

ФОТОПРИЙМАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ З НЕЙРОННОЮ МЕРЕЖЕЮ ДЛЯ РОБОТИ У FSO В УМОВАХ ФОНОВОЇ ЗАСВІТКИ

Д. т. н. Ю. Г. Добровольський, В. М. Ліпка, А. О. Дідик

¹Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,

²Центральне конструкторське бюро «Ритм»

Україна, м. Чернівці

y.dobrovolsky@chnu.edu.ua

Запропоновано застосовувати нейронну мережу для роботи у складі фотоприймального пристрою для визначення корисних інформаційних оптичних сигналів, які передаються у відкритому оптичному каналі систем FSO. Навчання нейронної мережі здійснюється у три етапи: визначення фонового сигналу, визначення корисного сигналу та корисного сигналу на фоні оптичних завад у діапазоні $1 - 10^5$ лк.

Ключові слова: фотоприймальний пристрій, нейронна мережа, оптичне випромінювання, FSO, фотодіод, освітленість, підсилювач.

Вимірювання періодичних оптичних інформаційних сигналів малої інтенсивності в умовах фонові засвітки для систем FSO — Free Space Optics (вільний оптичний простір) [1] є актуальним завданням сучасної твердотільної електроніки. Системи FSO забезпечують бездротові високошвидкісні захищені канали зв'язку, що передають сигнал на відстань до 8000 м на швидкості від 2 Мбіт/с до 10 Гбіт/с [2]. Результати сучасних досліджень вимагають створення фотоприймальних пристроїв, які б упевнено реєстрували потоки монохроматичного випромінювання ближньої інфрачервоної області спектру з інтенсивністю $10^{-4} - 10^{-5}$ Вт/м² на фоні освітленості на рівні $1 - 10^5$ лк для визначення корисних інформаційних сигналів. Таке завдання неможливо вирішити шляхом простого використання первинного перетворювача та схеми попереднього підсилення, воно вимагає застосування цифрової техніки, побудованої на основі методів програмної інженерії.

Метою роботи є застосування методів програмної інженерії для визначення корисних інформаційних оптичних сигналів, які передаються у відкритому оптичному каналі у системах FSO в умовах фонові освітленості на рівні $1 - 10^5$ лк.

Зазвичай для фільтрування корисного сигналу від фонового застосовуються різні методи [3], зокрема схеми автоматичного регулювання підсилення (АРП), які вбудовуються у фотоприймальний пристрій (ФПП) — пристрій, в якому фотоприймач об'єднаний із попереднім підсилювачем та різними іншими схемами для обробки фотосигналу. Схеми АРП здатні регулювати коефіцієнт підсилення фотосигналу та відстежувати сигнал із певною частотою, пропорційною відповідному рівню оптичного сигналу [4]. Але АРП не гарантує упевненої реєстрації корисного сигналу на фоні оптичних завад у відкритому оптичному каналі FSO.

Нами розглянуто питання вирішення поставленого завдання за допомогою нейронної мережі (НМ) [5]. Необхідними засобами створення НМ є мова програмування, віртуальне середовище, яке б дозволило з легкістю запустити додаток на певному контролері, та фреймворк для роботи з нейронними мережами. В нашому випадку мовою програмування обрано Python. Вона має декілька переваг: швидкість опанування, багато Python-бібліотек, які суттєво знижують витрати та пришвидшують розробку. Фреймворком обрано Pandas, а бібліотекою для роботи з нейронною мережею — PyTorch.

Нейронної мережа має бути сформована на базі трьох блоків:

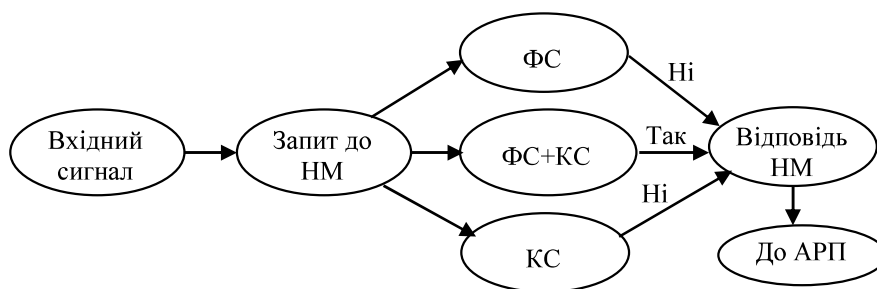
— база даних для навчання НМ розпізнаванню фонового сигналу (ФС);

— блок навчання розпізнаванню корисного сигналу на фоні оптичних завад — фонового сигналу (ФС+КС);

— база даних для навчання розпізнаванню корисного сигналу (КС).

