

УДК 621.039.58

*В. І. Фесенко, студентка гр. ПГ-91мп, О. М. Павловський к.т.н., доц.
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ОГЛЯД СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ

Анотація. Робота присвячена огляду сучасних існуючих алгоритмів систем радіаційного контролю, що базуються на різних методах виявлення радіації. В роботі представлено огляд існуючих алгоритмів, їх порівняння та недоліки. Також було розглянуто підхід з використанням нейронних мереж прямого поширення для ліквідації недоліків розглянутих алгоритмів. Для цього буде використана штучна нейронна мережа прямого поширення, що має 10 шарів нейронів та 2812555 параметрів. Дана нейронна мережа в якості функції активації використовується LeakyReLU. Використання нейронних мереж для радіаційного контролю дозволяє підвищити точність виявлення джерела радіоактивного випромінювання.

Ключові слова: дозиметр, нейронна мережа, радіаційний фон, радіонукліди, гістограма, пуассонівська імпульсна послідовність, функція активації LeakyReLU.

ВСТУП

Впродовж багатьох років науковці всього світу досліджують радіаційний фон Землі. За цей час було встановлено, що радіаційний фон формується під впливом трьох чинників: космічне випромінювання, випромінювання від корисних копалин, що знаходяться в земній корі та штучне випромінювання радіонуклідів [1].

Космічне випромінювання потрапляє до Землі у вигляді протонів, з великою кількістю енергії. Кожен житель нашої планети в середньому від випромінювання з космосу одержує протягом року дозу в 300 мкЗв. До земних джерел радіаційного випромінювання належить близько 60 природних радіонуклідів. Наприклад, на території України є велика кількість граніту, гнейсу, глини — ці породи мають в своєму складі радіоактивні елементи, а отже вони випромінюють радіаційний фон, величина якого складає 10-20 мкР/год. Також, певну частку радіаційного фону складає діяльність людини, наприклад, після аварії на Чорнобильській АЕС радіаційний фон місцевості значно зріс.

Природний радіаційний фон не є постійним і коливається в межах 8-9 мкР/год. Тобто, визначення радіаційного фону є доволі важливою задачею сьогодення. Нині існує безліч пристроїв радіаційного контролю [2] та кожен з таких пристроїв має свої алгоритми для контролю радіації.

Отже, мета даної статті — порівняння існуючих алгоритмів для виявлення радіації та їх аналіз.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ АЛГОРИТМІВ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ

Для розгляду було обрано наступні існуючі алгоритми радіаційного контролю: диференційний алгебраїчний метод для виявлення нестационарного джерела радіоактивного випромінювання; покращення диференційного алгебраїчного методу шляхом застосування порівняння гістограм; пошуковий метод дозиметру; алгоритм роботи дозиметру-радіометру та алгоритм роботи дозиметру з детекторами, з мікропроцесорним обробленням вимірювальної інформації.

У статті [3] було запропоновано диференційний алгебраїчний метод для порівняння гістограм спектрів радіоактивного випромінювання. У результаті проведення спостереження за об'єктом з ядерно-радіаційними матеріалами реєструється n радіоактивних частинок, отриманих у заданому часовому інтервалі довжини t . Результат вимірювань утворює вибірку $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ з

генеральної сукупності, причому розподіл кожного x_i описується розподілом Пуассона. Значення вибірки x укладаються між фіксованими значеннями X_0 і X_m . Вірогідність потрапляння вимірюваної величини x в інтервал від X_0 до X_m описується функцією розподілу:

$$F(x) - P(X_0 < x < X_m) \quad (1)$$

Де, $F(x)$ - розривна ступінчаста функція, що дорівнює нулю, при $x < X_0$ та одиниці, при $x > X_m$, компоненти вибірки x — результати однакових вимірювань. Далі вибірку розбивають на окремі інтервали і шукають ймовірність того, що окремий результат вимірювання міститься в даних інтервалах. Частоту подій потрапляння радіоактивної частинки в окремі інтервали позначають N_j .

Згрупований таким чином ряд оформлюють у виді гістограм. І якщо кожному розрядному інтервалу поставити у відповідність енергію зареєстрованої частки, то отримаємо спектральний розподіл енергій радіоактивного випромінювання.

