

УДК 004.942

Г.М. Єфімов

Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь

ТЕХНОЛОГІЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНОЇ МІМІКИ НА ОБЛИЧЧІ ЛЮДИНИ

На основі формальної психологічної моделі емоційних станів запропонована формальна модель мімічних проявів цих емоційних станів – зроблено перехід від простору ознак, які описують базові емоції з точки зору ситуацій, в яких вони виникають, до простору ознак, які характеризують візуальну, мімічну складову для базових емоційних станів. Для уникнення неоднозначностей при аналізі зроблено перехід від феноменологічного визначення характеристичних мімічних ознак до певної їх формалізації за допомогою NURBS-кривих. Запропонована загальна формальна модель мімічних проявів емоційних станів у вигляді простору ознак, визначений базис цього простору. Запропонована нова мультимедійна технологія та засіб штучного інтелекту для аналізу мімічних проявів емоцій.

Ключові слова: мімічні прояви емоцій, синтез та аналіз, мультимедійна технологія, засіб штучного інтелекту.

Вступ

Постановка проблеми. Моделювання та розпізнавання емоцій, як одного з каналів невербальної сигнальної та регулятивної комунікації, що відтворює динаміку актуальних переживань людини, є актуальним і важливим напрямком досліджень з метою створення систем комп'ютерного розпізнавання і синтезу зорових образів. Невербальна, мімічна передача інформації людиною стала предметом інтенсивних досліджень.

Недостатня розробленість питання про диференційованість сприйняття міміки обличчя, великі практичні застосування (безпека, криміналістика, віртуальна реальність, людино-комп'ютерний інтерфейс тощо), ініціювали проведення цих досліджень.

Аналіз останніх досліджень. Засоби аналізу й синтезу людського обличчя, емоцій на ньому досліджуються і розробляються в провідних наукових організаціях світу, зокрема, в Масачусетському технологічному інституті, Оксфордському, Кембріджському, Стенфордському, Московському, Санкт-Петербурзькому університетах тощо. В Україні дослідженням таких проблем займаються в інституті проблем штучного інтелекту м. Донецьк, Інституті кібернетики ім. В.М. Глушкова, Міжнародному науково-навчальному центрі інформаційних технологій і систем, Київському національному університеті імені Тараса Шевченка та інших установах.

Взагалі, засобам аналізу й синтезу людського обличчя, емоцій на ньому присвячено багато наукових праць та дисертаційних досліджень, серед яких роботи Ю. Кривоноса, Ю. Крака, О. Бармака, В. Леонт'єва та ін.

Формулювання мети статті. Метою дослідження є розробка методів, моделей та алгоритмів

для моделювання та розпізнавання мімічних проявів емоцій на фотографічних зображеннях обличчя людини.

Виклад основного матеріалу

Для формалізації емоцій, щоб уникнути двозначностей при їх феноменологічному описі, пропонується перейти до вивчення ситуацій, в яких ці емоції виникають [1]. Тобто, при визначенні емоцій, в найбільш загальному вигляді описується ситуація, в якій вони виникають.

У [2] для психологічної формальної моделі емоційних станів запропонована формальна модель мімічних проявів цих емоційних станів, тобто зроблено перехід від простору ознак, які описують базові емоції з точки зору ситуацій, в яких вони виникають, до простору ознак, які характеризують візуальну, мімічну складову для базових емоційних станів. Для моделювання міміки емоційних станів людини запропоновано використовувати лінійну опуклу комбінацію деяких базових станів.

Для пошуку векторного простору характеристичних ознак, побудови базису цього простору, відтворення похідних емоційних станів, пропонується наступне [2, 3]: 1) створення множини фотографічних зображень мімічних проявів на обличчі, які відповідають ситуаціям, у яких виникають вісім базових емоцій (радість, горе, надія, страх, задоволення, гнів, інтерес, зневага), опис міміки, притаманної цим емоціям; 2) аналіз отриманої множини з метою виявлення областей, які містять характеристичні ознаки емоцій та їх опис; 3) створення у просторі характеристичних ознак базису для наступного розкладу по ньому довільних векторів мімічних проявів емоційних станів (як опуклої комбінації базисних емоційних станів).

