ВІДГУК
офіційного опонента

на дисертаційну роботу Терейковської Людмили Олексіївни «Методологія автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання», що представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології

Актуальність теми дослідження

Проблема впровадження засобів розпізнавання емоційного стану в систему дистанційного навчання є на теперішній час однією з найбільш важливих для галузі освіти, тому що її вирішення дозволить без участі викладачів адаптувати режим подачі навчальних матеріалів до поточного емоційного стану кожного слухача в процесі пізнавальної діяльності. При цьому відомі засоби розпізнавання емоцій людини носять закритий характер та мають високу вартість, що практично унеможливлює їх застосування у системах дистанційного навчання більшості вітчизняних навчальних закладів.

Також, попри значний вклад вітчизняних та закордонних вчених у розвиток сучасних технологій розпізнавання емоційного стану, не існує єдиного універсального підходу, що дозволив би створювати високоефективні засоби розпізнавання, адаптовані до застосування в умовах системи дистанційного навчання. Крім того, переважна більшість наявних методів розпізнавання емоцій потребують удосконалення, оскільки базуються на нейромережевих архітектурах, що не в повній мірі враховують сучасні апробовані рішення в області теорії нейронних мереж.

Цим обумовлюється актуальність і перспективність розробки методології автоматизованого розпізнавання емоційного стану, що забезпечить можливість розробки відповідних засобів розпізнавання, які базуються на сучасних методах теорії нейронних мереж та адаптовані до системи дистанційного навчання.

Актуальність даної дисертаційної роботи підтверджується її виконанням в рамках низки держбюджетних науково-дослідних робіт, пов'язаних із розробкою засобів моніторингу емоцій та емоційного стану, в яких авторка брала участь як науковий керівник та виконавець. Зокрема, матеріали дисертаційного дослідження використовувались в трьох держбюджетних проєктах Київського національного університету будівництва і архітектури та в одному держбюджетному проєкті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Як витікає із вищенаведеного, необхідність розробки ефективних засобів розпізнавання емоційного стану слухачів дистанційного навчання визначає актуальність і перспективність дисертаційної роботи здобувачки Терейковської Л.О.

КАНЦЕЛЯРІЯ НТУ
Вх. № 01/27
«16» 01 23 р.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність

Дисертаційна робота представляє собою завершену наукову роботу, що складається із анотації, списку публікацій авторки, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та 2 додатків. Загальний обсяг дисертації складає 395 сторінок, в тому числі 89 рисунків та 31 таблиця.

У ***вступі*** обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету і задачі дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Показаний зв'язок дисертаційних досліджень з планами науково-дослідних робіт, а також особистий внесок здобувачки.

У ***першому розділі*** проведено аналіз можливостей впровадження технологій розпізнавання емоційного стану в систему дистанційного навчання.

Обґрунтовано доцільність впровадження в систему дистанційного навчання інформаційної технології автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухача на основі нейромережевого аналізу зображення обличчя, голосу та клавіатурного почерку. Визначено перспективність інтеграції засобів розпізнавання емоційного стану з засобами розпізнавання особи слухача системи дистанційного навчання на основі нейромережевого аналізу біометричних параметрів. Сформовано перелік параметрів оцінки ефективності засобів розпізнавання емоційного стану та особи слухача системи дистанційного навчання. З використанням запропонованих параметрів оцінки ефективності визначено недоліки відомих підходів, методів та засобів розпізнавання емоційного стану при їх застосуванні в системі дистанційного навчання. За результатами проведеного аналізу обґрунтовано постановку наукових завдань дослідження, що дозволило визначити мету, задачі, проблемне поле і методологічну базу дослідження та сформувати відповідну рамкову модель.

У ***другому розділі*** вирішувалось наукове завдання розвитку методологічного забезпечення технології автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання на основі нейромережевого аналізу біометричних параметрів. При цьому вперше розроблено концептуальну модель розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання, що дала можливість деталізувати напрямки досліджень з розробки відповідних засобів автоматизованого розпізнавання. Також доведена принципова можливість застосування нейромережевих моделей для розпізнавання емоцій. Крім того, запропоновані підходи до визначення конструктивних параметрів, навчання та мінімізації ресурсоємності нейромережевих засобів, що послужили теоретичним базисом для вдосконалення моделей і методів обробки біометричних параметрів та методів нейромережевого розпізнавання емоційного стану. Отримали подальший розвиток моделі обробки біометричних параметрів, що на відміну від відомих, формалізують процеси центрування, масштабування, бінаризації, виділення контуру, фільтрації та виділення контрольних точок. Ще одним вагомим результатом другого розділу є нейромережева модель CapsNetEm, адаптована до розпізнавання базових емоцій слухача з урахуванням повороту обличчя.

