệt độ	0.1	B	-
Khoảng cách	0.13	B	-
Độ ổn định của hệ thiết bị chuẩn	0.6	A,B	-
yếu tố khác	1.0	A,B	-
<b><i>U</i></b>	<b><i>1.26</i></b>		

b) *Độ không đảm bảo đo của tương đương liều cá nhân Hp(10) sử dụng liều kế TLD*

Giá trị tương đương liều cá nhân Hp(10) được xác định như sau:

$$H_p(10) = \frac{(M - M_B) \cdot ECC}{RCF} f_E f_{lin} f_d f_{ang} f_{other} \quad (7)$$

- $M$  là số đọc của liều kế,  $M_B$  là số đọc của liều kế phông
- ECC là hệ số hiệu chỉnh độ đồng đều của chip hoặc liều kế

$$ECC = \frac{\bar{R}}{R_i} \quad (8)$$

$\bar{R}$  là số đọc của  $n$  liều kế và  $R_i$  là số đọc của liều kế thứ  $i$  ( $i = \overline{1 - n}$ )

- RCF là hệ số hiệu chỉnh máy đọc

$$RCF = \frac{C - C_B}{H_C} \quad (9)$$

$C$  là số đọc của liều kế chuẩn,  $C_B$  là liều kế phông,  $H_C$  là giá trị liều chiếu chuẩn

- $f_E$  là hệ số hiệu chỉnh sự phụ thuộc năng lượng
- $f_{lin}$  là hệ số hiệu chỉnh đáp ứng tuyến tính của liều kế

- $f_d$  là hệ số hiệu chỉnh sự suy giảm tín hiệu
- $f_{ang}$  là hệ số hiệu chỉnh sự phụ thuộc góc
- $f_{other}$  là các hệ số hiệu chỉnh khác.

Mô hình đánh giá độ không đảm bảo đo Hp(10) cũng tương tự như của Air kerma:

$$\frac{U(H_p(10))}{H_p(10)} = \sqrt{\left(\frac{U(M - M_0)}{M - M_0}\right)^2 + \left(\frac{U(ECC)}{ECC}\right)^2 + \left(\frac{U(RCF)}{RCF}\right)^2 + \left(\frac{U(f_E)}{f_E}\right)^2 + \left(\frac{U(f_{lin})}{f_{lin}}\right)^2 + \left(\frac{U(f_{ang})}{f_{ang}}\right)^2 + \left(\frac{U(f_{other})}{f_{other}}\right)^2} \quad (10)$$

Sử dụng phương pháp đánh giá độ không đảm bảo đo theo phương pháp xấp xỉ của GUM tương tự như khi sử dụng để đánh giá độ không đảm bảo đo của Air Kerma. Ta thu được kết quả như sau:

*Bảng 2: Nguồn gốc gây ra độ không đảm bảo đo đối với tương đương liều cá nhân Hp(d)*

Nguồn gốc gây ra độ không đảm bảo đo	Độ lệch chuẩn tương đối (%)	Độ không đảm bảo loại	Bậc tự do
Suất tương đương liều Hp(10) chuẩn (Giá trị chiếu liều kế để xác định ECC, RCF)	2.36	-	-
Hệ số hiệu chỉnh số đọc của liều kế	2.7	A	4
Hệ số hiệu chỉnh độ nhạy ECC	2.1	A	99
Hệ số chuẩn máy đọc RCF	3.5	A,B	9
Hệ số hiệu chỉnh năng lượng	12.6	B	-
Hệ số hiệu chỉnh đáp ứng tuyến tính	6.5	B	-
Hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc góc	9.1	B	-
Hệ số hiệu chỉnh suy giảm tín hiệu	1.9	B	-
Các yếu tố ảnh hưởng khác	3.0	-	-
<b><i>U</i></b>	<b><i>18.1</i></b>		

