

1. Проблеми розвитку нормативної та методичної баз системи захисту інформації

УДК 004.934.5

СПОСІБ ЗАСТОСУВАННЯ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ОСОБИ І ЕМОЦІЙ КОРИСТУВАЧА ЗА КЛАВІАТУРНИМ ПОЧЕРКОМ

Кулаков Юрій¹; Терейковська Людмила²; Терейковський Ігор¹

¹КПІ ім. Ігоря Сікорського;

²Київський національний університет будівництва і архітектури

WAY OF APPLICATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR PERSONALITY RECOGNITION AND USER EMOTIONS BY KEYBOARD HANDWRITING

Kulakov Yuriy¹; Tereikovska Liudmyla²; Tereikovskiy Ihor¹

¹Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute;

²Kyiv National University of Construction and Architecture

Анотація: Наведено спосіб застосування згорткової нейронної мережі, яка шляхом реалізації процедури визначення вхідного поля та процедури адаптації структурних параметрів забезпечує ефективне розпізнавання особи і емоцій користувача за клавіатурним почерком.

Ключові слова: Згорткова нейронна мережа, розпізнавання особи, розпізнавання емоцій, клавіатурний почерк.

Summary: A way of using a convolutional neural network is presented, which, due to the implementation of the procedure for determining the input field and the procedure for adapting the structural parameters, provides effective recognition of the user's personality and emotions from the keyboard handwriting.

Keywords: Convolutional neural network, face recognition, emotion recognition, keyboard handwriting.

Вступ

У теперішній час загальної інформатизації суспільства проблема забезпечення достатнього рівня безпеки інформації у комп'ютерних системах та мережах стає все більш важливою та актуальною. Проблема загострюється ще й кризою загальнопоширених засобів захисту інформації, що спричинена низкою відомих зловмисникам принципів вразливостей, зумовлених використанням традиційних підходів до створення вказаних засобів. Так, використання в системі аутентифікації засобів традиційного паролічного захисту призводить до можливого несанкціонованого доступу у разі непоміченого користувачем порушення

конфіденційності паролічних даних. Крім того, визначено залежність результатів кібератак на комп'ютерні системи від порушень політики безпеки інформації, викликаних неналежним емоційним станом користувачів цих систем. Тому виникає потреба у постійному оновленні та модернізації засобів захисту комп'ютерної інформації, що, на думку [1, 2], може бути реалізоване на базі поведінкових біометричних характеристик людини.

Однією із таких характеристик є клавіатурний почерк (КП), що описується множиною параметрів, котрі визначають динаміку вводу символів з клавіатури. До переваг засобів аутентифікації на основі КП відносять високу спорідненість з особою користувача, складність підробки

та можливість реєстрації параметрів КП за допомогою стандартного периферійного обладнання комп'ютерної системи. Перспективність цих засобів посилюється тим, що в більшості комп'ютерних інформаційних систем основним засобом вводу паролів і технологічних даних є клавіатура [3-5]. Доведено тісний зв'язок значень параметрів КП з фізіологічним і емоційним станом користувача [2, 6, 7]. Це дозволяє здійснювати прихований моніторинг справжності особи і прихований аудит емоцій користувача в процесі вводу символічних даних.

Відомі приклади застосування засобів аналізу КП стосуються сфери захисту інформації, медицини та дистанційного навчання. В цих сферах засоби аналізу КП використовуються для біометричної аутентифікації користувачів, прихованого моніторингу емоційного і фізіологічного стану операторів об'єктів критичної інфраструктури, контролю психологічного стану пацієнтів в процесі реабілітації та для оцінки рівня сприйняття слухачами навчальних матеріалів [1, 7, 8].

Хоча засоби аналізу КП на сьогодні стали вже досить поширеними, проте наявні в них недоліки, пов'язані зі складністю обробки великих обсягів сильно зашумлених багатовимірних даних, зумовлюють необхідність їх вдосконалення. При цьому аналіз даних [2, 4, 9] дозволяє стверджувати, що основний напрямок вдосконалення відзначених засобів на сьогодні асоціюється з використанням математичного апарату штучних нейронних мереж. Це можна пояснити доведеною ефективністю нейромережових технологій при вирішенні подібних завдань. В той же час аналіз науково-практичних робіт [2, 5, 10, 11], присвячених розробці нейромережових засобів аналізу динаміки КП, дозволяє стверджувати, що основна тенденція їх розвитку пов'язана з розробкою нейромережових моделей на базі класичного багатосарового перцептрону, рекурентної нейронної мережі типу LSTM та згорткової нейронної мережі (ЗНМ).

