

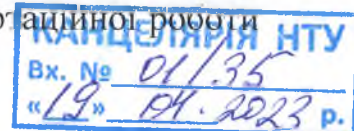
ВІДГУК

офіційного опонента Бикова Валерія Юхимовича на дисертаційну роботу Терейковської Людмили Олексіївни на тему: «Методологія автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання», подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології

Актуальність теми дисертаційної роботи

В теперішній час вважається, що одним із найбільш перспективних напрямків розвитку систем дистанційного навчання є застосування в них технологій, що дозволяють ефективно організувати пізнавальну діяльність слухачів для засвоєння ними навчальних матеріалів. При цьому вкрай важливу роль відіграє емоційний стан слухачів, що вказує на доцільність впровадження в систему дистанційного навчання відповідних засобів.

Водночас в переважній більшості розповсюджених систем дистанційного навчання засоби розпізнавання емоційного стану не застосовуються, хоча можливість їх використання підтверджується відомими фактами використання відповідних технологій, які в основному застосовуються для оцінки відповідності респондентів професійним вимогам, а впроваджені в них модулі розпізнавання побудовані на базі нейромережових моделей та методів аналізу біометричних параметрів, що можуть бути зареєстровані за допомогою розповсюджених комп'ютерних засобів. Однак впровадження відомих засобів автоматизованого розпізнавання емоційного стану у вітчизняні системи дистанційного навчання ускладнюється необхідністю їх адаптації до умов застосування, пов'язаних з терміном розробки, допустимою величиною похибки розпізнавання, акустичними факторами, особливостями відеопотоку та аудіопотоку, характеристиками сенсорів отримання інформації, ресурсоємністю створення та функціонування. Тому науково-технічна проблема розробки методології розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання, що базується на нейромережових методах і моделях аналізу біометричних параметрів та орієнтована на створення відповідних інструментальних засобів, які розширюють функціональні можливості системи дистанційного навчання, вельми актуальна та потребує подальшого розвитку. Відповідно, є актуальною і тема дисертаційної роботи



Терейковської Л.О. (затверджена на засіданні Вченої Ради Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол № 27 від 26 жовтня 2019 р.), метою якої являється розв'язання науково-прикладної проблеми, пов'язаної з розпізнаванням емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання шляхом розробки відповідної методології, що базується на нейромережових методах і моделях аналізу біометричних параметрів та орієнтованої на створення відповідних засобів, які розширюють функціональні можливості системи дистанційного навчання.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Ступінь обґрунтованості є достатньою і забезпечена коректним застосуванням методів дослідження, що ґрунтуються на методологічному базисі теорії складних систем, теорії інформації, розпізнавання образів і системному аналізі – для аналізу предметної області досліджень і окреслення перспектив впровадження технології розпізнавання емоційного стану в систему дистанційного навчання; теорії нейронних мереж, вейвлет-перетворень, кодування, прийняття рішень, моделювання, методи цифрової обробки сигналів та біометрії – для розроблення моделей та методів розпізнавання емоційного стану та особи; методів імітаційного моделювання, об'єктно-орієнтованого проєктування та елементів теорії алгоритмів, програмування та планування експерименту – для розроблення структурних рішень та інструментальних засобів автоматизованого розпізнавання емоційного стану.

Зв'язок дисертаційної роботи з пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки, державними чи галузевими науковими програмами

Результати дисертаційних досліджень використано при виконанні держбюджетних науково-дослідних робіт Київського національного університету будівництва і архітектури по темам: «Нейромережові методи, моделі та засоби інформаційної технології управління емоційним станом слухачів системи дистанційного навчання» (№ДР 0122U001768), «Методи та засоби розпізнавання емоцій диктора» (№ДР 0121U110859), «Теоретичні основи інформаційної технології розпізнавання психоемоційного стану слухачів системи дистанційного навчання» (№ДР 0121U110668), в яких здобувачка була науковим керівником. Результати роботи також використано в Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" при виконанні науково-дослідної роботи

«Методи, моделі та комп'ютерні засоби виявлення деструктивного впливу в медіапросторі» (№ДР 0121U110662).