У статті [4] наведений метод, що базується на методі представленому у [3], проте модифікований за рахунок використання нового критерію порівняння гістограм, що дозволило підвищити точність виявлення і розпізнавання джерела випромінювання по його енергетичному спектру.

У якості критерія порівняння гістограм було запропоновано:

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 1 - \frac{H}{H_n}; \\ H = \sum_{i=1}^n (P_i \cdot \log P_i) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{N_i}{N_0} \cdot \log \frac{N_i}{N_0} \right); \\ H_0 = \log n \end{array} \right. \quad (2)$$

Де $0 \leq A \leq 1$, H_0 - максимальна ентропія масивів даних, H - поточна ентропія масивів даних, P_i - ймовірність прийняття системою вимірювання i -того стану; n - число класів гістограми, N_i - число влучень радіоактивних часток в даний клас та N_0 - число спостережень.

В роботі [5] досліджені статичні характеристики генератора пуассонівської імпульсної послідовності, за допомогою якого формується вихідний сигнал дозиметричного детектора. Потік вхідних імпульсів генератора розділяють на n однакових груп, кожна з яких складається з i_{\max} імпульсів. Завдяки такому розділенню імпульсів на групи відбувається перевірка гіпотези про розподіл генеральної сукупності за законом Пуассона з використанням критерію Пірсона (критерію χ^2).

В результаті застосування гіпотези знаходять значення χ_c^2 та порівнюють з критичним значенням $\chi_{кр}^2$. І відповідно до значення χ_c^2 роблять висновки щодо імпульсного потоку пуассонівського закону розподілу, що як вже було зазначено вище, формує вихідний сигнал дозиметричного детектору.

В статті [6] розглядають алгоритм роботи дозиметру-радіометру, що призначений для вимірювання еквівалентної дози і потужності еквівалентної дози гамма та рентгенівського випромінювання, а також поверхневої щільності

потоків бета-частинок.

Пристрій детектування гамма-випромінювання, що входить у склад комбінованого блоку детектування (КБД), складається з високочутливого детектора, низькочутливого детектора, схем управління детекторами, та формувачів анодних напруг для живлення детекторів. В якості високочутливого детектора застосовується газорозрядний лічильник типу СБМ-20-1, в якості низькочутливого - СИ ЗБГ.

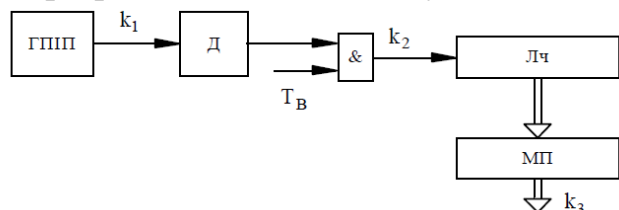


Рисунок 1. Структурна схема дозиметричного пристрою, де ГППП - генератор псевдовипадкової імпульсної послідовності, Д - дозиметр, Лч - лічильник Лч, МП - мікропроцесор МП та «&» - логічний елемент.

Для дослідження статистичних характеристик було розроблено імітаційну модель з генератором псевдовипадкової імпульсної послідовності (ГППП), структурна схема такого дозиметру представлена на Рисунку 1.

Для моделювання впливу мертвого часу на роботу детектору було застосовано наступну модель: кожний вихідний імпульс детектора блокує вихід ГППП на відповідний час.

Проаналізувавши існуючі алгоритми в пристроях радіаційного контролю було виявлено наступні недоліки:

- Дані алгоритми мають безперервно працювати для виявлення радіоактивних елементів;
- Дані алгоритми не дозволяють виявити низькоактивні радіаційні джерела;
- Диференційний алгоритмічний метод з використанням порівняння спектрів не дозволяють виявити джерело радіоактивного випромінювання;
- Складність технічних реалізацій.

Науковці зі Стенфордського університету почали застосовувати нейронні мережі для моделювання фізичних процесів, таких як рух рідин та газів у різних середовищах [8]. Оскільки для моделювання фізичних явищ використовуються складні математичні моделі з великою кількістю параметрів та обчислень, що ускладнює моделювання таких явищ на практиці.