Однак глибокі нейронні мережі типу багатосарового перцептрона не дозволяють врахувати топологію даних, а побудова мережі LSTM пов'язана зі складністю формування навчальної вибірки [5, 10]. Тому в сучасних умовах акценти зміщені в напрямку використання ЗНМ. Так, в статті [5] запропонований метод аутентифікації користувачів, що базується на аналізі КП вільного тексту за допомогою ЗНМ. Розроблено процедуру подання вільного тексту у вигляді квадратного багатоканального кольорового малюнку. За допомогою комп'ютерних експериментів показано, що розроблений метод нейромережової аутентифікації забезпечує точність розпізнавання особи користувача близько 0,96, що приблизно на 0,1 перевищує точність розпізнавання при використанні статистичних моделей. Також визначена необхідність досліджень, спрямованих на застосування в засобах аналізу КП новітніх видів ЗНМ. Схожі результати отримані також в роботах [8-10], в яких проведені дослідження задачі застосування ЗНМ типу LeNet для підвищення надійності систем біометричної аутентифікації користувачів за рахунок використання засобів аналізу КП. При цьому в статті [10] запропонована процедура перетворення параметрів клавіатурного почерку в багатоканальне кольорове зображення, яка на відміну від [9] враховує послідовність натиснення клавіш при наборі тексту.

Слід зауважити, що характеристики різних типів ЗНМ досить сильно відрізняються між собою, оскільки адаптовані під різні умови застосування. Тому становить інтерес розробка та дослідження способу нейромережового аналізу КП з використанням сучасних, найбільш ефективних та апробованих типів ЗНМ. Таким чином, метою даної роботи є підвищення ефективності засобів розпізнавання особи та емоцій користувача за клавіатурним почерком за рахунок реалізації сучасних теоретичних рішень в області застосування згорткових нейронних мереж.

Основна частина

Як показують дані [2, 6, 10], одним із найбільш апробованих сучасних типів ЗНМ є VGG. До переваг даного типу ЗНМ відносять невисоку обчислювальну ресурсоемність, високу швидкість і точність розпізнавання, що може мати вирішальне значення в засобах розпізнавання особи та емоційного стану користувачів комп'ютерних систем.

Результати теоретичних робіт, присвячених розробці нейромережових засобів захисту інформації, вказують на те, що спосіб застосування VGG певного типу для розпізнавання особи і емоцій користувача повинен включати в себе наступні процедури:

– визначення множини вхідних та вихідних даних.

– представлення вхідних даних у вигляді трьохканального кольорового зображення квадратної форми розміром 224x224.

– адаптації структурних параметрів VGG до виду та кількості вихідних параметрів.

В основу розробки означених процедур покладено результати робіт [2, 4, 6, 7], в яких розроблено теоретичні засади та практичні рекомендації по застосуванню ЗНМ для аналізу динамки параметрів КП.

Так, на основі даних роботи [2] визначено, що як множину вхідних даних для VGG доцільно застосовувати ASCII-коди натиснутих клавіш (A) та параметри КП, розраховані за допомогою наступних виразів:

$$D=R_i-P_i, \quad (1)$$

$$F_1=P_{i+1}-R_i, \quad (2)$$

$$F_2=R_{i+1}-R_i, \quad (3)$$

$$F_3=P_{i+1}-P_i, \quad (4)$$

$$F_4=R_{i+1}-P_{i+1}, \quad (5)$$

де R_i – час відпускання i -ої клавіші, P_i – час натиснення i -ої клавіші, i – номер використаної клавіші.

