

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА НЕЧЕТКОЙ ИМПЛИКАЦИИ СУГЕНО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИЙ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИИ О ДВИГАТЕЛЬНЫХ ЕДИНИЦАХ

А.Д. Штанский

alex-shtan@yandex.ru

SPIN-код: 2202-2494

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Для перехода от определенной по изображению лица человека совокупности двигательных единиц к базовой эмоции требуется обучение алгоритмов отнесения изображения к проявлению одной из базовых эмоций с определенной интенсивностью — так называемых классификаторов. В статье рассмотрена реализация классификаторов в MATLAB с помощью нечеткой импликации Сугено с использованием инструментального средства MATLAB Fuzzy Logic Toolbox. Применение MATLAB Fuzzy Logic Toolbox обладает определенной спецификой, которая определяет необходимость предварительной подготовки данных. В статье рассмотрены алгоритм построения системы нечеткого логического вывода, спецификация функции принадлежности треугольной формы, создание правил и способ дефазификации. Приведены примеры графического интерфейса инструментального средства MATLAB Fuzzy Logic Toolbox.

Ключевые слова

Эмоция, двигательные единицы, система кодирования лицевых движений, нечеткая логика, алгоритм Сугено, MATLAB Fuzzy Logic Toolbox

Поступила в редакцию 19.02.2018

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018

Введение. В настоящее время вопросы построения эффективных средств автоматической классификации двигательных единиц (ДЕ; англ. *Action Unit*, AU) по изображению лица достаточно активно рассматриваются как в отечественных, так и в зарубежных работах [1, 2]. Двигательные единицы, обнаруженные на изображении лица, позволяют определить базовую эмоцию, испытываемую человеком, на основе эмоциональной системы кодирования лицевых движений (ЭмСКЛиД; англ. *Emotional Facial Action Coding System*, Em-FACS), разработанной П. Экманом и У. Фризенном.

Целью данной работы является построение классификатора в MATLAB Fuzzy Logic Toolbox для определения эмоции по детектированным двигательным единицам.

Методы. В данной работе рассмотрено построение классификатора в MATLAB с использованием нечеткой логики. Основы теории нечеткой логики были разработаны Л. Заде [3–6]. В настоящее время теория нечетких множеств активно применяется в различных приложениях [7].

А.В. Леоненков перечисляет следующие основные алгоритмы нечеткого вывода [8]:

- алгоритм Мамдани (Mamdani);
- алгоритм Цукамото (Tsukamoto);
- алгоритм Ларсена (Larsen);
- алгоритм Сугено (Sugeno);
- упрощенный алгоритм нечеткого вывода.

В MATLAB Fuzzy Logic Toolbox реализованы только два алгоритма: алгоритм Мамдани и алгоритм Сугено. В силу большей вычислительной эффективности в настоящей работе рассмотрен алгоритм Сугено.

Алгоритм Сугено может быть описан следующим образом [9–11].

Предположим, что базу знаний образуют два нечетких правила:

П1: если x есть A_1 и y есть B_1 , то z есть C_1 ;

П2: если x есть A_2 и y есть B_2 , то z есть C_2 ,

где x и y — имена входных переменных; z — имя переменной вывода; $A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2$ — некоторые заданные функции принадлежности, при этом четкое знание z_0 необходимо определить на основании приведенной информации и четких знаний x_0, y_0 .

1. Нечеткость: находят степени истинности для предпосылок каждого правила:

$$A_1(x_0), A_2(x_0), B_1(y_0), B_2(y_0).$$

2. Нечеткий вывод: находят уровни «отсечения» для предпосылок каждого из правил (с использованием операции МИНИМУМ):

$$a_1 = A_1(x_0) \wedge B_1(y_0);$$

$$a_2 = A_2(x_0) \wedge B_2(y_0),$$

где через « \wedge » обозначена операция логического минимума (\min), затем находят индивидуальные выходы правил по формулам:

$$z_1^* = a_1 x_0 + b_1 y_0;$$

$$z_2^* = a_2 x_0 + b_2 y_0.$$

3. На третьем этапе определяют четкое значение переменной вывода:

$$z_0 = \frac{a_1 z_1^* + a_2 z_2^*}{a_1 + a_2}.$$

Входными данными программы служат набор двигательных единиц, найденных на изображении, и степень их интенсивности. Выходными данными будет являться степень выраженности эмоции, которую испытывает человек.

