

ГЕОМЕТРИЧНЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТОМОГРАФІЧНИХ ПРОЕКЦІЙ ДЛЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ГАММА-КАМЕРИ

О.В. Дьомін, О.П. Скибін

Інститут сцинтиляційних матеріалів НАН України,
пр. Леніна 60, Харків, 61001
e-mail: demin@isc.kharkov.com, skibin@isc.kharkov.com

Проведені теоретичні дослідження дозволяють використати алгоритм томографічної реконструкції у разі використання циліндричної гамма-камери з коліматором типу Pin-hole. З цією метою було обчислено співвідношення між величинами проєкцій циліндричного та плоского детекторів такої гамма-камери. Наведений алгоритм може використовуватися для циліндричної гамма-камери.

Вступ

Радіонуклідний метод досліджень є одним з основних методів діагностики, який дозволяє отримати інформацію щодо стану внутрішніх органів організму та динаміки їх роботи [1]. З метою реалізації цього методу використовують спеціальні системи ОФЕКТ (однофотонний емісійний комп'ютерний томограф). Вихідною інформацією пристрою є набір плоских проєкцій, який за допомогою алгоритму томографічної реконструкції перетворюється у тривимірне зображення.

На даний час найбільш розповсюджені гамма-камери з плоским детектором. Для обробки інформації, отриманої плоским детектором існує алгоритм томографічної реконструкції, що враховує спосіб отримання томографічних проєкцій у даному випадку. Але детектор гамма-камери можна зробити у формі циліндра, покращивши таким чином параметри гамма-камери. От тільки вжити вищезгаданий алгоритм не видається можливим. Як одне з розв'язань такої проблеми було запропоновано розглянути уявний варіант конструкції гамма-камери одночасно з 2 детекторами. Припустимо, що вона незалежно одержує одночасно 2

види проєкцій – плоскі (за допомогою плоского детектора) і циліндричні (за допомогою циліндричного детектора) в одній позиції. Тоді кожній проєкції плоского детектора буде однозначно відповідати проєкція циліндричного. Звідси випливає, що можна провести геометричне перетворення циліндричних проєкцій у плоскі і скористатися вже існуючим томографічним алгоритмом реконструкції для плоских проєкцій з метою одержання тривимірного зображення. Метою роботи було створення алгоритму перетворення проєкцій, необхідного для обробки інформації, отриманої при використанні Pin-hole коліматора в гамма-камері з циліндричною геометрією детектора.

Методика формування зображення

При радіонуклідній томографії пацієнту вводять радіофармпрепарат (РФП), що містить біологічно активну частину (БАЧ) і радіонуклідну мітку (РМ). БАЧ входить у біологічний процес, що досліджується, а РМ, яка прикріплена до БАЧ, дозволяє стежити за розподілом РФП в організмі. РМ випускає гамма-кванти [2, 3], що реєструються сцинти-

ляційним детектором (у місці влучення гамма-кванта на кристал відбувається сцинтиляційний спалах). За допомогою групи фотоелектронних помножувачів, що знаходяться за детектором, реєструється координата спалаху [4]. Далі на комп'ютері створюється матриця зображення. Кожен піксель матриці відповідає за визначене місце на детекторі і містить у собі інформацію про кількість сцинтиляцій у даній області за час експозиції. Це і є вихідна інформація, яку ми отримуємо з гамма-камери.

Для формування зображення використовується коліматор, що знаходиться перед кристалом і визначає хід променів гамма-квантів, що долітають до детектора. Як правило, коліматор являє собою свинцеву решітку, яка пропускає гамма-кванти, що летять паралельно до певної осі. Якщо хід променя гамма-кванта, що летить до кристалу, не збігається з пропускним напрямком коліматора, то такий гамма-квант буде поглинуто і він не потрапить на кристал.

У даній роботі мова йде про коліматор типу Pin-hole (шпильковий отвір). Зображення, отримане при використанні такого коліматора, перевернуте і збільшене (зменшене) у розмірах (див. рис. 1). Слід враховувати, що в даному випадку гамма-кванти, що долітають до детектора, формують не плоскопаралельний пучок (як у випадку звичайної свинцевої решітки), а конусний пучок і геометрія формування зображення змінюється.

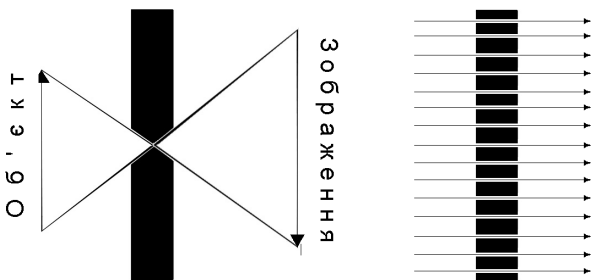


Рис. 1. Принцип роботи Pin-hole коліматора та свинцевої решітки.

Теоретичне дослідження

Уявимо запропоновану раніше конструкцію гамма-камери та розглянемо довільний гамма-квант, що пройде через Pin-hole коліматор. Цей гамма-квант потрапить і на плоский детектор, і на циліндричний. Таким чином, можна одержати однозначну геометричну відповідність між координатою спалаху циліндричного детектора і координатою спалаху на плоскому детекторі при його використанні замість циліндричного. На рис. 2 наведено геометричну інтерпретацію розташування детекторів за допомогою циліндра (циліндричний детектор) і дотичної до нього площини (плоский детектор).