Діаграму діалогу вхідного сигналу з НМ наведено на рисунку. Навчання нейронної мережі у

першому блоці (ФС) здійснювалось запам'ятовуванням частотного спектра та амплітуди фотосигналу, створеного фотодіодом від сонячного випромінювання, яке створює освітленість від 1 до 10^5 лк. Навчання НМ у другому блоці (ФС+КС) здійснювалось запам'ятовуванням частотного спектра та амплітуди фотосигналу, створеного фотодіодом від сонячного випромінювання (освітленість від 1 до 10^5 лк), на який накладався модульований з певною частотою корисний сигнал від лазера з довжиною хвилі монохроматичного випромінювання 980 нм потужністю 10 мВт. Навчання НМ у третьому блоці (КС) здійснювалось запам'ятовуванням частотного спектра та амплітуди фотосигналу, створеного фотодіодом від лазерного випромінювання з довжиною хвилі 980 нм потужністю 10 мВт, модульованого з певною частотою. Прийняття рішення щодо реакції вимірювального тракту на вхідний сигнал здійснюється на основі аналізу, який проводить нейронна мережа. В разі оцінки «Ні» інформаційний сигнал не поступає на подальшу обробку до системи автоматичного регулювання підсилення.



Діаграма діалогу вхідного сигналу з нейронною мережею

Таким чином, методи програмної інженерії, а саме — нейронна мережа, яка навчається відрізняти корисний сигнал від сигналу, створюваному оптичними завадами, застосовано для визначення корисних інформаційних оптичних сигналів, що передаються у відкритому оптичному каналі у системах FSO в умовах фонові освітленості на рівні 1 — 10^5 лк.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Samir Ahmed Al-gailani, Mohd Fadzli Mohd Salleh, Ali Aahmed Salem, Redhwan Qasem Shaddad, Usman Ullah Sheikh, Nasir Ahmed Algeelani, and Tarik A. *Almohamad a Survey of Free Space Optics (FSO) Communication Systems, Links, and Networks*. IEEE Access, 2020, vol. 9, pp. 7353–7373, <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3048049>
2. Mikołajczyk J., Bielecki Z., Bugajski M. et al. Prokopiuk. Analysis of free-space optics development. *Metrol. Measur. Syst.*, 2017, 24, no. 4, pp. 653 – 674. <http://dx.doi.org/10.1515/mms-2017-0060>
3. Ліпка В.М., Рюхтін В.В., Добровольський Ю.Г. Фотоприймальний пристрій, стійкий до фонові засвітки, з розширеним динамічним діапазоном вхідних сигналів. *Технологія и конструирование в электронной аппаратуре*, 2021, № 3–4, с. 25–30. <http://dx.doi.org/10.15222/TKEA2021.3-4.25>.
4. Raynor J.M., Seitz P. A linear array of photodetectors with wide dynamic range and near photon quantum-noise limit. *Sensors and Actuators A: Physical*, 1997, vol. 61, iss. 1–3, pp. 327–330. [https://doi.org/10.1016/S0924-4247\(97\)01481-7](https://doi.org/10.1016/S0924-4247(97)01481-7)
5. Ballard Will. *Hands-On Deep Learning for Images with Tensor Flow*. Packt Publishing Ltd., Birmingham, 2018.

Yu. G. Dobrovolsky, V. M. Lipka, A. O. Didyk

Photo receiving device with neural network for working in fso in background

Photodetector with neural network for FSO systems under background noise

The authors propose to use a neural network as part of a photodetector to determine useful information optical signals transmitted via an open optical channel in FSO systems. Neural network training is done in three stages: determining the background signal, determining the useful signal, and determining the useful signal against the background of optical interference in the range of 1– 10^5 lux.

Keywords: photo receiving device, neural network, optical radiation, FSO, photodiode, illumination, amplifier.