Обучение классификатора осуществлялось с использованием таблицы Пола Экмана. В данной таблице представлена совокупность двигательных единиц лица и эмоций, испытываемых человеком.

В качестве примера для примера рассмотрено определение базовой эмоции «удивление» в соответствии с ЭмСКЛИД. Для этой эмоции возможны следующие варианты сочетаний двигательных единиц: $1 + 2 + 5B$; $1 + 2 + 26$; $1 + 2 + 27$; $5B + 26$; $5B + 27$. Для каждого главного варианта эмоции был создан отдельный файл в MATLAB Fuzzy Logic Toolbox.

Далее рассмотрим один из главных вариантов ($1 + 2 + 5B$). Внешний вид графического интерфейса пользователя приложения Fuzzy Logic Toolbox при реализации рассматриваемого главного варианта представлен на рис. 1.

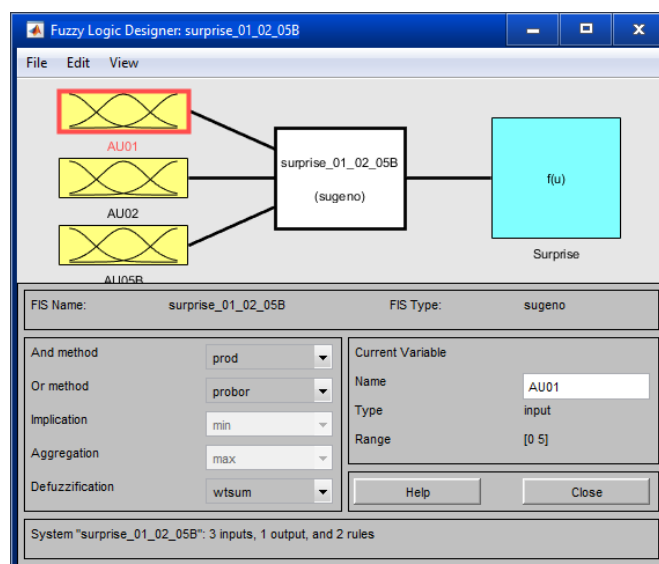


Рис. 1. Графический интерфейс приложения Fuzzy Logic Toolbox при реализации главного варианта $1 + 2 + 5B$

Каждой ДЕ соответствует своя функция принадлежности, которая ранжируется от 0 до 5, так же как и интенсивность наблюдаемой ДЕ. Все ДЕ были описаны с помощью треугольной функции принадлежности [12]. Данная функция была выбрана в связи с тем, что с ее помощью можно реализовать функцию принадлежности, которая равномерно возрастает или убывает к определенному значению интенсивности ДЕ. График функции принадлежности треугольной формы показан на рис. 2. В MATLAB Fuzzy Logic Toolbox данная функция принадлежности реализуется с помощью функции `trimf`.

В случае с AU01 и AU02 функция должна достигать наибольшего значения при наибольшем значении интенсивности ДЕ. Для задания подобной функции принадлежности требуется указать по порядку три значения: координату левого угла треугольника по оси абсцисс (значение 0 по оси ординат), координату вершины треугольника по оси абсцисс (значение 1 по оси ординат), координату

правого угла треугольника по оси абсцисс (значение 0 по оси ординат). Для получения равномерно возрастающей прямой от 0 до 5 значение координаты правого угла треугольника должно совпадать с его значением при вершине. Примеры функций принадлежности показаны на рис. 3 и 4.

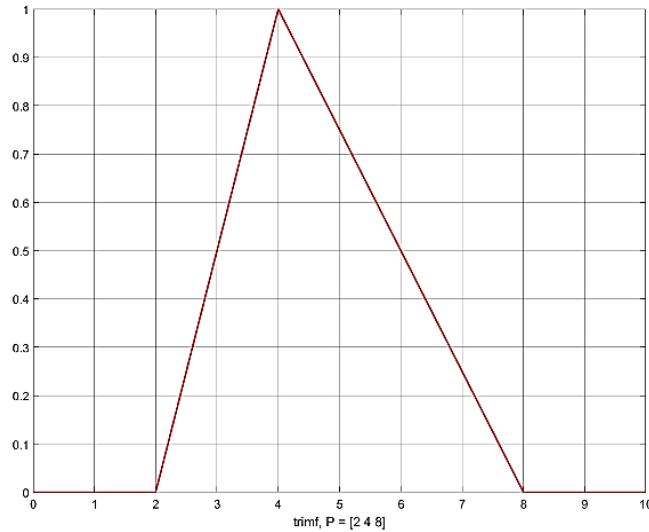


Рис. 2. Графики функции принадлежности треугольной формы (trimf)