У ході дослідження отримано 21 характеристи-
чну ознаку, комбінація яких утворює базис мимічних
виразів емоцій. Мимічні вирази емоції представленні
у вигляді вектора:

$$Em_i^n = (\mu_1, \dots, \mu_{21}), \quad i = 1 \dots 8, \quad (1)$$

де $\mu_j \in [0;1]$ – характеристична мимічна ознака. При
 $\mu = 0$ – немає ознаки, а при $\mu = 1$ вплив ознаки
максимальний; перелік ознак наведений в табл. 1.

Набір 8-ми векторів утворює базис
(B_{ij} , де $i = 1, \dots, 21, j = 1, \dots, 8$) простору мимічних
проявів емоційних станів. Таким чином, довільний
вектор $b = (\mu_1, \dots, \mu_{21})$, отриманий шляхом аналі-
зу зображення з якимось емоційним станом, можна
розкласти по базису B і отримати опис емоції, як
опуклої комбінації:

$$x = (B^T \cdot B)^{-1} \cdot B^T \cdot b, \quad (2)$$

за умови

$$\det((B^T \cdot B)^{-1}) \neq 0, \quad (3)$$

де B – базисна матриця емоційних станів; B^T –
транспонована матриця B ; b – вектор, який описує
мимічний прояв довільного емоційного стану;

$x = (\alpha_1, \dots, \alpha_8)$, де α_i – коефіцієнти опуклої

комбінації $\left(\sum_{i=1}^8 \alpha_i = 1, \alpha_i \in [0;1] \right)$ для кожної з

8-ми базових емоцій.

Для того щоб перейти від феноменологічного
визначення характеристичних мимічних ознак до
певної їх формалізації, у [3] запропоновано викори-
стати модифікацію методу моделей, які деформу-
ються. В якості параметричних кривих, для виділен-
ня характерних ознак рис обличчя, запропоновано
використати моделі які задаються з допомогою не-
рівномірних раціональних базисних сплайнів–
NURBS-кривих [4, 5]. Виходячи з того, що опорні
точки NURBS-кривої однозначно визначають саму
криву – до розгляду брались тільки вектори опорних
точок. Для побудови базису були використані на-
ступні вектори опорних точок (табл. 1):

Таблиця 1

Мимічні прояви для формування базових емоцій

о з н а к а	Опис мимічних проявів в розрізі областей обличчя		Для брів, очей та роту – вектори опорних точок p_i^j . Для зморшок – $\mu_j \in [0; 1]$ (при $\mu=0$ – немає зморшки, а при $\mu=1$ зморшка максимальна)	
	Область обличчя	Мимічний прояв		
μ_1	Область чола і брів	Чоло	Зморшки в центрі чола	
μ_2			Одна горизонтальна зморшка	
μ_3			Між бровами вертикальна зморшка	
μ_4	Брови		Внутрішні кутики підняті вгору	
μ_5			Опущені та зведені	
μ_6			Припідняті	
μ_7			Підняті та зведені	
μ_8	Область очей (очі, повіки, основа носа)	Верхні повіки	Внутрішні кутики підняті	
μ_9			Напружені	
μ_{10}			Підняті (видно склеру)	
μ_{11}		Припідняті		
μ_{12}		Нижні повіки	Припідняті та ненапружені	
μ_{13}	Припідняті та напружені			
μ_{14}	Зморшки	"Гусячі лапки" біля зовнішніх кутиків		
μ_{15}		Зморшка під повіками		
μ_{16}	Нижня частина обличчя (ніс, щоки, рот)	Рот	Закритий, губи стиснуті	
μ_{17}			Розкритий	
μ_{18}		Губи (лінія, кутики)	Кутики губ відтягнуті в сторони та припідняті	
μ_{19}			Розтягнуті та напружені	
μ_{20}			Кутики губ опущені	
μ_{21}	Зморшки	Зморшка від носа до кутиків губ		

Для аналізу мимічних проявів емоцій запропонована наступна цілісна інформаційна технологія:

1) для конкретної людини отримується множина із восьми фотографічних зображень обличчя, на якому відтворена мимічна реакція на ситуації, які відповідають базовим емоціям;

2) у відповідному програмному забезпеченні номуються фотографічні зображення за відстанню між центрами очей (приклад на рис. 1);