Таким чином, множина допустимих вхідних параметрів VGG може бути представлена за допомогою виразу:

$$Z=\{A, D, F_1, F_2, F_3, F_4\}. \quad (6)$$

Вихідні параметри VGG асоціюється з особами та/або емоціями користувачів, що мають бути розпізнані. Прототип процедури представлення вхідних даних VGG у вигляді кольорового зображення квадратної форми обрано процедуру представлення параметрів динаміки КП, запропоновану в роботі [4]. Авторська процедура передбачає асоціацію кожного введеного користувачем символу із окремою точкою зображення розміром 224x224. Координата кожної точки по осі абсцис співвідноситься з порядковим номером натиснення клавіші. Вісь ординат співвідноситься з алфавітом символів, котрі можуть бути використані при введенні тексту. Передбачено, що першим символом алфавіту є пропуск. Координата точки по осі ординат співвідноситься з номером попередньо введеного символу. Наприклад, як це показано на рис. 1, при аналізі КП за умови безпомилкового введення тексту «інформація» точка з координатами $X=1, Y=1$ буде пов'язана з першим символом «і», а точка з координатами $X=3, Y=19$ буде пов'язана з символом «ф». Передбачено, що колір точки представлено у форматі RGB, кожен із каналів якого співвідноситься з одним із елементів множини (6). Так, на рис.1 для визначення кольору точки використано параметри F_1, F_2 та F_3 .

Сумісне використання розробленої процедури та ЗНМ типу VGG призводить до того, що обсяг алфавіту та кількість введених символів не може перевищувати 224. Якщо кількість введених символів або/та обсяг алфавіту менший, ніж 224, то до розміру 224x224 малюнок доповнюється нулями. При цьому суть процедури адаптації структурних параметрів VGG полягає тільки у співвіднесенні вихідних нейронів ЗНМ з класами (особами та емоціями користувачів), що мають бути розпізнані. Для цього зміни вносяться у три останні шари нейронної мережі.

Запропонований спосіб перевірено експериментально. VGG використано для розпізнавання особи користувача за наступних умов:

- кількість користувачів, особи яких мають бути розпізнано - 10.
- текст, що вводиться користувачем для аналізу його КП, може складатися з малих літер українського алфавіту і пробілу (всього 34 символи); довжина тексту, що вводиться кожним користувачем 34 символи.

я										
ю										
ь										
ш										
щ										
ч										
ц									77;54;43	
х										
ф				67;47;23						
у										
т										
с										
р							77;32;51			
п										
о						59;44;38				
н			62;53;60							
м								66;59;39		
л										
к										
ї										
і										
и		65;52;38								52;33;52
н										
з										
ж										
є										
е										
д										
г										
р										
в										
б										
а								62;58;51		
	52;37;45									
	і	н	ф	о	р	м	а	ц	ї	я

Рис. 1 – Представлення слова «інформація» у вигляді зображення

– параметрами КП, що використовуються для формування вхідного поля є D, F1, F2, що розраховуються за допомогою виразів (1-3);

– загальний обсяг навчальної вибірки становить 1000 прикладів, а обсяг валідаційної вибірки - 50 прикладів.

Вказані умови застосування VGG визначені з позицій оціночного характеру експериментальних досліджень та спрощення можливостей порівняння отриманих результатів з наведеними в [7] результатами розпізнавання особи користувача за допомогою ЗНМ типу AlexNet. Після адаптації структурних параметрів мережа VGG реалізована з використанням пакета прикладних програм MATLAB R2018b. Лістинг програмного коду має наступний вигляд:

% Блок навчання

```

my_img = imageDatastore('C:\KB',
'IncludeSubfolders', true, 'LabelSource',
'foldernames');
[my_imgTrain,my_imgValidation =
splitEachLabel(my_img, 0.9, 'randomized');
my_net = vgg16; analyzeNetwork(my_net);
mylgraph = layerGraph(my_net.Layers);
numFilters = 3;
myFCLayer =
fullyConnectedLayer(numFilters, 'Name',
'myfc', 'WeightLearnRateFactor', 10,
'BiasLearnRateFactor', 10);
lgraph = replaceLayer(mylgraph, 'fc8',
myFCLayer);
mySoftLC = softmaxLayer('Name', 'mySoftL');
mylgraph = replaceLayer(mylgraph, 'prob',
mySoftLC);
myClassLC = classificationLayer('NewName',
'myClassL');
mylgraph = replaceLayer(mylgraph, 'output',
myClassLC);

