

МОДЕЛЬ ГРУПУВАННЯ СУМІСНИХ РУХІВ М'ЯЗОВИХ СТРУКТУР ЛЮДСЬКОГО ОБЛИЧЧЯ

Характерні форми мімічних проявів емоційних станів людини є типовими з доволі значною мірою узагальнення на підставі спільних фізіологічних структур та розташування м'язів, які формують людське обличчя. Ця обставина є однією з основних причин спільності проявів людиною емоцій, які знаходять своє відображення на обличчі. За характером та формою мімічних проявів на обличчі з високою ймовірністю можна визначати емоційний стан людини з певним корегуванням зі сторони культурологічних особливостей та традицій певних груп [1]. З огляду на ці чинники, виникає необхідність у розробленні нового підходу до опису ознак мімічних проявів людського обличчя [2], які будуть обчислювального ефективними та забезпечуватимуть високу точність розпізнавання для різних систем людської діяльності. Відповідно до існування загальних мімічних форм емоційних проявів [3], запропоновано підхід до створення моделі розпізнавання емоційних проявів на обличчі людини з відносно низькими вимогами до засобів фото- та відеофіксації.

Опис моделі для розпізнавання мімічних проявів емоцій розпочнемо з виділення основних ділянок обличчя [4], зміни яких формують міміку, тобто характерних проявів обличчя, які прямо відображають емоційний стан. Для цього виконано тестування запропонованого в [5] підходу визначення критеріїв ділянок обличчя, що відтворюють емоційну міміку. Цей підхід полягає у використанні спеціалізованої відеокамери Intel RealSense [6], зображення з якої містять автоматично виявленні точки-особливості обличчя. Підхід отримує на вхід множину зображень обличчя людей з відтвореними на них основними емоційними станами та виділеними за допомогою відеокамери Intel RealSense точками-особливостями.

Виконання таких кроків зумовлює визначення критеріїв ділянок обличчя:

- нормування зображень обличчя для їхнього порівняння в одному базисі; для цього виконуються центрування області обличчя та нормування за відстанню між очима;
- виділення специфічних інформативних точок (переміщення яких у випадку емоційної міміки є найбільш суттєвим) у множині вхідних зображень;
- визначення (з різним порогом переміщень) ділянок обличчя, зміни яких формують візуальне сприйняття емоції; для кожної виділеної ділянки формується множина можливих станів для неї.

Для тестування запропонованого підходу розроблено відповідне програмне забезпечення, за допомогою якого наповнено базу даних зображень та проведено експериментальне дослідження [7]. На рис. 1 подано результати проміжних експериментальних тестувань для базових людських емоцій: «Злість», «Страх», «Радість» та «Сум».

З графіків на рис. 1а-г) бачимо, що найбільше переміщення під час прояву різних емоцій було для точок, що належать до таких ділянок обличчя: верх правої повіки; низ правої повіки; ліва сторона правої повіки; права сторона правої брови; ліва сторона правої брови; центр правої брови; права сторона носа; права сторона губ; центр верхньої губи; права сторона нижньої губи.

З рис. 1а-г) також впливає, що певні точки-особливості під час мімічного прояву зміщуються більше, ніж інші. Відповідно нема потреби відстежувати зміщення усіх точок, достатньо виокремити лише ті з них, що зміщуються найбільше, тобто є найінформативнішими. Шляхом групування сумісних рухів м'язових структур встановлено, що найбільші зміщення притаманні специфічним точкам-особливостям таких ділянок людського обличчя: рот, кутики губ, очі, брови (перенісся), брови, кутики брів зовнішніх та кутики брів внутрішніх. Тому припускаємо, що ці ділянки людського обличчя є найвагомими в процесі ідентифікації змін емоційного стану за мімічними проявами.