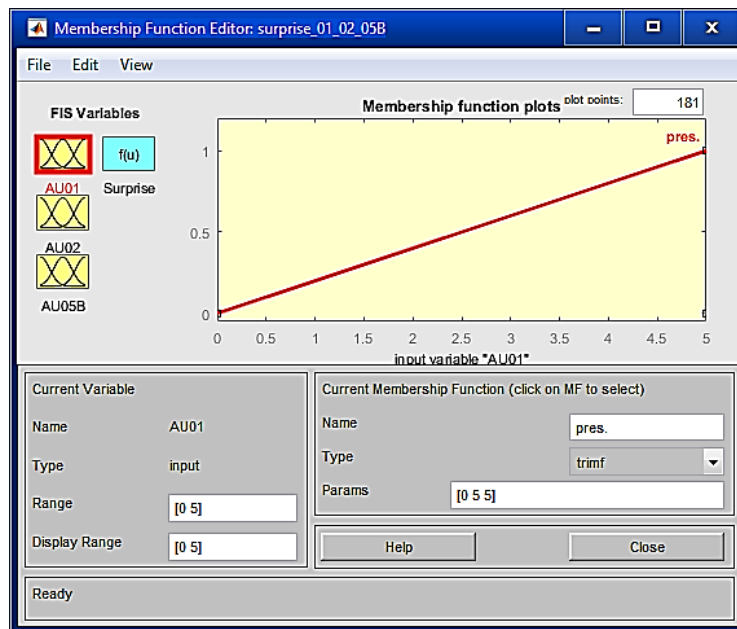


Рис. 3. Окно редактора функций принадлежности для AU01

Для AU05B функция принадлежности должна равняться единице при достижении ДЕ второй по силе интенсивности (B). Для остальных значений кроме 2

функция принадлежности будет равномерно уменьшаться при отдалении от значения 2 по интенсивности (рис. 5).