```

```

plot(myIgraph); analyzeNetwork(myIgraph);
options = trainingOptions('sgdm',
'MiniBatchSize',10, 'MaxEpochs',500,
'InitialLearnRate',1e-4, 'Shuffle','every-epoch',
'ValidationData',my_imgValidation,
'ValidationFrequency',5, 'Verbose',false,
'Plots','training-progress');
netTransfer = trainNetwork(imdsTrain,
myIgraph, options);
% Блок розпізнавання
I = imread('C:\1.bmp');
label = classify(netTransfer, I); imshow(I);
text(10, 20, char(label), 'Color', 'White');
    
```

Структура такої ЗНМ показана на рис. 2. Зазначена тривалість визначена з позицій мінімізації часу проведення експериментів для досягнення прийняттого рівня точності розпізнавання [6, 8].

Експерименти проводилися на персональному комп'ютері з процесором Intel Core i7-8700 (3.2 - 4.6 ГГц), об'ємом оперативної пам'яті 16 ГБ, відеокартою nVidia GeForce GTX 1660Ti. Оскільки стандартна реалізація VGG-16 в MATLAB передбачає аналіз графічних даних, то використано програмне забезпечення, що дозволяє записати результати процедури визначення вхідного поля у вигляді кольорового зображення розміром 224x224. При цьому приклади навчальної вибірки представлені у вигляді окремих bmp-файлів.

Оскільки ресурсоемність ЗНМ типу VGG-16 вважається однією із найбільш низьких, то ефективність оцінювалась на основі точності розпізнавання та тривалості навчання. Зазначимо, що відповідно [4, 11], при використанні загальнопоширеної комп'ютерної техніки тривалість навчання не повинна перевищувати 24 години. Оціночні розрахунки дозволяють стверджувати, що вказаній тривалості навчання відповідає приблизно 20000 епох навчання. Відзначимо, що в експериментах тривалість навчання VGG дорівнювала 500 епохам.

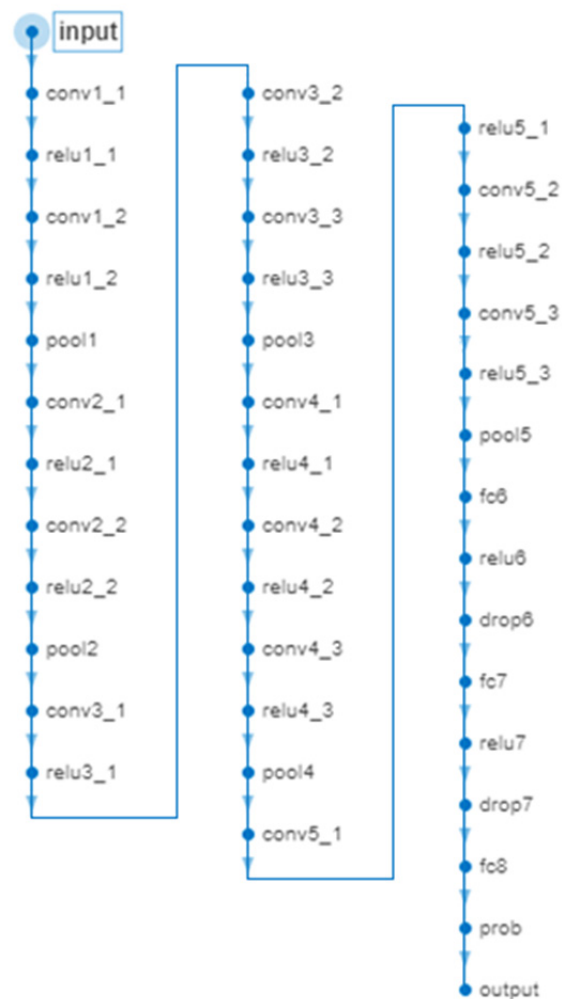


Рис. 2 – Структура згорткової нейронної мережі типу VGG-16

Результати експериментів показали, що точність розпізнавання навчальних прикладів стабілізується приблизно після 50 епохи навчання і становить близько 82%. При цьому точність розпізнавання особи користувача за клавіатурним почерком за допомогою мереж VGG-16 на 3-5% перевищує точність розпізнавання особи за допомогою AlexNet, LeNet-5 та SVM [1, 5, 7]. При цьому тривалість навчання VGG-16 приблизно дорівнює тривалості навчання AlexNet та приблизно в 20 разів нижча, ніж тривалість навчання LeNet-5. Таким чином, результати експериментів свідчать про те, що використання запропонованого способу дозволяє підвищити ефективність розпізнавання особи і емоцій користувача

