

# Dirbtinio neuroninio tinklo naudojimas neutronų ir gama jonizuojančiosios spinduliuotės atskyrimui organiniame scintiliaciniame detektoriuje

## Use of an artificial neural network for neutron and gamma particles discrimination in organic scintillation detector

Jevgenij Garankin<sup>1</sup>, Artūras Plukis<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Fizinių ir technologijos mokslų centras, Savanorių pr. 231, 02300 Vilnius  
jevgenij.garankin@ftmc.lt

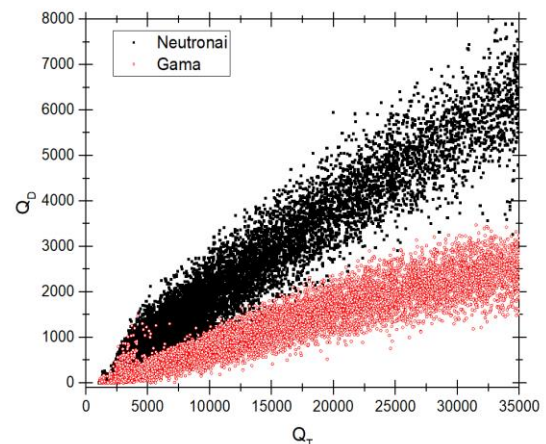
Šiuo metu yra paklausūs greiti, lengvai pagaminami ir, svarbu, pigūs detektoriai sugebantys atskirti neutronus nuo lydinčiosios gama spinduliuotės arba aptikti skirtingo tipo jonizuojančiosios spinduliuotės daleles mišriuose šaltiniuose. Tokių detektorių panaudojimas yra platus – nuo saugos įrenginių oro uostose iki radioaktyvių atliekų charakterizavimo, neutronų srauto stebėjimo branduolinėse jėgainėse ar kosminės spinduliuotės tyrimų kosmose. Šiuo metu yra aktyviai tiriami ir kuriami įvairaus tipo organiniai scintiliaciniai detektoriai, kurie gali ne tik registruoti patekusių į detektorius jonizuojančiosios spinduliuotės dalelių spektrus, bet ir nustatyti jų tipą. Daug tyrimų yra skirta plastikiniams organiniams detektoriams, jų gamybai ir panaudojimui.

Vystant detektorių gamybą, tobulėja ir detektorių atsako analizės būdai. Šiuo metu pagrindinis scintiliacinių detektorių atsako analizės būdas yra impulso formos analizė (pulse shape discrimination arba PSD). Skirtingo tipo jonizuojančiosios spinduliuotės dalelės skirtingai sužadina detektoriaus medžiagą. Lengvos dalelės, tokios kaip įgreitinti elektronai (beta spinduliuotė) arba elektronai atsiradę detektoriaus viduje dėl sąveikos su pirmine gama spinduliuote, pasižymi mažesniu detektoriaus medžiagos sužadinimo tankiu nei, pavyzdžiui, sunkios alfa dalelės. Dėl skirtingo sužadinimo tankio sužadintos detektoriaus medžiagos molekulės išspinduliuoja energiją skirtingais būdais. Kai dėl sąveikos su sunkia dalele medžiagoje atsiranda didelio sužadinimo tankio sritis, tampa galima triplet-tripletinės anihilacijos (TTA) relaksacija, kuri medžiagoje pasireiškia per uždelstą fluorescenciją. Uždelstosios ir greitosios fluorescencijos impulso dalių integralų palyginimas parodo dalelės tipą.

PSD dalelių atskyrimo metodas puikiai tinka atskiriant didelės energijos daleles, tačiau jo tikslumas mažėja mažėjant registruojamai dalelių energijai.

Kompiuterio mokymas ir dirbtinio intelekto naudojimas gali padėti, kai standartinių matematinių metodų naudojimas neleidžia pakankamai tiksliai nustatyti dalelės tipo. Kiekvieno impulso atveju išmokytas algoritmas gauna visą impulso informaciją ir gali nustatyti dalelę neapsiribojant impulso integralu. Norint teisingai apmokyti modelį jam reikalingas teisingai paruoštas ir teisingas klasifikuotas duomenų masyvas, tačiau sprendžiant neutronų ir gama spinduliuotės atskyrimą tokio masyvo paruošimas yra labai sudėtingas. Nėra metodo, kuris leistų visiškai izoliuoti neutronus ir registruoti juos atskirai nuo gama kvantų, šių dalelių srautai yra registruojami kartu.

Šiame darbe buvo panaudotas RProp daugiasluoksnio tinklo metodas [1]. Modelio mokymas ir testavimas buvo vykdomas KNIME Analytics Platform programos aplinkoje. Modelis pritaikytas nustatant jonizuojančiosios spinduliuotės dalelių tipą iš duomenų gautų registruojant PEN (polietilen naftalato) detektoriaus atsaką į izotopinį PuBe šaltinį. Ankstesni tyrimai parodė, kad PEN galima naudoti nustatant dalelės tipą [2]. Kadangi nėra galimybės tiksliai apmokyti modelio naudojant tik vienalaikį neutronų ir gama dalelių srautą, tam tikslui buvo panaudoti gama ir alfa dalelių šaltiniai. Alfa dalelės detektoriuje sukuria panašaus tankio sužadintas sritis kaip ir atrankos protonai po sąveikos su neutronu. Apmokyto modelio atsakas į neutronų ir gamą dalelių srautą pavaizduotas 1 pav.



1 pav. Neutronų ir gama dalelių atskyrimas naudojant daugiasluoksnio tinklo metodą.  $Q_T$  – viso impulso integralas,  $Q_D$  – uždelstosios fluorescencijos integralas.

Atsižvelgiant į gautus rezultatus matome, kad metodas yra tinkamas nustatant mažos energijos jonizuojančiosios spinduliuotės daleles, tačiau dar reikalingi papildomi tyrimai ir matavimai siekiant sumažinti galimas metodo paklaidas.

*Reikšminiai žodžiai:* jonizuojanti spinduliuotė, dirbtinis neuroninis tinklas.

### Literatūra

- [1] M. Riedmiller, H. Braun and etc. , ICNN **16** (1993).
- [2] J. Garankin, A. Plukis and etc. , IEEE Trans. Nuc. Sc. **65**, 2 (2018).