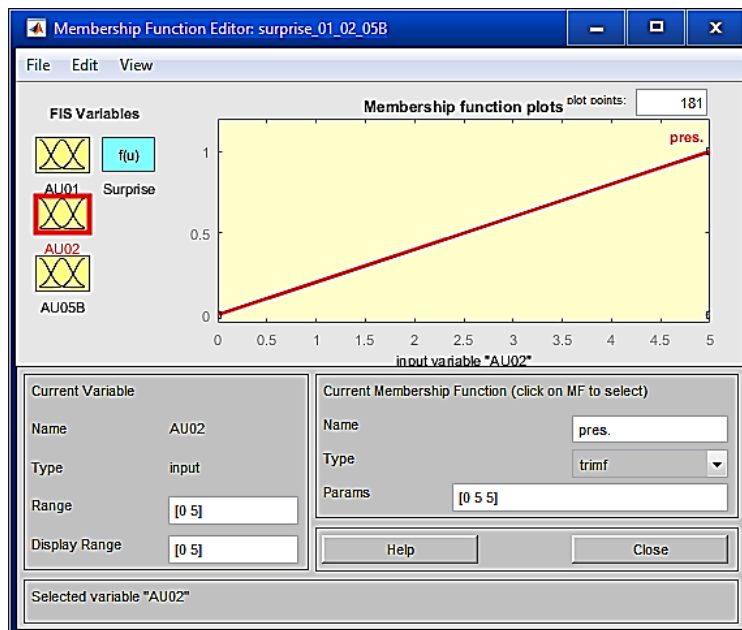


Рис. 4. Окно редактора функций принадлежности для AU02

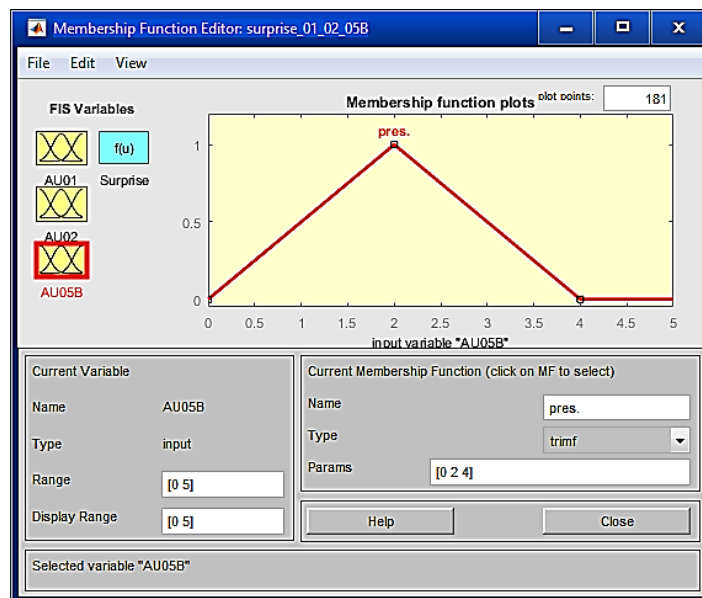


Рис. 5. Окно редактора функций принадлежности для AU05B

Выходная функция для эмоции «Surprise» может иметь только два значения: присутствие (англ. *presence* — pres.) и отсутствие (англ. *absence* — abs.) искомой эмоции (рис. 6).

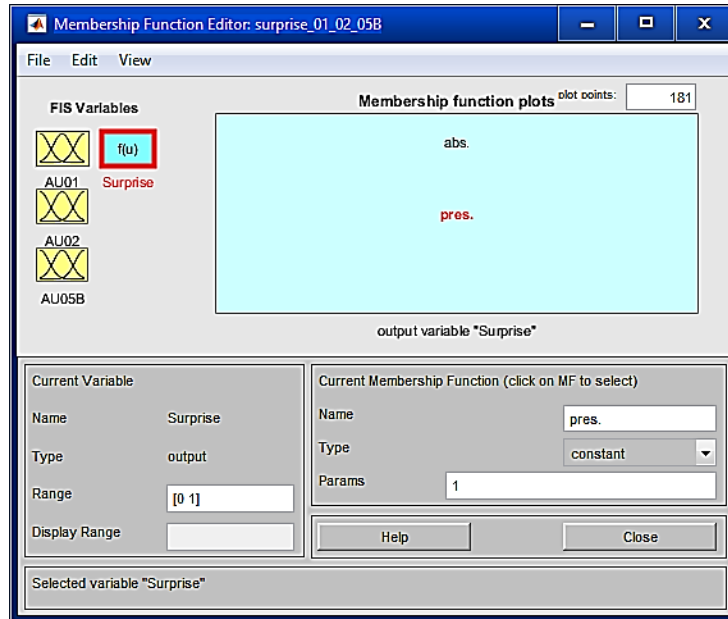


Рис. 6. Окно редактора выходной функций принадлежности Surprise

Для корректной работы системы в окне редактора правил были указаны два условия. Если наблюдаются все ДЕ, перечисленные в файле (1 + 2 + 5В), то система осуществляет расчет значения интенсивности эмоции. Дефазификация проводится с помощью функции *wtsum*. Если хотя бы одна из ДЕ, перечисленных в файле (1 + 2 + 5В), отсутствует, то система показывает отсутствие анализируемой эмоции. Окно редактора правил для файла 1+2+5В представлено на рис. 7.

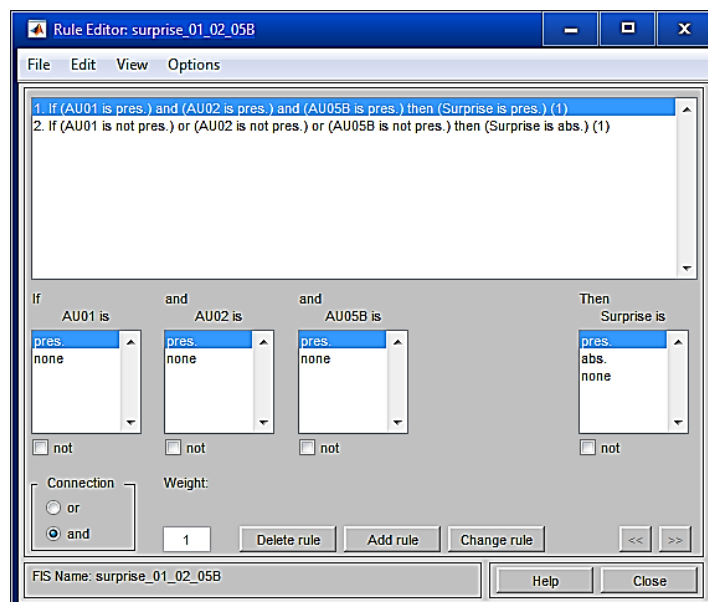


Рис. 7. Окно редактора правил для файла 1+2+5В

Результаты и обсуждение. В качестве примера рассмотрим результат работы программы для заданного набора входных значений интенсивности двигательных единиц:

- AU01 = 4;
- AU02 = 5;
- AU05B = 3.