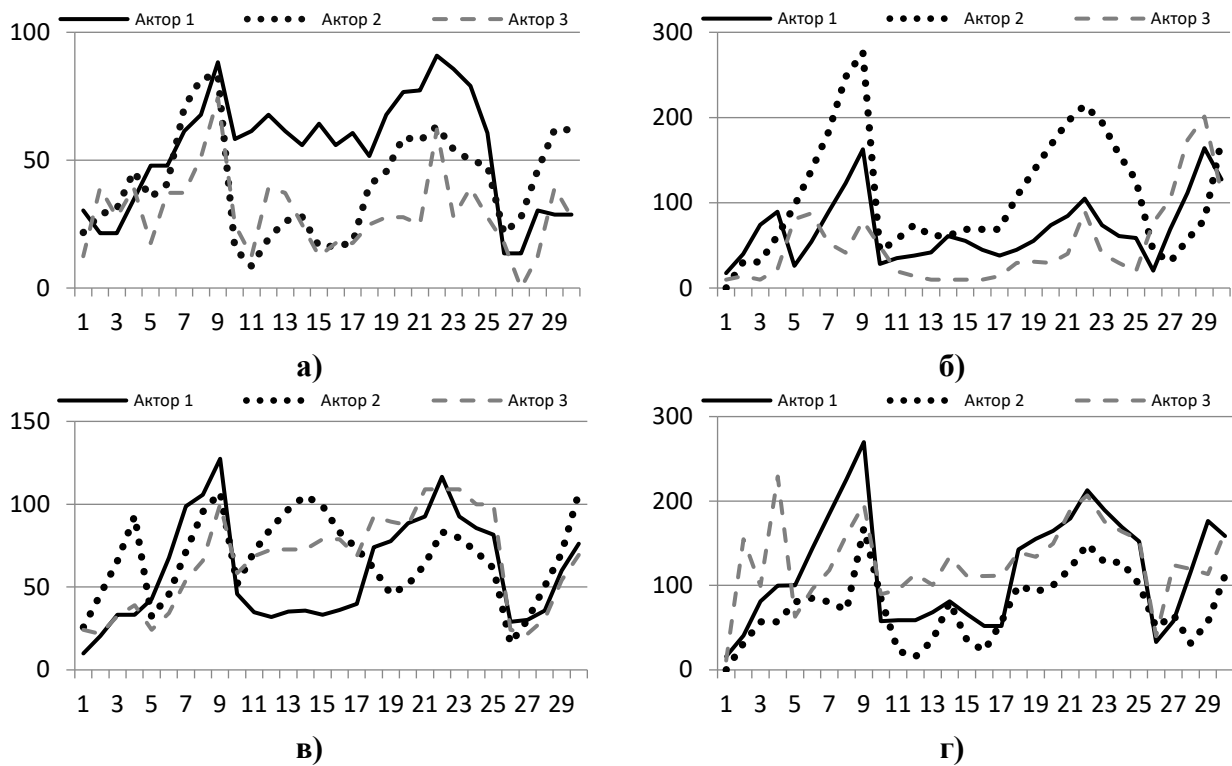


Рисунок 1 – Графіки зміщення специфічних точок-особливостей для базових людських емоцій: а) злість; б) страх; в) радість; г) сум

Відповідно до результатів якісного аналізу ділянок обличчя, сформовано множину якісних характеристик зміщень точок-особливостей або груп точок-особливостей (таблиця 1).

Таблиця 1 – Якісні характеристики ділянок людського обличчя

Тип емоції / Частина обличчя	Злість	Страх	Радість	Нейтральний стан	Сум
Рот	закритий	привідкритий	привідкритий	закритий	закритий
Кутики губ	опущені	припідняті	або відкритий	опущені	опущені
Очі	розкриті або примружені	широко розкриті	підняті	примружені або розкриті	примружені
Брови (перенісся)	зведені до перенісся	зведені до перенісся	розкриті або примружені	нормальні	зведені до перенісся
Брови	нормальні	підняті вверх	нормальні	нормальні	нормальні
Кутики брів зовнішні	нормальні	зовнішні підняті	підняті вверх	нормальні	нормальні
Кутики брів внутрішні	нормальні	внутрішні підняті	зовнішні підняті	нормальні	нормальні

Відповідно до опису з таблиці 1, найбільше зміщення притаманне таким ділянкам людського обличчя як брови, губи та очі. Відповідно сукупність якісних змін вказаних вище ділянок обличчя дає змогу визначити мімічний прояв того чи іншого емоційного стану на

обличчі людини за короткий час та з малою похибкою. Водночас під час прояву різних емоцій одна і та ж сама точка обличчя може зміщуватись по різному: сильно або ледь-помітно. Таким чином, для якісної ідентифікації змін емоційного стану за мімічними проявами потрібно розглядати критерії зміни положень специфічних точок-особливостей обличчя у комплексі.