### 3.2.2 Đánh giá độ không đảm bảo của Air Kerma ( $K_{air}$ ) và tương đương liều cá nhân Hp(d) bằng phương pháp Monte Carlo sử dụng phần mềm GUM-MC.

a) Độ không đảm bảo đo của Air Kerma với phẩm chất bức xạ  $\gamma - ^{137}Cs$

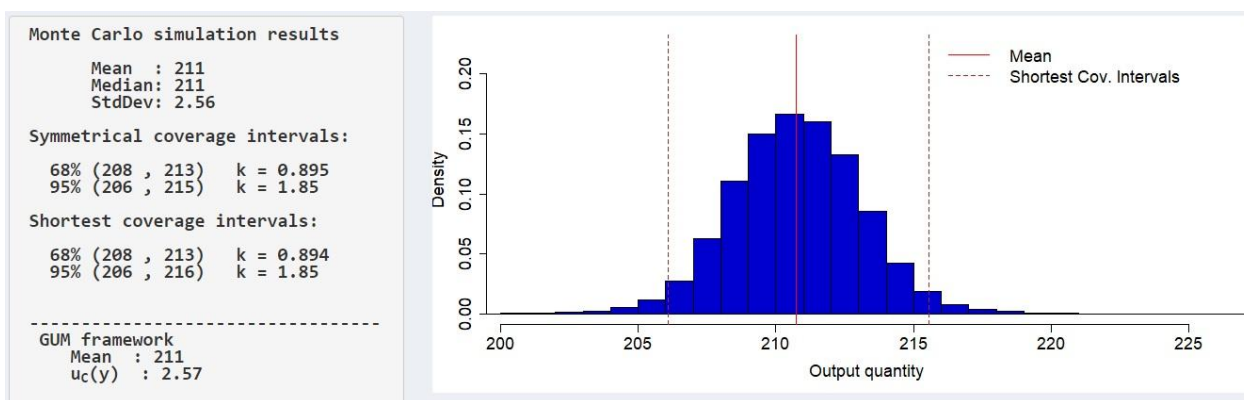
$$\text{Hàm mô tả Air kerma trong có dạng: } Y = X_0 * X_1 * X_2 * X_3 * X_4 * X_5 \quad (11)$$

Y là Air kerma và  $X_i$  là các biến đầu vào độc lập ( $K_{air} = M_{raw} N_k K_T K_P K_{stab} K_{dis}$ ) và chúng được coi là có phân bố theo dạng Student-t với 2 biến đầu tiên và hình chữ nhật với 4 biến còn lại. Giá trị của các biến đầu vào  $X_i$  như trong bảng 3 dưới đây:

Bảng 3: Giá trị của các biến đầu vào  $X_i$  dùng để xác định Air kerma

$X_i$	Giá trị của $X_i$	Độ lệch chuẩn	Dạng phân bố	Bậc tự do
Số đọc của buồng ion hóa, $M_{raw}$	4.175	0.035	Student	3
Hệ số chuẩn của buồng ion hóa, $N_K$	50.23	0.27	Student	3
Hệ số hiệu chỉnh áp suất, $K_P$	0.997	0.007	Hình chữ nhật	-
Hệ số hiệu chỉnh nhiệt độ, $K_T$	1.008	0.0006	Hình chữ nhật	-
Hệ số tính đến sai lệch khoảng cách, $K_{dis}$	0.999	-	Hình chữ nhật	-

Dựa vào các số liệu trong bảng 3, phần mềm GUM-MC xác định được giá trị độ không đảm bảo đo của giá trị Air kerma  $\sim 1.22\%$  với hệ số phủ  $k = 1$  tương ứng với mức tin cậy 68% và cho thấy được phân bố của nó như trong hình 3.