за клавіатурним почерком. Зазначимо, що в результаті експериментів виявлено досить низьку точність розпізнавання (біля 40%) валідаційних прикладів, що не використовувались при навчанні нейронної мережі. Цей негативний факт можна пояснити низькою репрезентативністю і недостатнім обсягом використаної навчальної вибірки. Тому шляхи подальших досліджень доцільно співвіднести з формуванням навчальної вибірки, використання якої забезпечить якісне навчання нейромережевої моделі.

Висновки

Обґрунтована актуальність задачі вдосконалення засобів розпізнавання особи і емоцій користувачів комп'ютерних інформаційних систем на основі аналізу параметрів клавіатурного почерку. Запропоновано співвіднести напрямки вдосконалення вказаних засобів розпізнавання з застосуванням в них сучасних типів згорткових нейронних мереж. В результаті проведених досліджень розроблено спосіб застосування згорткової нейронної мережі для розпізнавання особи і емоцій користувача за клавіатурним почерком, оригінальними рисами якого є процедури визначення вхідного поля та структурних параметрів згорткової нейронної мережі типу VGG. За допомогою комп'ютерних експериментів визначено, що використання запропонованого способу дозволяє досягти точності розпізнавання особи користувача близько 82% при 50 епох навчання. Показана необхідність подальших досліджень в напрямку формування навчальної вибірки, що забезпечить якісне навчання нейромережевої моделі.

Перелік посилань

- [1] Alghamdi S., Elrefaei L. *Dynamic user verification using touch keystroke based on medians vector proximity*. In Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN), 7th International Conference on, pages 121–126. IEEE, 2015.
- [2] I. Dychka, I. Tereikovskiy, L. Tereikovska, A. Korchenko, V. Pogorelov. *Significant Parameters of the Keystroke for the Formation of the Input Field of a Convolutional Neural Network*. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) *Advances in Computer Science for Engineering and Education III. ICCSEEA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1247, pp. 498-507, Springer
- [3] C. Kevin. *Using keystroke analytics to improve pass-fail classifiers*. *Journal of Learning Analytics*, vol. 4, No. 2, 189–211, (2017).
- [4] S. Toliupa, L. Tereikovska, O. Korystin, D. Chernyshev, I. Tereikovskiy. *Low-Resource Convolution Neural Network for Keyboard Recognition of the User*. *IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT)*, Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 222-226.
- [5] L. Kun, L. Jiafen, T. Ping, L. Qing. *Keystroke Biometrics for Freely Typed Text Based on CNN model*. *Twenty-Second Pacific Asia Conference on Information Systems*, Japan 2018, pp. 2278-2324.
- [6] I. Tereikovskiy, L. Tereikovska, O. Korystin, S. Mussiraliyeva, A. Sambetbayeva. *User Keystroke Authentication and Recognition of Emotions Based on Convolutional Neural Network*. In: Hu Z., Petoukhov S., He M. (eds) *Advances in Artificial Systems for Medicine and Education III. AIMEE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1126, pp 283-292. Springer.
- [7] S. Toliupa, I. Tereikovskiy, O. Tereikovskiy, L. Tereikovska, V. Nakonechniy, Y. Kulakov. *Keyboard Dynamic Analysis by Alexnet Type Neural Network*. *IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*, Lviv-Slavske, Ukraine, 2020, pp. 416-420.