З огляду на потреби ідентифікації зміни емоційного стану мімічних проявів засобами звичайних камер із невисокою роздільною здатністю та за результатами з таблиці 1 введено наступну градацію для ознак, які розташовані на ділянках обличчя:

- рот: {відкритий / закритий / закритий або привідкритий};
- кутики губ: {опущені / підняті};
- очі: {широко розкриті / розкриті (норм) / примружені};
- брови (перенісся): {зведені до перенісся / нормальні};
- брови: {підняті вгору / нормальні};
- кутики брів зовнішні: {підняті / нормальні};
- кутики брів внутрішні: {підняті / нормальні}.

Наведене вище подання мімічних проявів у розрізі емоційних станів слугує основою для синтезу моделі, за якою буде проводитися ідентифікація:

$$f: P \rightarrow \langle X, W \rangle, \quad (1)$$

де P – матриця пікселів вхідного відеозапису натовпу; X – вектор ознак мімічних проявів емоцій на обличчі людини, $X = (x_i)_{i=1}^7$, W – вектор ваг моделі ідентифікації емоційного стану на обличчі людини.

Визначені емпірично ознаки, що формують вектор X , формально подано так:

- x_1 – ознака міміки ділянки обличчя з ротом;
- x_2 – ознака міміки ділянки обличчя з кутиком рота;
- x_3 – ознака міміки ділянки обличчя з очима;
- x_4 – ознака міміки ділянки обличчя з переніссям між бровами;
- x_5 – ознака міміки ділянки обличчя з бровами;
- x_6 – ознака міміки ділянки обличчя із зовнішніми кутиками брів;
- x_7 – ознака міміки ділянки обличчя із внутрішніми кутиками брів.

Мімічні прояви природно мають граничні стани та зокрема характеризуються типовою сукупністю ознак зовнішніх проявів цих станів. Відповідно до цього і було емпірично визначено межі проявів ознак.

Далі проведемо порівняння запропонованої моделі (1) з якісною характеристикою ознак ділянок обличчя (таблиця 1) та системи класифікації виразів обличчя людини FACS [8]. Система FACS налічує 100 активних одиниць (з англ. action units, AUs) та характеризує ступінь вираженості зміни стану м'язів 5-ма рівнями: А – мінімальний, В – незначний, С – явний, D – сильний або екстремальний, Е – Максимальний.

У запропонованій моделі зміна емоційного стану визначається за наперед заданим стандартом, проти підходу з активними одиницями у роботі Екмана. Тобто для різних емоцій визначено одні й ті ж ознаки, але з різними мімічними проявами. Для порівняння взято такі емоції:

1. Мімічний прояв емоційного стану «Злість» за FACS визначено так: опущені брови (AU4); припідняті верхні повіки (AU5); припідняті нижні повіки (AU7); зжаті губи (AU23).

В запропонованій авторами моделі «Злість» характеризують: рот закритий; кутики губ припідняті; очі примружені; брови (перенісся) зведені; брови опущені; кутики брів зовнішні опущені; кутики брів внутрішні опущені.

2. Мімічний прояв емоції «Страх» за FACS визначено так: внутрішні частини брів підняті (AU1); зовнішні частини брів підняті (AU2); опущені брови (AU4); припідняті верхні повіки (AU5); припідняті нижні повіки (AU7); губи натягнуті (AU20); опущена щелепа (AU26).

Запропонована модель визначає «Страх» як: рот привідкритий; кутики губ опущені; очі широко розкриті; брови (перенісся) зведені; брови опущені; кутики брів зовнішні опущені; кутики брів внутрішні опущені.