Достовірність одержаних результатів, повнота їх викладу в опублікованих працях

В дисертаційній роботі достатньо чітко та локанічно визначаються мета, об'єкт, предмет дослідження та формулюються завдання для досягнення поставлених цілей. Достовірність наукових положень, які наведені в дисертаційній роботі, обумовлені доволі грамотною постановкою та комплексним підходом до вирішення завдань дослідження. Методологічно обґрунтовані вихідні положення роботи, які підтверджуються практичними результатами і забезпечується коректним опрацюванням отриманих експериментальних даних, їх кількісним і якісним аналізом, що надає отриманим науковим результатам роботи необхідної переконливості і практичної цінності.

Отримані в дисертації результати впродовж 2016-2022 рр. оприлюднено та обговорено на 24 наукових конференціях, 8 з яких проіндексовані в наукометричних базах даних Scopus та Web of Science.

Результати дисертаційної роботи з необхідною повнотою викладено у 66 публікаціях, в тому числі 1 монографії, 15 наукових статтях в міжнародних виданнях, що входять в бази даних Scopus та Web of Science, 2 статтях в іноземних наукових журналах та в 24 наукових статтях у фахових наукових журналах України.

Детальне ознайомлення зі змістом публікацій Терейковської Л.О. свідчить про повноту викладення основних результатів дисертації у міжнародних та вітчизняних наукових фахових виданнях.

Автореферат відповідає змісту та основним положенням дисертації.

Найбільш суттєві наукові результати дисертації полягають в наступному.

1. Вперше розроблено методологію автоматизованого розпізнавання емоційного стану, що за рахунок інтегрованого застосування відомих та запропонованих підходів, моделей та методів нейромережевого аналізу біометричних параметрів, забезпечує можливість створення ефективних інструментальних засобів розпізнавання емоційного стану, які розширюють функціональні можливості системи дистанційного навчання.

2. Вперше розроблено концептуальну модель розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання, яка за рахунок конкретизації

операцій нейромережевого аналізу біометричних параметрів та за рахунок обґрунтованого переліку параметрів оцінки ефективності розпізнавання забезпечила формалізований опис напрямків досліджень з розробки відповідних засобів автоматизованого розпізнавання.

3. Вперше розроблено метод формування вхідного поля нейромережевої моделі аналізу клавіатурного почерку слухача системи дистанційного навчання, що за рахунок подання параметрів клавіатурного почерку у вигляді кольорового рисунку, придатного для аналізу за допомогою згорткової нейронної мережі, забезпечує можливість ефективного розпізнавання емоцій та особи слухача системи дистанційного навчання за клавіатурним почерком.

4. Вперше розроблено метод формування вхідного поля нейромережевої моделі аналізу голосового сигналу, що за рахунок застосування процедур перевірки характеристик клієнтського апаратно-програмного забезпечення, валідації величин зареєстрованих параметрів, перевірки відсутності багатоголосся та часу реверберації, приведення параметрів голосового сигналу та за рахунок адаптації параметрів голосового сигналу до аналізу згортковою нейронною мережею забезпечує можливість ефективного розпізнавання емоцій та особи слухача системи дистанційного навчання за голосом.

5. Удосконалено підходи до визначення конструктивних параметрів, навчання та мінімізації ресурсоемності нейромережевих моделей, що за рахунок теоретичного обґрунтування діапазону значень конструктивних параметрів, кодування очікуваного вихідного сигналу навчальних прикладів із можливістю врахування близькості еталонів визначених класів, навчання нейромережевої моделі з використанням експертних даних, обґрунтованої мінімізації кількості вхідних параметрів, забезпечили можливість розробки ефективних методів формування вхідного поля нейромережевої моделі та ефективних методів нейромережевого розпізнавання емоцій та особи слухача системи дистанційного навчання.

6. Удосконалено метод формування вхідного поля нейромережевої моделі аналізу біометричних параметрів, асоційованих з зображеннями, що за рахунок адаптації процедур, пов'язаних із обробкою зображень, нівелюванням впливу типових завад та процедур визначення параметрів ключових і контрольних точок, до вимог нейромережевого аналізу зображень обличчя, вушної раковини, райдужної оболонки ока, сітківки ока та відбитку

пальця, забезпечує можливість ефективного розпізнавання емоцій та особи слухача системи дистанційного навчання за біометричними параметрами, асоційованими з зображеннями.