У ***третьому розділі*** вирішувалось наукове завдання розвитку методів формування вхідних полів нейромережевих моделей розпізнавання емоцій та особи слухача системи дистанційного навчання за голосом, клавіатурним почерком та біометричними параметрами, які асоційовані з зображеннями. На відміну від відомих, запропоновані методи за рахунок адаптації процедур верифікації та обробки біометричних параметрів до умов системи дистанційного навчання та за рахунок подання параметрів голосу та клавіатурного почерку у вигляді багатоканального кольорового рисунку, придатного для аналізу за допомогою згорткової нейронної мережі, забезпечують можливість ефективного розпізнавання особи та емоцій слухача системи дистанційного навчання. Крім того, отримав подальший розвиток метод застосування вейвлет-перетворень для фільтрації вхідного поля нейромережевої моделі, що забезпечує можливість нівелювання завад, характерних при реєстрації зображень в умовах системи дистанційного навчання.

У ***четвертому розділі*** вирішувались наукові завдання розвитку методів та побудови методології нейромережевого розпізнавання емоційного стану та особи слухача системи дистанційного навчання. При цьому отримав подальший розвиток метод формування навчальних прикладів для нейромережевої моделі аналізу біометричних параметрів, який за рахунок застосування спеціалізованої процедури обробки навчальних прикладів мережею PNN дозволяє врахувати в очікуваному вихідному сигналі близькість визначених еталонів. Також удосконалено метод розробки згорткової нейронної мережі, адаптованої до умов системи дистанційного навчання, та метод нейромережевого розпізнавання емоцій слухача системи дистанційного навчання. Вказані методи дозволяють зменшити обсяг експериментальних досліджень, пов'язаних з розробкою нейромережевої архітектури, та підвищити точність розпізнавання емоцій. Найбільш ваговим результатом розділу є методологія автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухача системи дистанційного навчання. Запропонована методологія за рахунок формалізованого механізму використання розроблених в дисертації методів забезпечує підтримку процесів створення ефективних нейромережевих засобів розпізнавання емоційного стану та особи слухача системи дистанційного навчання.

У ***п'ятому розділі*** вирішувалось науково-практичне завдання розроблення архітектури системи автоматизованого розпізнавання емоційного стану та проведення експериментальних досліджень, спрямованих на оцінку ефективності дисертаційних рішень. При цьому використання запропонованих архітектурних рішень дозволило реалізувати створення нейромережевих засобів розпізнавання емоційного стану та особи слухача системи дистанційного навчання, що в свою чергу забезпечило можливість проведення експериментальних досліджень.

Результати експериментальних досліджень показують, що використання побудованих на базі запропонованої методології інструментальних засобів дозволяє забезпечити точність розпізнавання емоційного стану слухача на рівні, достатньому для їх впровадження в систему дистанційного навчання. Крім того, показано, що ефективність розробленої системи розпізнавання емоційного стану приблизно така ж

сама, як ефективність відомих засобів розпізнавання на основі зображення обличчя, та приблизно в 1,1 рази перевищує ефективність засобів розпізнавання на основі голосу та клавіатурного почерку.

У ***висновках*** наведено основні результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень, які вирішують важливу науково-прикладну проблему розробки методології розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання.

У ***додатках*** представлено копії актів впровадження результатів дисертації та код програми, призначеної для розпізнавання емоцій та особи людини за голосом.

Основний зміст автореферату ідентичний змісту основних положень дисертації. Оформлення автореферату за своїм обсягом, структурою та змістом відповідає чинним вимогам до оформлення дисертаційних робіт.

Новизна наукових положень, висновків та рекомендацій

У дисертаційній роботі отримано нові наукові результати, які мають загальнонаціональне значення та у сукупності вирішують важливу проблему 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.