- [8] M. Liu, J. Guan. *User keystroke authentication based on convolutional neural network*, Communications in Computer and Information Science 2019, 971, pp. 157-168.
- [9] C. Lin, J. Liu, K. Lee. *On neural networks for biometric authentication based on keystroke dynamics*. Sensors and Materials 2018 30(3), pp. 385-396.
- [10] L. Xiaofeng, Z. Shengfei, Y. Shengwei. *Continuous authentication by free-text keystroke based on CNN plus RNN*. Procedia Computer Science 147, pp. 314-318 2019.
- [11] D. Yunbin, Z. Yu. *Keystroke Dynamics Advances for Mobile Devices Using Deep Neural Network*. GCSR, vol. 2, pp. 59-70, 2015.
- [5] L. Kun, L. Jiafen, T. Ping, L. Qing. *Keystroke Biometrics for Freely Typed Text Based on CNN model*. Twenty-Second Pacific Asia Conference on Information Systems, Japan 2018, pp. 2278-2324.
- [6] I. Tereikovskiy, L. Tereikovska, O. Korystin, S. Mussiraliyeva, A. Sambetbayeva. *User Keystroke Authentication and Recognition of Emotions Based on Convolutional Neural Network*. In: Hu Z., Petoukhov S., He M. (eds) Advances in Artificial Systems for Medicine and Education III. AIMEE 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1126, pp 283-292. Springer.
- [7] S. Toliupa, I. Tereikovskiy, O. Tereikovskiy, L. Tereikovska, V. Nakonechniy, Y. Kulakov. *Keyboard Dynamic Analysis by Alexnet Type Neural Network*. IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine, 2020, pp. 416-420.
- [8] M. Liu, J. Guan. *User keystroke authentication based on convolutional neural network*, Communications in Computer and Information Science 2019, 971, pp. 157-168.
- [9] C. Lin, J. Liu, K. Lee. *On neural networks for biometric authentication based on keystroke dynamics*. Sensors and Materials 2018 30(3), pp. 385-396.
- [10] L. Xiaofeng, Z. Shengfei, Y. Shengwei. *Continuous authentication by free-text keystroke based on CNN plus RNN*. Procedia Computer Science 147, pp. 314-318 2019.
- [11] D. Yunbin, Z. Yu. *Keystroke Dynamics Advances for Mobile Devices Using Deep Neural Network*. GCSR, vol. 2, pp. 59-70, 2015.
- References**
- [1] Alghamdi S., Elrefaei L. *Dynamic user verification using touch keystroke based on medians vector proximity*. In Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN), 7th International Conference on, pages 121–126. IEEE, 2015.
- [2] I. Dychka, I. Tereikovskiy, L. Tereikovska, A. Korchenko, V. Pogorelov. *Significant Parameters of the Keystroke for the Formation of the Input Field of a Convolutional Neural Network*. In: Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education III. ICCSEEA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 1247, pp. 498-507, Springer
- [3] C. Kevin. *Using keystroke analytics to improve pass-fail classifiers*. Journal of Learning Analytics, vol. 4, No. 2, 189–211, (2017).
- [4] S. Toliupa, L. Tereikovska, O. Korystin, D. Chernyshev, I. Tereikovskiy. *Low-Resource Convolution Neural Network for Keyboard Recognition of the User*. IEEE International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT), Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 222-226.

Реферат

*Кулаков Юрій, Терейковська Людмила,
Терейковський Ігор*

**Спосіб застосування згорткової
нейронної мережі для розпізнавання
особи і емоцій користувача за
клавiатурним почерком**

Важливим напрямком підвищення захищеності та розширення функціональних можливостей сучасних інформаційних систем є впровадження в них засобів розпізнавання особи і емоцій користувачів за їх клавiатурним почерком. Показана доцільність вдосконалення вказаних засобів розпізнавання за рахунок впровадження в них сучасних нейромережевих рішень. Розроблено спосіб застосування згорткової нейронної мережі для розпізнавання особи і емоцій користувача за клавiатурним почерком, оригінальними рисами якого є процедура адаптації структурних параметрів згорткової нейронної мережі типу VGG до очікуваних умов застосування та процедура визначення вхідного поля, котра забезпечує представлення параметрів клавiатурного почерку у вигляді квадратного малюнку з трьома кольоровими каналами. Після адаптації структурних параметрів мережа VGG реалізована з використанням пакета прикладних програм MATLAB R2018b, що забезпечило можливість проведення комп'ютерних експериментів, спрямованих на верифікацію запропонованого способу.