7. Удосконалено метод розробки архітектури згорткової нейронної мережі, призначеної для аналізу біометричних параметрів, який за рахунок використання запропонованих критеріїв ефективності та принципів адаптації конструктивних параметрів нейронної мережі до умов функціонування, дозволяє зменшити обсяг експериментальних досліджень, пов'язаних з розробкою архітектури згорткової нейронної мережі.

8. Удосконалено метод нейромережевого розпізнавання емоцій, що за рахунок застосування запропонованих рішень щодо формування вхідного поля та архітектури нейромережевої моделі для аналізу зображення обличчя, голосового сигналу, клавіатурного почерку та рішень щодо відображення у вихідному полі нейромережевої моделі схожості еталонів емоцій, дозволяє за прийнятної ресурсоемності підвищити точність розпізнавання емоцій слухача системи дистанційного навчання за вказаними біометричними параметрами, що реєструються за допомогою розповсюдженого апаратно-програмного забезпечення.

9. Отримали подальший розвиток моделі обробки біометричних параметрів, асоційованих з зображеннями, що за рахунок врахування особливостей реєстрації зображень в умовах системи дистанційного навчання, вимог до підготовки вхідних даних згорткової нейронної мережі та за рахунок обґрунтованого застосування технологій комп'ютерного зору забезпечили теоретичний базис розробки методу формування вхідного поля нейромережевих моделей аналізу біометричних параметрів, асоційованих з зображеннями.

10. Отримав подальший розвиток метод застосування вейвлет-перетворень для фільтрації вхідного поля нейромережевої моделі аналізу біометричних параметрів, асоційованих з зображеннями, що за рахунок інтеграції вейвлет-коефіцієнтів, розрахованих з використанням ефективного типу базисного вейвлету для послідовно зареєстрованих зображень, забезпечує можливість фільтрації завад, типових для умов системи дистанційного навчання.

11. Отримав подальший розвиток метод формування навчальних прикладів для нейромережевої моделі аналізу біометричних параметрів, що за рахунок обробки навчальних прикладів ймовірнісною нейронною

мережею дозволяє врахувати в очікуваному вихідному сигналі близькість еталонів визначених класів, що забезпечує можливість зменшення ресурсоемності процесу навчання.

Практичне значення одержаних в дисертаційному дослідженні результатів.

1. Розроблена архітектура системи автоматизованого розпізнавання емоційного стану, що може бути використана для розширення функціональних можливостей сучасних систем дистанційного навчання.

2. Розроблене алгоритмічне і програмне забезпечення модулів, що реалізують розпізнавання емоцій та особи користувача інформаційної системи за голосовим сигналом, зображенням обличчя та клавіатурним почерком.

3. Розроблене спеціалізоване програмне забезпечення, що базується на створених нейромережевих методах і моделях, дозволило забезпечити можливість розпізнавання емоційного стану та підвищити оперативність створення алгоритмів функціонування програмних засобів аналізу біометричних параметрів користувачів інформаційних систем, що підтверджується актами впровадження в діяльність Київського національного університету будівництва і архітектури (акти впровадження від 16.05.2022, 19.05.2022, 20.05.2022) та Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" (акт впровадження від 18.05.2022).

4. Розроблені програми, що реалізують запропоновані моделі та методи, впроваджені в навчальний процес на кафедрі управління проектами Київського національного університету будівництва і архітектури (акт впровадження від 23.05.2022), кафедрі прикладної математики Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" (акт впровадження від 25.05.2022) та на кафедрі безпеки інформаційних технологій Національного авіаційного університету (акт впровадження від 26.05.2022).

Оцінка змісту дисертації, її завершеність в цілому.

Дисертація складається з анотації, змісту, списку скорочень, вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та двох додатків.

У вступі розкрито зміст і поточний стан обраної наукової проблеми, показано її науково-практичне значення та обґрунтовано необхідність

проведення дисертаційних досліджень. Також у вступі наведена загальна характеристика роботи.

Перший розділ дисертаційної роботи присвячено огляду літератури за темою дисертації та вибору напрямів дослідження. На основі аналізу літературних джерел визначені невирішені питання, які стосуються розробки методології автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання. Зважаючи на отримані результати аналізу та визначений напрямок дослідження, обґрунтовано постановку наукових завдань, що дозволило визначити мету, завдання, проблемне поле і методологічну базу дослідження.