Використання нейронних мереж для моделювання фізичних процесів потребує значно меншу кількість обчислень та дозволяє отримувати практичні результати у будь-який момент часу моделювання [8].

Для усунення наведених вище недоліків виникає необхідність у розробці нового алгоритму радіаційного контролю з використанням нейронної мережі. Використання машинного навчання у даному алгоритмі дозволяє розв'язати такі проблеми як: виявлення джерела випромінювання, складність технічної реалізації та підвищити точність виявлення положення радіоактивного об'єкту.

Для цього буде використана штучна нейронна мережа прямого поширення, що має 10 шарів нейронів та 2812555 параметрів. Кожен з шарів використовує нормалізацію даних та функцію активації LeakyReLU [9]. Для навчання нейронної

В статті [7] досліджено статистичні характеристики дозиметрів з детекторами, що мають мертвий час непродовжуючого типу, в яких використовується мікропроцесорне оброблення вимірювальної інформації.

Для дослідження статистичних характеристик було розроблено імітаційну модель з генератором псевдовипадкової імпульсної послідовності (ГППП), структурна схема такого дозиметру представлена на Рисунку 1.

мережі буде створено власний набір даних за допомогою прототипу пристрою. Кожен з записів набору буде представлений у виді 16-ти вимірів рівня випромінювання об'єкта яким відповідає один запис відносних полярних координат об'єкта.

ВИСНОВКИ

У даній статі проаналізовано існуючі алгоритми для контролю радіаційного фону та розглянуто їх недоліки. Основними недоліками усіх алгоритмів є неможливість виявлення низькоактивної радіаційної речовини та складність технічної реалізації. Для усунення недоліків було вирішено використовувати нейроні мережі прямого поширення з функцією активації LeakyReLU.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Плачкова, С. Г. Энергетика. История, настоящее и будущее. Книга 5. Электроэнергетика и охрана окружающей среды. Функционирование энергетики в современном мире / С. Г. Плачкова // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5>
- [2] Фесенко В. І. Огляд сучасних систем радіаційного контролю / В. І. Фесенко, О. М. Павловський. // XIII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування». 2020. — с. 175-178.
- [3] Г. В. Лисиченко, Ю. Л. Забулонов, В. М. Буртняк. «Применение дифференциального алгебраического метода выявления нестационарного источника радиоактивного излучения». Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист 3 (2011): с. 115-122.
- [4] Буртняк В.М., Забулонов Ю.Л., Золкін І.О., Дивизинюк М.М., Гончаренко Ю.Ю. «Виявлення нестационарных джерел радіоактивного випромінювання шляхом застосування інформаційного методу». Науково-технічний журнал «СУЧАСНИЙ ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ» №2, 2011: с. 100-106
- [5] Максимович В. «Алгоритм роботи пошукового дозиметричного пристрою» / В. Максимович, Р. Смук, Ю. Сторонський, Ю. Костів, А. Пастух // Комп'ютерні технології друкарства. - 2015. - № 33. - С. 43-50.
- [6] Бісик А. М., Дудикевич В. Б., Максимович В. М., Смук Р. Т., Сторонський Ю. Б., Хорошко В. О. «Сучасний прилад радіаційної розвідки». Науково-технічний журнал «СУЧАСНИЙ ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ» №1, 2008: с. 75-79
- [7] Дудикевич В. Б. Аналіз статистичних характеристик мікропроцесорних дозиметричних пристроїв з розширеним динамічним діапазоном / В. Б. Дудикевич, В. М. Максимович, Р. Т. Смук, Ю. Б. Сторонський// Вісник «Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація» – Львів: Національний універс. “Львівська політехніка”, 2006. – № 551. – С. 47-51.
- [8] Alvaro Sanchez-Gonzalez, Jonathan Godwin, Tobias Pfaff, Rex Ying, Jure Leskovec, Peter W. Battaglia. Learning to Simulate Complex Physics with Graph Networks. Learning to Simulate, 2020
- [9] B. Xu, N. Wang, T. Chen, M. Li. Empirical Evaluation of Rectified Activations in Convolutional Network. CoRR, 2015

Наук. керівник – к.т.н., доц, Павловський О. М.