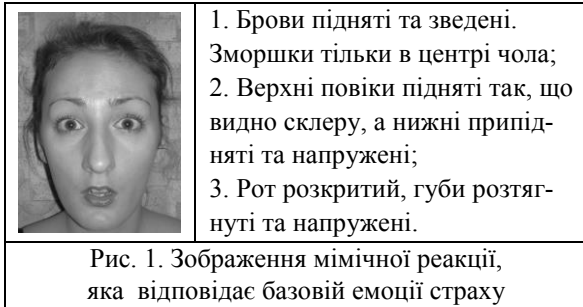


Рис. 1. Зображення мимічної реакції, яка відповідає базовій емоції страху

3) за допомогою відомих технологій оконтурення та скелетування зображень, отримуються контури наступних частин обличчя: зморшки в області чола, брови, верхні повіки (приклад на рис. 2), нижні повіки, зморшки «гусячі лапки» біля зовнішніх кутків очей, зморшки під повіками, рот, зморшки від носа до кутків губ;



Рис. 2. Контур правого ока у вигляді шаблонів-NURBS-кривих

4) використовуючи гнучкі шаблони у вигляді NURBS-кривих (приклад на рис. 3) та B-сплайн апроксимацію, отримуються множини опорних точок NURBS-кривої для шаблонів, які характеризують кожну з восьми базових емоцій;



Рис. 3. Зображення з інтегрованими NURBS-кривими для базової емоції страху

5) з восьми отриманих множин опорних точок NURBS-кривих (шаблонів) та вектора характеристичних мимічних ознак для зморшок, будується базис емоційних станів конкретної людини:

$$B = \begin{bmatrix} \mu^{(1)} & \dots & \mu^{(8)} \\ p^{1,(1)} & \dots & p^{1,(8)} \\ p^{2,(1)} & \dots & p^{2,(8)} \\ p^{3,(1)} & \dots & p^{3,(8)} \\ p^{4,(1)} & \dots & p^{4,(8)} \end{bmatrix}, \quad (4)$$

де $p_j^{i,(k)} = [p_0^{j,(k)}, \dots, p_{n_j}^{j,(k)}]^T$ для $j = \overline{1,4}, k = \overline{1,8}$,

$n_1 = 4, n_2, n_3 = 5, n_4 = 16$.

У подальшому, для аналізу довільного зображення обличчя цієї людини: повторюються пункти 1) – 4) для зображення довільної емоції та отримується вектор:

$$b = [\mu^{(*)}, p^{1,(*)}, p^{2,(*)}, p^{3,(*)}, p^{4,(*)}]^T, \quad (5)$$

де $p_j^{i,(*)} = [p_0^{j,(*)}, \dots, p_{n_j}^{j,(*)}]^T$ для $j = \overline{1,4}$,

$n_1 = 4, n_2, n_3 = 5, n_4 = 16$.

Розкладемо його за побудованим базисом B (4), коефіцієнти розкладу отримаємо у вигляді (2). Значення коефіцієнтів розкладу $x = (\alpha_1, \dots, \alpha_8)^T$ використовуватимемо для визначення вкладу кожної з восьми базових емоцій у довільну емоцію b.

Як приклад реалізації інформаційної технології, на рис. 4 відтворені ситуації, в яких виникають похідні емоції провини та симпатії.



Рис. 4. Зображення з інтегрованими NURBS-кривими для похідних емоцій провини та симпатії

Рис. 4. Ситуації, в яких виникають похідні емоції провини та симпатії

З координат керуючих точок шаблонів були утворені вектори (5). Розклад цих векторів по створеному базису (4) дав результати, які підтверджують дієздатність запропонованої технології. Для емоційного стану «провина» були отримані наступні коефіцієнти опуклої комбінації базових станів:

$$\alpha_1 = 0, \alpha_2 = 0.73, \alpha_3 = 0.02, \alpha_4 = 0, \alpha_5 = 0.23,$$

$$\alpha_6 = 0, \alpha_7 = 0, \alpha_8 = 0.02, \sum_{i=1}^8 a_i = 1, \text{ де } \alpha_i, i = \overline{1, 8}$$

відповідають наступним емоційним станам: радість, горе, надія, страх, задоволення, гнів, інтерес та зневага. Згідно [2], стан, який складається з комбінацій задоволення ($\alpha_5 = 0.23$) та горя ($\alpha_2 = 0.73$) відповідає емоції «провина». Для емоційного стану «симпатія» були отримані наступні коефіцієнти опуклої комбінації базових станів:

$$\alpha_1 = 0, \alpha_2 = 0, \alpha_3 = 0.04, \alpha_4 = 0, \alpha_5 = 0.15,$$

$$\alpha_6 = 0, \alpha_7 = 0.77, \alpha_8 = 0.04, \sum_{i=1}^8 a_i = 1.$$

Згідно [2], стан який складається з комбінацій задоволення та інтересу, відповідає емоції «симпатія».