Другий розділ присвячено розвитку методологічного забезпечення технології автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання на основі нейромережевого аналізу множини біометричних параметрів, реєстрацію яких можливо здійснити за допомогою поширеного апаратно-програмного забезпечення. Найбільш ваговими результатами даного розділу являються: концептуальна модель розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання, що дозволяє деталізувати напрямки досліджень з розробки відповідних засобів автоматизованого розпізнавання; підходи до визначення конструктивних параметрів, навчання та мінімізації ресурсоемності нейромережевих засобів; моделі обробки біометричних параметрів, асоційованих з зображеннями, що дозволяють нівелювати типові завади і викривлення; нейромережева модель, адаптована до розпізнавання базових емоцій слухача системи дистанційного навчання з урахуванням можливого повороту обличчя на зображенні, що забезпечує можливість приблизно на 15% зменшити ресурсоемність мережі.

Третій розділ присвячено розвитку методів формування вхідного поля нейромережевих моделей розпізнавання емоцій слухачів системи дистанційного навчання. Основні результати розділу наступні: метод застосування вейвлет-перетворень для фільтрації вхідного поля нейромережевої моделі аналізу біометричних параметрів, асоційованих з зображеннями, що забезпечує можливість нівелювання завад, типових для системи дистанційного навчання; методи формування вхідного поля нейромережевих моделей аналізу голосового сигналу, клавіатурного почерку та аналізу біометричних параметрів, асоційованих з зображеннями, що забезпечують можливість ефективного розпізнавання емоцій та особи

слухача системи дистанційного навчання.

Четвертий розділ присвячено розвитку методів та побудові методології нейромережевого розпізнавання емоційного стану та особи слухача системи дистанційного навчання. Основні результати розділу наступні: метод формування навчальних прикладів, який забезпечує можливість приблизно в 1,3-1,5 рази зменшити кількість навчальних ітерацій для досягнення помилки навчання в межах 1% відносно випадку застосування прикладів, в яких використана загальновідома процедура кодування очікуваного вихідного сигналу; метод розробки архітектури згорткової нейронної мережі, призначеної для аналізу біометричних параметрів слухача системи дистанційного навчання, що забезпечує можливість зменшення обсягу експериментальних досліджень, пов'язаних з розробкою архітектури такої мережі; метод нейромережевого розпізнавання емоцій слухача системи дистанційного навчання за одним із основних біометричних параметрів, що дозволяє підвищити точність розпізнавання; методологія автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухача системи дистанційного навчання, що дозволяє розширити функціональні можливості такої системи, обрати найбільш ефективний нейромережевий засіб та забезпечити підтримку процесів створення засобів нейромережевого розпізнавання емоційного стану.

П'ятий розділ присвячено розробленню архітектури системи автоматизованого розпізнавання емоційного стану та проведенню експериментальних досліджень, спрямованих на оцінку ефективності дисертаційних рішень. На основі запропонованої методології розроблено архітектура системи автоматизованого розпізнавання емоційного стану та особи слухача системи дистанційного навчання. Розроблені архітектурні рішення забезпечили базис розробки інструментальних засобів, призначених для нейромережевого аналізу основних та додаткових біометричних параметрів слухача системи дистанційного навчання для розпізнавання емоційного стану та особи слухача. Наведені результати комп'ютерних експериментів дозволяють стверджувати, що використання запропонованих рішень дозволяє в 1,1-1,2 рази підвищити точність розпізнавання емоційного стану слухача та є достатньою для їх впровадження в систему дистанційного навчання. Результати оцінювання ефективності запропонованої системи автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухача вказують на те, що при використанні всіх основних біометричних параметрів за критерієм

відповідності до основних вимог розроблена система приблизно в 1,16 разів перевищує ефективність найкращих подібних систем.

У висновках викладено найважливіші наукові та практичні результати дисертаційного дослідження.

Список використаних джерел складається з 327 найменувань наукової літератури по темі дисертації.

Додатки містять акти впровадження результатів дисертаційної роботи, які підтверджують практичне використання отриманих автором результатів та програмний код застосунку для розпізнавання емоцій та особи людини за голосом.

Стиль викладення матеріалу дисертації забезпечує доступність його сприйняття і відповідає існуючим вимогам до наукових праць. Матеріали кандидатської дисертації в роботі не використовувались.