До основних наукових результатів, що мають наукову новизну, слід віднести:

- методологію автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання, що дозволяє реалізувати розробку ефективно діючих в умовах системи дистанційного навчання засобів розпізнавання емоційного стану;
- метод нейромережевого розпізнавання емоцій, який дає змогу реалізувати ефективне розпізнавання емоцій слухача системи дистанційного навчання за одним із його біометричних параметрів, що реєструються за допомогою розповсюдженого апаратно-програмного забезпечення;
- метод розробки архітектури згорткової нейронної мережі, що дає змогу зменшити обсяг експериментальних досліджень, необхідних для розробки архітектури згорткової нейронної мережі, призначеної для аналізу біометричних параметрів слухача системи дистанційного навчання;
- метод формування навчальних прикладів для нейромережевої моделі аналізу біометричних параметрів, який дає змогу зменшити обсяг обчислювальних ресурсів, пов'язаних з навчанням такої моделі.
- методи формування вхідних полів нейромережевих моделей аналізу біометричних параметрів, що забезпечили можливість ефективного розпізнавання емоцій та особи слухача системи дистанційного навчання за зображенням обличчя, голосовим сигналом та клавіатурним почерком;

- метод застосування вейвлет-перетворень для фільтрації вхідного поля нейромережевої моделі аналізу біометричних параметрів, асоційованих з зображеннями, який дає змогу нівелювати динамічні завади, типові для системи дистанційного навчання;

– підходи до нейромережевого аналізу біометричних параметрів, що дають можливість створення ефективних моделей та методів нейромережевого розпізнавання емоцій та особи слухача системи дистанційного навчання.

В цілому наукова новизна дисертаційного дослідження полягає в тому, що розроблені теоретичні основи, моделі, методи та засоби автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання є новим напрямом досліджень в галузі інформаційних технологій.

Практична значимість отриманих наукових результатів

Отримані наукові результати дисертаційної роботи можуть бути успішно використані розробниками засобів розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання та засобів розпізнавання емоцій, що призначені для застосування в області управління проєктами, маркетингу та в системах управління транспортними засобами. Крім того, результати дисертаційної роботи можуть бути ефективно застосовані для розпізнавання емоційного забарвлення мультимедійних повідомлень засобів масової інформації.

Практична значущість наведених наукових результатів підтверджується їх використанням при виконанні 4 науково-дослідних робіт та впровадженням у навчальний процес Київського національного університету будівництва і архітектури, Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" та Національного авіаційного університету, що підтверджується відповідними актами, наведеними у дисертації.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій.

Основні наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи обґрунтовані шляхом коректного формування мети та задач дослідження, а також за рахунок теоретичних та експериментальних досліджень, проведених здобувачкою.

Авторкою коректно використано системний підхід та сучасні науково-теоретичні методи для аналізу відомих рішень в області проблеми дисертаційного дослідження. Запропоновані підходи та методи до вирішення поставлених дисертаційних задач, висновки і рекомендації дисертаційної роботи базується на коректному використанні методів теорії нейронних мереж, вейвлет-перетворень, кодування, прийняття рішень, цифрової обробки сигналів, імітаційного моделювання та ін. Безумовно, все це підтверджує обґрунтованість основних наукових положень і висновків дисертації.

Важливо, що у першому розділі дисертаційної роботи, з урахуванням актуальності існуючої проблеми, передбачуваної наукової новизни і відповідності

поставлених завдань напрямку наукової спеціальності, сформульовано та детально обґрунтовано рамкову модель дисертаційного дослідження, яка забезпечила інтеграцію мети, об'єкту, предмету, головної гіпотези, теоретико-методологічної основи, методів та наукових завдань дослідження.

Представлена дисертаційна робота характеризується системним та грамотним викладенням матеріалу та основі достатнього наукового обґрунтування. Чітко прослідковується авторський підхід та логічна завершеність змісту роботи. Отже, на основі вищенаведеного можна стверджувати про достовірність результатів, одержаних у процесі наукового дослідження.

Повнота викладу в опублікованих працях наукових положень, висновків, рекомендацій

За результатами виконання дисертаційних досліджень здобувачкою опубліковано 66 наукових робіт. З них 1 монографія, 24 статті (10 з яких одноосібні) - у фахових виданнях, що входять до переліку МОН України, 15 статей - у періодичних виданнях, що індексуються наукометричними базами Scopus та Web of Science (з яких 7 - у виданнях з квартилем Q3, та 4 - у виданнях з квартилем Q4), 2 статті - у закордонних наукових журналах, 24 публікації - у тезах міжнародних науково-практичних конференцій (8 з яких проіндексовані в наукометричних базах Scopus та Web of Science). Також, слід зазначити, що особистий внесок здобувачки в наведених публікаціях є визначальним.