Hình 3: Kết quả đánh giá độ không đảm bảo đo Air kerma bằng GUM-MC

b) Độ không đảm bảo đo của tương đương liều cá nhân  $H_p(10)$  sử dụng liều kế TLD

Mô hình đánh giá độ không đảm bảo đo của đại lượng tương đương liều cá nhân  $H_p(10)$  khi sử dụng GUM-MC có mô hình tương tự như Air kerma:  $Y = X_1 * X_2 * \dots * X_n$  (12)

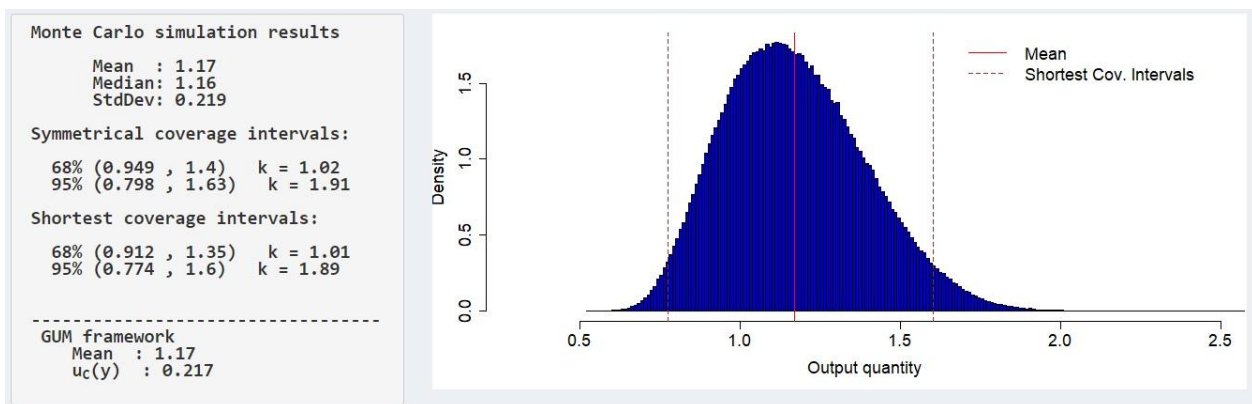
$Y$  là tương đương liều cá nhân  $H_p(10)$  và  $X_i$  là các biến đầu vào độc lập mô tả các đại lượng như trong phương trình 7. Các biến đầu vào tuân theo phân bố student-t và hình chữ nhật. Giá trị của các biến đầu vào  $X_i$  như trong bảng 4 dưới đây:

Bảng 4: Giá trị của các biến đầu vào  $X_i$  dùng để xác định tương đương liều cá nhân  $H_p(10)$

$X_i$	Giá trị của $X_i$	Độ lệch chuẩn	Dạng phân bố	Bậc tự do
Số đọc của liều kế, $M$	4817	90.48	Student	5
Hệ số hiệu chỉnh độ đồng đều, $ECC$	0.88	0.07	Student	99
Số đọc của liều kế chuẩn máy đọc, $C$	15443	545	Student	5
Giá trị liều chuẩn, $H_c$	6.8	0.082	Student	7

Hệ số hiệu chỉnh năng lượng, $f_e$	0.615	0.08	Hình chữ nhật	-
Hệ số hiệu chỉnh đáp ứng tuyến tính, $f_{lin}$	1.02	0.034	Hình chữ nhật	-
Hệ số hiệu chỉnh phụ thuộc góc, $f_{ang}$	1.02	0.091	Hình chữ nhật	-
Hệ số hiệu chỉnh suy giảm tín hiệu, $f_d$	0.98	0.019	Hình chữ nhật	-

Dựa vào các số liệu trong bảng 4, phần mềm GUM-MC xác định được độ không đảm bảo đo của tương đương liều cá nhân Hp(10) ~ 18.7% với hệ số phủ  $k = 1$  tương ứng với mức tin cậy 68% và phân bố xác suất của nó như trong hình 4.