Висновки

Отримані результати свідчать про можливість аналізу фотографічних зображень емоційних станів конкретних людей. Результатом такого аналізу є коефіцієнти опуклої комбінації базових станів. По значенням отриманих коефіцієнтів можна приймати рішення про характер того чи іншого емоційного стану, який відтворюється обличчям людини.

Запропонована технологія має практичну цінність в системах візуального контролю за емоційним станом людини у багатьох сферах людської діяльності, де вимагається велика зосередженість і необхідно приймати рішення в режимі реального часу (небезпечно виробництва, транспорт, і т.п.).

Подальші дослідження будуть спрямовані на вдосконалення методів і алгоритмів автоматичного розпізнавання емоційних проявів на обличчі людини; впливу на результати розпізнавання ситуацій, коли деякі з ознак не вдається виділити, в силу специфіки вікової зміни на обличчі людини; дослідженні ситуацій при яких перевизначена система, що виникає при апроксимації за допомогою В-сплайн кривих точкових кривих, не має розв'язків або має безліч розв'язків.

Список літератури

1. Леонтьев В.О. Классификация эмоций. – Одесса: ИИЦ, 2002. – 84 с.
2. Крак Ю.В. Синтез мимических выражений эмоций на основе формальной модели / Ю.В. Крак, О.В. Бармак, Г.М. Єфімов // Штучний інтелект. – 2007. – № 2. – С. 22-31.
3. Крак Ю.В. Використання контурних моделей для побудови базису простору мимічних виразів емоцій / Ю.В. Крак, О.В. Бармак, Г.М. Єфімов // Штучний інтелект. – 2007. – № 4. – С. 288-296.
4. Єфімов Г.М. Моделювання та розпізнавання мимічних проявів емоцій на обличчі людини / Г.М. Єфімов // Штучний інтелект. – 2009. – № 3. – С. 532-542.
5. Кривонос Ю.Г. Моделювання та аналіз мимічних проявів емоцій / Ю.Г. Кривонос, Ю.В. Крак, Г.М. Єфімов [та ін.] // Доповіді НАН України. – 2008. – № 12. – С. 51-55.

Надійшла до редколегії 26.11.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.В. Найдиш, Таврійський державний агротехнологічний університет, Мелітополь.

ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ МИМИКИ НА ЛИЦЕ ЧЕЛОВЕКА

Г.Н. Ефимов

На основе формальной психологической модели эмоциональных состояний, предложена формальная модель мимических проявлений этих эмоциональных состояний – сделан переход от пространства признаков, которые описывают базовые эмоции с точки зрения ситуаций, в которых они возникают, к пространству признаков, которые характеризуют визуальную, мимическую составляющую для базовых эмоциональных состояний. Для избегания неоднозначностей при анализе, сделан переход от феноменологического определения характеристических мимических признаков к определенной формализации с помощью NURBS-кривых. Предложена общая формальная модель мимических проявлений эмоциональных состояний в виде пространства признаков, определён базис этого пространства. Предложена новая мультимедийная технология и средство искусственного интеллекта для анализа мимических проявлений эмоций.

Ключевые слова: мимические проявления эмоций, синтез и анализ, мультимедийная технология, средство искусственного интеллекта.

TECHNOLOGY FOR MODELING AND RECOGNITION OF EMOTIONS MIMICS DISPLAY ON THE HUMAN FACE

G.M. Efimov

Basing on a formal psychological model of emotional states, there was suggested the formal model of mimic demonstrations of emotions of these emotional states – there was made transition from the space of features, which describe basic emotions in terms of situations they are arising, to the space of features, which define visual, mimic component for the basic emotional states. To avoid ambiguities during analysis, there was made transition from the phenomenological description of characteristic mimic features to the determinate formalization using NURBS-curves. There were offered general formal model of mimic demonstrations of emotional states in a space of features and defined basis of this space. New multimedia technology and facilities of artificial intelligence for analysis of mimic demonstrations of emotions were offered.

Keywords: mimic display of emotions, synthesis and analysis, multimedia technology, facilities of artificial intelligence.