Для указанных входных данных система присваивает выходной функции Surprise значение 0,4 (рис. 8).

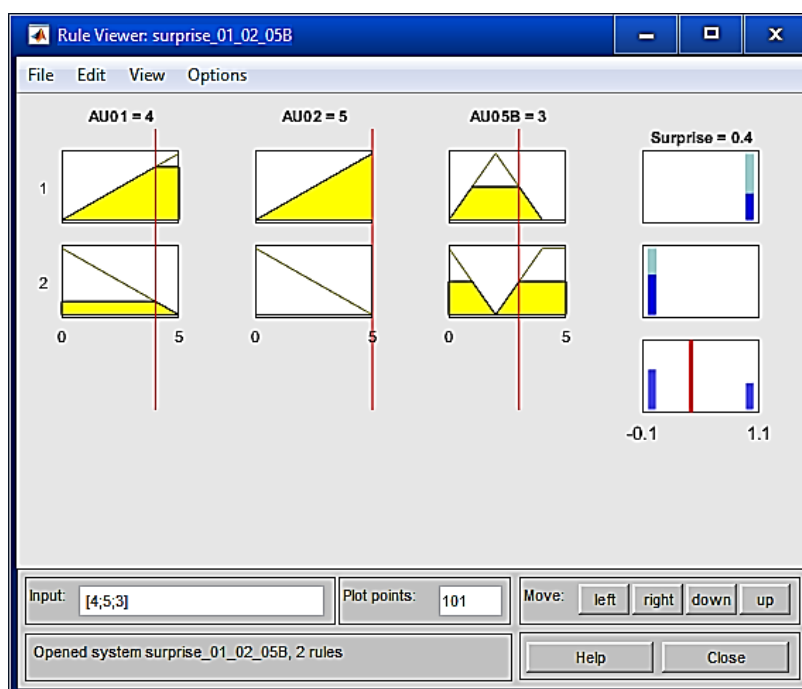


Рис. 8. Окно программы просмотра правил для файла 1 + 2 + 5B

Таким образом, построена система логического вывода, которая осуществляет корректное вычисление степени выраженности эмоции по заданным значениям интенсивности двигательных единиц.

Использование разработанного классификатора может помочь при разработке систем, связанных с распознаванием эмоций человека по изображению. Алгоритм Сугено позволяет более точно определить процент испытываемой человеком эмоции.

Заключение. Разработанный классификатор может быть использован при создании комплекса по распознаванию эмоций человека с помощью двигательных единиц.

Преимуществом создаваемого классификатора является возможность не только установления факта наличия или отсутствия определенной эмоции, но и вычисление степени ее интенсивности в диапазоне [0; 1].

Литература

- [1] Бойко А.А., Пилипенко М.Н., Спиридонов И.Н. Определение двигательных единиц по видеоизображению процесса психологического тестирования по методике Р.Б. Кеттела. *Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии (ФРЭМЭ'2016)*. Докл. XII межд. науч. конф. с научной молодежной сессией. Владимир, ВлГУ, 2016, с. 42–46.
- [2] Пилипенко М.Н., Латышева Е.Ю., Бойко А.А., Спиридонов И.Н. Исследование алгоритмов автоматического обнаружения двигательных единиц по изображению лица. *Биотехносфера*, 2016, № 6(48), с. 8–12.
- [3] Zadeh L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*, vol. 8, 1965, pp. 338–353.
- [4] Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences*, vol. 9, no. 1, pp. 43–80, Dec. 1975.
- [5] Заде Л. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений*. Москва, Мир, 1976, 167 с.
- [6] Zadeh L.A. Fuzzy logic. *Computer*, vol. 21, no. 4, 1988, pp. 83–93.
- [7] Kosko B. Fuzzy systems as universal approximators. *IEEE Transactions on Computers*, 1994, vol. 43, no. 11, pp. 1329–1333.
- [8] Леоненков А.В. *Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH*. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2003, 719 с.
- [9] Круглов В.В., Дли М.И. *Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода*. Москва, Физматлит, 2002, 227 с.
- [10] Sugeno M. Fuzzy measures and fuzzy integrals: a survey. In: *Fuzzy automata and decision processes*. North-Holland, 1977, pp. 89–102.
- [11] Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 15, no. 1, 1985, pp. 116–132.
- [12] Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. *Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы*. Москва, Горячая линия — Телеком, 2006, 452 с.