Тема дисертації та її зміст відповідають напрямку досліджень паспорту спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології.

Отримані в роботі нові теоретичні положення доцільно використовувати в наукових дослідженнях, практичних розробках і навчальному процесі науково-дослідних організацій та вищих учбових закладах, пов'язаних із дистанційною освітою.

Зауваження щодо дисертації:

1. Загальна тематика дисертаційного дослідження пов'язана з управлінням емоційним станом слухачів системи дистанційного навчання. В той же час науково-прикладна проблема дисертації в основному стосується нейромережевих засобів розпізнавання поточного емоційного стану слухача. Тому варто було б звернути увагу на адаптацію розроблених засобів до завдання корекції емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання.

2. Перелік наведених в першому розділі базових параметрів оцінки ефективності засобів розпізнавання емоцій має досить узагальнений характер, що може ускладнити експертну процедуру визначення значень параметрів ефективності.

3. Вхідними параметрами наведеного в третьому розділі дисертаційної роботи методу формування вхідного поля нейромережевої моделі аналізу клавіатурного почерку являються параметри, що в основному характеризують динаміку клавіатурного почерку. Це ускладнює визначення типових помилок при наборі тексту конкретним слухачем, які можуть

свідчити про його емоційний стан. Таким чином, доповнення вхідних параметрів методу формування вхідного поля нейромережевої моделі аналізу клавіатурного почерку параметрами, що характеризують типові помилки при наборі тексту конкретним слухачем, могло б підвищити ефективність нейромережевих засобів розпізнавання емоційного стану за клавіатурним почерком.

4. В методі розробки архітектури згорткової нейронної мережі, призначеної для аналізу біометричних параметрів, не достатня увага приділена визначенню типу функції активації нейронів шарів згортки. Через це в роботі варто було б приділити увагу процедурі адаптації виду та параметрів функції активації до умов заставленого завдання аналізу біометричних параметрів.

5. В дисертаційній роботі при побудові нейромережевих засобів аналізу біометричних параметрів основна увага акцентована на нейромережевих моделях з прямим розповсюдженням сигналу. В той же час відомі приклади розробки нейромережевих засобів аналізу біометричних параметрів, що базуються на рекурентних нейронних мережах. Відповідно, застосування в методі нейромережевого розпізнавання емоцій моделей типу LSTM та GRU потенційно дозволяє підвищити ефективність системи розпізнавання емоційного стану.

Є декілька технічних зауважень щодо оформлення автореферату та дисертації.

Зазначені недоліки не є суттєвими, в цілому не зменшують високого наукового рівня дисертації та отриманих в ній практичних результатів, а тому їх наявність не впливає на загальний позитивний висновок по дисертації.

Оцінка відповідності дисертації встановленим вимогам

Дисертація є завершеною кваліфікаційною роботою, містить отримані авторкою нові науково обґрунтовані результати, які у сукупності забезпечили створення методології автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання, що базується на нейромережевих методах і моделях аналізу біометричних параметрів, та орієнтованої на створення відповідних засобів, які розширюють функціональні можливості системи дистанційного навчання.

Результати дисертаційної роботи у галузі методології проектування систем дистанційного навчання є пріоритетними.

ВИСНОВОК: Дисертаційна робота Терейковської Л. О. за своїм змістом і отриманими результатами відповідає паспорту спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології.

Дисертація є завершеною науковою роботою на актуальну тему, містить науково обґрунтовані теоретичні результати і положення, і свідчить про особистий внесок здобувача в науку.

В дисертаційній роботі отримані нові науково обґрунтовані розробки в галузі інформаційних технологій, що забезпечують розв'язання важливої науково-прикладної проблеми розробки методології розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання, що базується на нейромережевих методах і моделях аналізу біометричних параметрів та орієнтована на створення відповідних інструментальних засобів, які розширюють функціональні можливості системи дистанційного навчання.

Дисертація відповідає пп.7 та 9 «Порядку присудження та позбавлення ступеня доктора наук», затвердженого Постановою Кабінету міністрів України від 17.11.2021 року №1197, а її авторка **Терейковська Людмила Олексіївна** заслуговує на присудження їй вченого ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
академік НАПН України,
директор Інституту цифровізації освіти
НАПН України



Валерій БИКОВ