3. Мімічний прояв емоції «Радість» за FACS визначено так: щоки підняті (AU6); розтягнуті кутики губ (AU12).

Спрощена модель визначає «Радість» як: рот привідкритий або відкритий; кутики губ підняті; очі примружені або розкриті; брови (перенісся) нормальні; брови припідняті вверху або нормальні; кутики брів зовнішні припідняті вверху або нормальні; кутики брів внутрішні припідняті вверху або нормальні.

4. Мімічний прояв емоції «Нейтральний стан» за FACS визначено так: щоки підняті (R12A); розтягнуті кутики губ (R14A).

Спрощена модель визначає «Нейтральний стан» як: рот закритий; кутики губ опущені; очі примружені або розкриті; брови (перенісся) нормальні; брови нормальні; кутики брів зовнішні нормальні; кутики брів внутрішні нормальні.

5. Мімічний прояв емоції «Сум» за FACS визначено так: внутрішні частини брів підняті (AU1); опущені брови (AU4); опущені кутики губ (AU15).

В запропонованій моделі «Сум» визначається як: рот закритий; кутики губ опущені; очі примружені; брови (перенісся) зведені до перенісся або нормальні; брови опущені або нормальні; кутики брів зовнішні опущені або нормальні; кутики брів внутрішні опущені або нормальні.

Варто зауважити, що у запропонованій моделі не відстежується опущення щелепи. FACS розглядає послідовність різних мімічних проявів. Іноді ці прояви протилежні, що говорить про надлишковість ознак та призводить до проявів неоднозначності. Як у випадку стану «Страх» (підняття брів, а потім їхнє опускання). З іншої сторони, запропонована модель відстежує один шаблон мімічних проявів (сім якісних характеристик ділянок обличчя), що найбільш характерно дає змогу розділити емоційні стани.

Порівняльний аналіз системи FACS та запропонованої моделі на основі визначення та вибору впливових ознак дає можливість реалізувати ідентифікацію змін емоційного стану мімічних проявів без зниження якісних результативних показників. Використання моделі дає змогу визначати сукупність необхідних емоційних станів та сформулювати необхідну множину характерних ознак, які створюють емоційний прояв та характеризуються належними параметрами роздільності емоцій за мімічними проявами. Водночас уніфікація кількості структурних якісних ознак мімічних проявів показало свою ефективність через те, що визначаються значущі ознаки, які в сукупності створюють умови хорошого розділення цих груп і, отже, розділення емоційних станів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ко В. С. A brief review of facial emotion recognition based on visual information. *Sensors*. 2018. Vol. 18, No. 2. P. e401.
2. Pavlova O., Radiuk P., Kravchuk S., Kulbachnyi V. Information system for public places and institutions visualization with opportunities of inclusive access and optimal routing. *Computer systems and information technologies*. 2022. Vol. 1, No 6. P. 62-68.
3. Choudhary D., Shukla J. Feature extraction and feature selection for emotion recognition using facial expression. 2020 IEEE Sixth International Conference on Multimedia Big Data (BigMM) : Proceedings, New Delhi, India, 24–26 September 2020, 2020. P. 125-133.
4. M. M., A. M. Facial geometric feature extraction based emotional expression classification using machine learning algorithms. *PLOS ONE*. 2021. Vol. 16, No. 2. P. e0247131.
5. Бармак О.В., Калита О.Д., Гащук Т.О., Скрипник Т.К. Інформаційна технологія визначення критеріїв ділянок обличчя, що відтворюють емоційну міміку. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки»*. 2018. № 267, 6(2). С.130-134.
6. Zabatani A., Surazhsky V., Sperling E. et al. Intel® RealSense™ SR300 coded light depth camera. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2020. Vol. 42, No. 10. P. 2333-2345.
7. Kalyta O. Information technology of facial emotion recognition for visual safety surveillance. *Computer systems and information technologies*. 2022. Vol. 4, No 1. P. 54-61.
8. Ekman P., Friesen W. V. Facial action coding system. Palo Alto, CA : Consulting Psychologists Press, 1978. 42 p.