Штанский Алексей Дмитриевич — магистрант кафедры «Биомедицинские технические системы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Бойко Андрей Алексеевич, ассистент кафедры «Биомедицинские технические системы», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

USING THE SUGENO INDISTINCT IMPLICATION ALGORITHM FOR IDENTIFYING EMOTIONS BASED ON THE INFORMATION ON THE MOTOR UNITS

A.D. Shtanskiy

alex-shtan@yandex.ru

SPIN-code: 2202-2494

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

In order to proceed from the determined through the facial image motor units conjunction to the basic emotion it is required to teach the algorithms of referring the image to express one of the basic emotions with definite intensity — so called classifiers. The article considers the implementation of the MATLAB classifiers by means of the Sugeno indistinct implication using the MATLAB FuzzyLogicToolbox. The application of the MATLAB FuzzyLogicToolbox has certain specific features that determinate the need for prediction. The article examines the algorithm of constructing the fuzzy logic system, the specification of a triangular shape membership function, the rules development and the defuzzification methods. We provide examples of the MATLAB FuzzyLogicToolbox graphic interface.

Keywords

Emotion, motor units, Facial Action Coding System, fuzzy logic, Sugeno algorithm, MATLAB FuzzyLogicToolbox

© Bauman Moscow State Technical University, 2018

References

- [1] Boyko A.A., Pilipenko M.N., Spiridonov I.N. Opredelenie dvigatel'nykh edinit po videoizobrazheniyu protsessa psikhologicheskogo testirovaniya po metodike R.B. Kettela [Action units detection using video of psychological testing according to R.B. Cattell]. *Fizika i radioelektronika v meditsine i ekologii (FREME'2016). Dokl. XII mezhd. nauch. konf. s nauchnoy molodezhnoy sessiy* [Physics and radioelectronics in medicine and ecology (FREME'2016). Proc. XII Int. Conf. with Youth Session]. Vladimir, VIGU publ., 2016, pp. 42–46.
- [2] Pilipenko M.N., Latysheva E.Yu., Boyko A.A., Spiridonov I.N. Research of algorithms for action units' automatic detection using facial image. *Biotekhnosfera*, 2016, no. 6(48), pp. 8–12.
- [3] Zadeh L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*, vol. 8, 1965, pp. 338–353.
- [4] Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences*, vol. 9, 1975, pp. 43–80.
- [5] Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. ERL, 1973, 171 p. (Russ. ed.: Ponyatie lingvisticheskoy peremennoy i ego primeneniye k prinyatiyu priblizhennykh resheniy). Moscow, Mir publ., 1976, 167 p.
- [6] Zadeh L.A. Fuzzy logic. *Computer*, vol. 21, no. 4, 1988, pp. 83–93.
- [7] Kosko B. Fuzzy systems as universal approximators. *IEEE Transactions on Computers*, 1994, vol. 43, no. 11, pp. 1329–1333.
- [8] Leonenkov A.V. Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH [Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH]. Sankt-Petersburg, BKhV-Peterburg publ., 2003, 719 p.

- [9] Kruglov V.V., Dli M.I. *Intellektual'nye informatsionnye sistemy: komp'yuternaya podderzhka sistem nechetkoy logiki i nechetkogo vyvoda* [Intelligent information systems: computer support of fuzzy logic systems and fuzzy entering]. Moscow, Fizmatlit publ., 2002, 227 p.
- [10] Sugeno M. Fuzzy measures and fuzzy integrals: a survey. In: *Fuzzy automata and decision processes*. North-Holland, 1977, pp. 89–102.
- [11] Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 15, no. 1, 1985, pp. 116–132.
- [12] Rutkovskaya D., Pilin'skiy M., Rutkovskiy L. *Neyronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy* [Neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems]. Moscow, Goryachaya liniya — Telekom publ., 2006, 452 p.

Shtanskiy A.D. — Master's Degree Student, Department of Biomedical Engineering Systems, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — A.A. Boyko, Assistant, Department of Biomedical Engineering Systems, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.