Основні отримані результати роботи апробовано автором на більш ніж 20 Міжнародних та Всеукраїнських наукових конференціях, перелік яких представлено в дисертації та авторефераті.

Зв'язок теми дисертації з науковими програмами, планами, темами

Як видно з дисертаційної роботи, дослідження виконувались у відповідності до планів науково-дослідних робіт Київського національного університету будівництва і архітектури в межах наступних держбюджетних тем: «Теоретичні основи інформаційної технології розпізнавання психоемоційного стану слухачів системи дистанційного навчання» (номер державної реєстрації №ДР 0121U110668), «Нейромережеві методи, моделі та засоби інформаційної технології управління емоційним станом слухачів системи дистанційного навчання» (номер державної реєстрації №ДР 0122U001768), «Методи та засоби розпізнавання емоцій диктора» (номер державної реєстрації №ДР 0121U110859). Крім того, результати дисертаційної роботи використано в Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" при виконанні держбюджетної теми «Методи, моделі та комп'ютерні засоби виявлення деструктивного впливу в медіапросторі» (номер державної реєстрації №ДР 0121U110662).

Зауваження по дисертаційній роботі і реферату

1. В першому розділі дисертаційної роботи відсутній деталізований опис процедури розрахунку наведених в табл. 1.3, 1.5, 1.7 значень параметрів, які визначають ефективність засобів розпізнавання емоційного стану.

2. До запропонованого в дисертаційній роботі переліку додаткових біометричних параметрів, що використовуються для розпізнавання особи слухача системи дистанційного навчання, включено сітківку ока, хоча сканери сітківки ока обмежено використовуються в універсальних комп'ютерних системах.

3. Запропоновані в другому розділі дисертаційної роботи моделі обробки біометричних параметрів, асоційованих з зображеннями, не забезпечують можливість аналізу зображень в форматі CMYK.

4. Запропонований в третьому розділі дисертаційної роботи метод застосування вейвлет-перетворень для фільтрації вхідного поля потребує більш детального опису процедури обробки експертних даних щодо значення критеріїв ефективності для апробованих типів базисних вейвлетів.

5. Запропонований в третьому розділі дисертаційної роботи метод формування вхідного поля нейромережевої моделі аналізу голосового сигналу потребує деякого уточнення, що стосується врахування акустичних властивостей приміщення, в якому знаходиться слухач.

6. При застосуванні розробленого авторкою методу нейромережевого розпізнавання емоцій не досить чітко описано, як саме задається множина базових емоцій, що мають бути розпізнані.

7. В роботі не в повному обсязі наводяться результати експериментальних досліджень, що дещо ускладнює оцінку достовірності отриманих рішень.

Проте зазначені зауваження не знижують ступінь наукової новизни та практичного значення одержаних в дисертації наукових положень і, відповідно, позитивну оцінку роботи в цілому.

Висновки

Оцінюючи роботу в цілому, можна зробити висновок, що дисертація є завершеним науковим дослідженням, яке виконане авторкою самостійно на високому науковому рівні. У роботі наведені нові наукові результати, використання яких має вагоме практичне значення і в сукупності дозволяє розв'язати важливу науково-прикладну проблему 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. Отримані авторкою результати дисертаційного дослідження є достовірними та належать до нових наукових знань, що повністю узгоджуються з формулою та напрямками досліджень спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології. Висновки та рекомендації роботи є достатньо обґрунтованими.

Дисертаційна робота Терейковської Л.О. «Методологія автоматизованого розпізнавання емоційного стану слухачів системи дистанційного навчання» за рівнем та цінністю отриманих наукових результатів і положень, кількістю публікацій, практичним значенням та дотриманням принципів академічної доброчесності відповідає вимогам пунктів 7 та 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук» (затвердженого постановою КМУ №1197 від 17.11.2021 р.), а її авторка Терейковська Людмила Олексіївна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора технічних наук зі спеціальності 05.13.06 – Інформаційні технології.

Офіційний опонент
завідувач кафедри інформаційно-аналітичної діяльності
та інформаційної безпеки
Національного транспортного університету
доктор технічних наук, професор А.Н. Аль-Амморі

ПІДПИС ЗАВІРЕНО
Вчений секретар Національного
Транспортного Університету
проф. Мельниченко О.І.