В результаті проведених комп'ютерних експериментів визначено, що використання запропонованого способу застосування згорткової нейронної мережі дозволяє досягти точності розпізнавання особи користувача близько 82% при 50 епох навчання. Показана необхідність подальших досліджень в напрямку формування навчальної вибірки, що забезпечить якісне навчання нейромережевої моделі.

*Кулаков Юрий, Терейковская Людмила,
Терейковский Игорь*

**Способ применения сверточной
нейронной сети для распознавания
личности и эмоций пользователя по
клавiатурному почерку**

Важным направлением повышения защищенности и расширения функциональных возможностей современных информационных систем является внедрение в них средств распознавания лица и эмоций пользователей по их клавiатурному почерку. Показана целесообразность совершенствования указанных средств распознавания за счет внедрения в них современных нейросетевых решений. Разработан способ применения сверточной нейронной сети для распознавания лица и эмоций пользователя по клавiатурному почерку, особенностями которого является процедура адаптации структурных параметров сверточной нейронной сети типа VGG к ожидаемым условиям применения и процедура определения входного поля, которая обеспечивает представление параметров клавiатурного почерка в виде квадратного рисунка с тремя цветными каналами. После адаптации структурных параметров сеть VGG реализована с использованием пакета прикладных программ MATLAB R2018b, что обеспечило возможность проведения компьютерных экспериментов, направленных на верификацию предложенного способа.

В результате проведенных компьютерных экспериментов определено, что использование предложенного способа применения сверточной нейронной сети позволяет достичь точности распознавания лица пользователя около 82% при 50 эпох обучения. Показана необходимость дальнейших исследований в направлении формирования обучающей выборки, что обеспечит качественное обучение нейросетевой модели.

*Kulakov Yurii, Tereikovska Liudmyla,
Tereikovskiy Ihor*

Way of application of convolutional neural networks for personality recognition and user emotions by keyboard handwriting

An important direction of increasing the security and expanding the functionality of modern information systems is the introduction of face recognition tools and user emotions by their keyboard handwriting. The expediency of improving the indicated recognition means by introducing modern neural network solutions into them is shown. A way has been developed for using a convolutional neural network for recognizing a user's face and emotions from keyboard handwriting, the features of which are the procedure for adapting the structural parameters of a convolutional neural network of the VGG type to the expected conditions of use and a procedure for determining the input field, which provides the representation of the parameters of colored channels. After adapting the structural parameters, the VGG network was implemented using the MATLAB R2018b application package, which made it possible to carry out computer experiments aimed at verifying the proposed method.

As a result of the conducted computer experiments, it was determined that the use of the proposed method of applying a convolutional neural network makes it possible to achieve a user face recognition accuracy of about 82% with 50 learning epochs. The need for further research in the direction of the formation of a training sample is shown, which will ensure high-quality training of the neural network model.

Відомості про авторів

Кулаков Юрій Олексійович

Освіта: електронні обчислювальні машини (1971).

Науковий ступінь: доктор технічних наук (2006).

Вчене звання: професор (2011).

Місце роботи: кафедра обчислювальної техніки, факультет інформатики та обчислювальної техніки, КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Область знань: інформаційні технології.

Наукові інтереси: комп'ютерні та нейронні мережі.

Email: ya.kulakov@gmail.com

Терейковська Людмила Олексіївна

Освіта: інженер-технолог (1997).

Науковий ступінь: кандидат технічних наук (2016).

Вчене звання: доцент (2018).

Місце роботи: кафедра інформаційних технологій проектування та прикладної математики, факультет автоматизації і інформаційних технологій, Київський національний університет будівництва і архітектури.

Область знань: інформаційні технології, штучний інтелект.

Наукові інтереси: комп'ютерні та нейронні мережі.

Email: tereikovskal@ukr.net

Терейковський Ігор Анатолійович

Освіта: експлуатація літальних апаратів та авіадвигунів (1992).

Науковий ступінь: доктор технічних наук (2015).

Вчене звання: професор (2018).

Місце роботи: кафедра системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем, факультет прикладної математики, КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Область знань: інформаційні технології, кібербезпека, штучний інтелект.

Наукові інтереси: комп'ютерні та нейронні мережі. *Email:* terejkowski@ukr.net