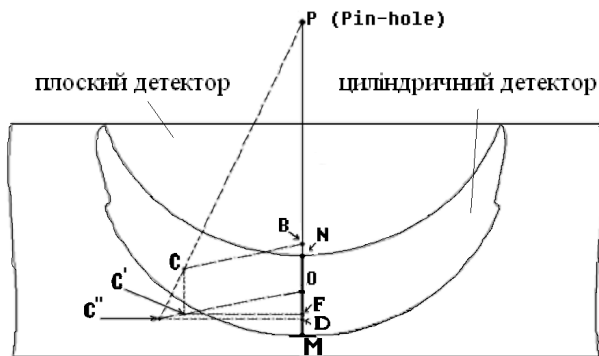


Рис. 2. Уявна схема розміщення циліндричного і плоского детекторів.

Відрізок PC'' – це хід променя довільного гамма-кванта. Точка P – це місце розташування коліматора Pin-hole. Пряма MN – лінія перетину циліндричного і плоского детекторів. Точка C характеризує координату сцинтиляції на циліндричному детекторі. Точка C'' характеризує координату сцинтиляції на плоскому детекторі. Довжина дуги CF і величина відрізка OF , які визначаються координатами спалаху на циліндричному детекторі, величина відрізка PO (відстань від Pin-hole коліматора до прямої перетинання детекторів), а також радіус циліндра є відомими величинами. Вихідні дані (величини відрізків OD і $C''D$) – це координати точки C'' в системі координат

плоского детектора з центром в точці O . Слід зазначити, що величина відрізка не надає нам інформації щодо знаку координати, але ми можемо його знайти виходячи зі знаків координат спалаху на циліндричному детекторі.

За допомогою додаткових геометричних побудов і перетворень можна розв'язати поставлене завдання, результатом чого буде однозначна залежність між координатами спалаху на плоскому та циліндричному детекторі (див. (1), (2)).

$$y' = \left(\frac{\sqrt{y^2 + R^2 \times \sin^2 \frac{x}{2 \times R}} \times r}{r - 2 \times R \times \sin^2 \frac{x}{2 \times R}} \right) \times \cos \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{R \times \sin \frac{x}{R}}{y} \right) \right] \quad (1)$$

$$x' = \left(\frac{\sqrt{y^2 + R^2 \times \sin^2 \frac{x}{2 \times R}} \times r}{r - 2 \times R \times \sin^2 \frac{x}{2 \times R}} \right) \times \sin \left[\operatorname{arctg} \left(\frac{R \times \sin \frac{x}{R}}{y} \right) \right] \quad (2)$$

Формули (1) і (2) і є виразами для знаходження невідомої величини проекції плоского коліматора, при цьому R – радіус циліндричного детектора; r – відстань від отвору коліматора Pin-hole до лінії перетину детекторів; (x, y) – характеристики координати спалаху на циліндричному детекторі.

Таким чином, після перетворення циліндричних проекцій, ми маємо можливість використовувати вже існуючий алгоритм томографічної реконструкції й одержувати тривимірне зображення, отримане циліндричною гамма-камерою з коліматором типу Pin-hole.

Висновки

Внаслідок виконання досліджень було розроблено алгоритм перетворення проекцій із циліндричної геометрії детектора в плоску на випадок конусного коліматора.

Перетворення проекцій дозволить обробити інформацію, отриману більш точним чином (за рахунок використання циліндричної гамма-камери замість плоскої) у випадку коліматора типу Pin-hole (конусний коліматор).

Наявність конусного коліматору дозволить використовувати гамма-камеру для дослідження піддослідних тварин з метою одержання збільшених зображень невеликого органа.

Література

1. Ю.Б. Лимшанова, В.И. Чернова, Радионуклидная диагностика для практических врачей (СТТ, Томск., 2004).
2. Н.Г. Гусев, П.П. Дмитриев, Квантовое излучение радиоактивных нуклидов (Атомиздат, Москва, 1977).
3. Ю.Ф. Коваль, Радиоактивные нуклиды в медико-биологических исследованиях (Атомиздат, Москва, 1977).
4. А.Н. Перцев, А.Н. Писаревский, Одноэлектронные характеристики ФЭУ и их применение (Атомиздат, Москва, 1971).

GEOMETRICAL TRANSFORMATION OF TOMOGRAPHIC PROJECTIONS FROM GAMMA-RAY CHAMBER WITH CYLINDRICAL DETECTOR

A.V.Demin, A.P.Skibin

Institute for Scintillation Materials, Ukr. Nat. Acad. Sci.,
Lenin Ave. 60, Kharkiv, 61005
e-mail : demin@isc.kharkov.com, skibin@isc.kharkov.com

Theoretical studies show an opportunity of tomographic reconstruction of image using a cylindrical gamma-ray chamber with Pin-hole collimator. For this purpose a correlation between the values of projections from cylindrical and planar detectors is found. This algorithm can be used for a cylindrical gamma-ray chamber.