Hình 4: Kết quả đánh giá độ không đảm bảo đo Hp(10) bằng GUM-MC

#### 4. KẾT LUẬN

Độ không đảm bảo đo của Air kerma và tương đương liều cá nhân Hp(10) đã được đánh giá bằng phương pháp xấp xỉ và bằng chương trình GUM-MC trên nền tảng Monte Carlo. Kết quả thu được cho thấy sai lệch của Air kerma và tương đương liều cá nhân Hp(10) tính bằng hai phương pháp tương ứng là 3.3% và 3.7%. So với phương pháp xấp xỉ thì GUM-MC tính toán thuận tiện hơn và nó còn cho thấy được phân bố xác suất của kết quả thu được. Tuy nhiên, GUM-MC vẫn còn một số yếu điểm đó là nó cần mô tả đúng được dạng phân bố của các đại lượng đầu vào, điều này không chỉ phụ thuộc vào dữ liệu thu được mà còn phụ thuộc vào hiểu biết của người sử dụng để đạt được độ chính xác cao.



## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ISO 17025:2005, General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
- [2] Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008, 2008
- [3] Revision of the Guide to Expression of Uncertainty in Measurement, Walter Bich et al, Metrologia, 49, 2012
- [4] Contribution to the revision of the Guide to the expression of uncertainty in measurement, G.A. Kyriazis, Journal of Physics: Conference Series 575, 2015
- [5] On a Monte Carlo method for measurement uncertainty evaluation and its implementation, P M Harris and M G Cox, Metrologia 51, 2014.
- [6] Uncertainty analysis of phase and amplitude of harmonic components of bearing inner ring four-point roundness measurement, Raine Viitala et al, Precision Engineering, 2018
- [7] Estimation of uncertainty of effective area of a pneumatic pressure reference standard using Monte Carlo method, Singh et al, Indian Journal of Pure & Applied Physics, 2016
- [8] Application of the Monte Carlo method to estimate the uncertainty of air flow measurement, Sona Sediva et al, Carpathian Control Conference (ICCC), 2015
- [9] A Guide on Measurement Uncertainty in Medical Testing, Technical Guide 4, the Singapore Accreditation Council, 2013
- [10] Calibration of radiation protection and monitoring instrument, IAEA safety report series No.16, 2000.
- [11] Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" – Propagation of distributions using a Monte Carlo method , JCGM 101:2008, 2008

# EVALUATING MEASUREMENT UNCERTAINTY USING MONTE CARLO METHOD IN IONIZATION RADIATION MEASUREMENTS

**Bui Duc Ky**\*, Nguyen Ngoc Quynh, Duong Duc Thang, Le Ngoc Thiem, Nguyen Huu Quyet,  
Tran Thanh Ha, Bui Thi Anh Duong, Ho Quang Tuan, Duong Van Trieu,

*Institute for Nuclear Science and Technology/ 179, Hoang Quoc Viet Street, Hanoi*

*[\\*Duckyb2@gmail.com](mailto:Duckyb2@gmail.com)*

## **Abstract**

Evaluating measurement uncertainty of a physical quantity as well as measurement of ionizing radiation is a mandatory requirement for laboratories which are obtained ISO/IEC 17025 certification to access reliability of measured results. The Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) published the first “Guide to the expression of uncertainty in measurement” documentation in 1993 and revised version in 2008. These guidelines are very valuable and have achieved great success in assessing the uncertainty of measurement results, but it still reveals deficiencies in the propagation of uncertainty model, the accuracy and reliability of probability distribution functions. To overcome these shortcomings, a Monte Carlo method has been proposed. This method simulates the input quantities independently based on the initial probability distribution functions so the probability distribution function of the output quantity is determined reliably when the number of simulations is large enough. In addition, it helps to assess the measurement uncertainty due to propagation of errors with full-scale models that are not only linear model. In this work, the measurement uncertainty of ionizing radiation measurements such as dose equivalent Hp (d), Air Kerma was evaluated based on Monte Carlo method. A measurement uncertainty software program has been developed to make the measurement of uncertainty more convenient.

Keywords: Uncertainty measurement, Monte Carlo method.