Identyfikacja twarzy z wykorzystaniem

Sztucznych Sieci Neuronowych oraz PCA

Michał Pieróg

pierogmichal@gmail.com

Jakub Jaśkowiec

qbajas@gmail.com

Abstrakt— Identyfikacja twarzy jest zadaniem polegającym na weryfikacji tożsamości danej osoby z wykorzystaniem zdjęć jej twarzy. Proces identyfikacji może być użyty w różnych biometrycznych systemach bezpieczeństwa. W niniejszym artykule przedstawiono proces identyfikacji twarzy wykorzystujący sztuczną sieć neuronową typu Feed Forwad oraz statystyczną metodę PCA (Principal Component Analysis). Zdjęcia wejściowe zostały poddane wstępnej filtracji i prostej segmentacji, następnie zredukowano rozmiar danych przy użyciu PCA. Kolejnym krokiem była klasyfikacja przy użyciu sieci neuronowej. Przeprowadzono testy z różnymi parametrami PCA oraz sieci, uzyskując stosunkowo dużą skuteczność identyfikacji dla zbioru testowego, składającego się z 2200 zdjęć w skali szarości.

Słowa kluczowe- identyfikacja twarzy; Sztuczne Sieci Neuronowe; PCA; Back Propagation; Resillent Propagation

# Wstęp

Burzliwy rozwój techniki umożliwił znaczący postęp w dziedzinie bezpieczeństwa. Dlatego coraz większą uwagę naukowców przyciągają biometryczne systemy identyfikacji, szczególnie te oparte na automatycznym rozpoznawaniu twarzy.  Identyfikacja osób na podstawie twarzy jest jedną z ważniejszych gałęzi w przetwarzaniu obrazów. Prawdziwym wyzwaniem jest stworzenie automatycznego systemu, który mógłby dorównać ludzkiej zdolności rozpoznawania twarzy.

Nie poznano dokładnie mechanizmu pozwalającego ludziom w szybki sposób rozpoznawać twarze. Chociaż ludzie radzą sobie bardzo dobrze z rozpoznawaniem znanych twarzy, nie są oni w stanie poradzić sobie z dużymi ilościami twarzy nieznanych. Komputery z ogromną pamięcią i mocą obliczeniową mogłyby przezwyciężyć te ograniczenia.

Głównym problemem związanym z identyfikacją twarzy         jest          sposób jej reprezentacji.  
Istnieją 2 główne metody identyfikacji twarzy. Algorytmy feature-based opierają się na ekstrakcji wektorów cech charakterystycznych części twarzy takich jak oczy, nos i usta wykorzystując zaawansowane modele matematyczne i elastyczne modele kształtu. Najczęściej wykorzystywanymi metodami feature-besed są Elastic Bunch Graph Matching (EBGM) [M1] oraz Active Appearance Model (AAM) [M2].

Metody holistyczne oparte są z kolei na statystyce. Cała twarz rzutowana jest na nową przestrzeń, w której może być opisana wektorem o znacznie mniejszej długości niż w oryginalnej przestrzeni obrazu. Najczęściej wykorzystywanymi metodami holistycznymi w systemach identyfikacji twarzy są Principal Component Analysis (PCA) [M3] oraz Linear Discriminant Analysis (LDA) [M4].

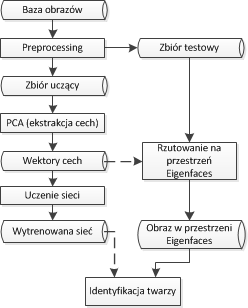
# Proponowane rozwiązanie

W proponowanym systemie skupiono się wyłącznie na etapie identyfikacji twarzy.  Założono, że zarówno zdjęcia znajdujące się w bazie danych jak i zdjęcia do identyfikacji zostały poddane obróbce i posiadają odpowiednie parametry.  Podany proces należy rozpatrywać, jako komponent pewnego, bardziej złożonego systemu rozpoznawania twarzy.

Pierwszy etap identyfikacji polega na wstępnym przetworzeniu obrazów.  Jego celem jest przeskalowanie i przycięcie zdjęć do odpowiednich rozmiarów oraz częściowe usunięcie szumów. Preprocessing bazy danych wykonywany jest w trybie offline, zdjęcia przygotowywane są z wyprzedzeniem, zanim zostaną wykorzystane. Zdjęcia, które będą poddane identyfikacji również muszą przejść wcześniej etap preprocessingu, nie jest on wykonywany w trakcie identyfikacji, gdyż wydłuża czas działania systemu i wprowadza dodatkowe utrudnienia.

Kolejnym krokiem jest przygotowanie danych dla sztucznej sieci neuronowej. Zdjęcia w bazie danych poddawane są analizie PCA, która jest popularną statystyczną metodą wyszukiwania wzorców w wielowymiarowych danych. Redukcja wymiarów przy użyciu PCA jest przeprowadzana w celu zmniejszenia rozmiaru danych wejściowych, usunięcia danych nadmiarowych oraz ekstrakcji cech najlepiej opisujących twarze. Rozmiar wektora wyjściowego może być regulowany, co pozwala na ścisłą kontrolę redukcji danych. Analiza PCA jest zadaniem o dużej złożoności obliczeniowej, pamięciowej i czasowej. Wystarczające jest przeprowadzanie analizy tylko w przypadku zmiany bazy obrazów, dlatego raz obliczone współczynniki PCA są zapisywane w bazie i mogą być wykorzystane w późniejszych etapach identyfikacji, bez konieczności przeprowadzania czasochłonnych obliczeń.

Po wstępnym przetworzeniu danych następuje klasyfikacja twarzy. Wektory własne twarzy, tzw. Eigenfaces stanowią wejście dla sztucznej sieci neuronowej. Sieć jest trenowana z wykorzystaniem algorytmu Back Propagation lub Resillent Propagation. Po fazie treningu można przystąpić do identyfikacji twarzy. Każdy neuron wyjściowy z sieci odpowiada jednej osobie w bazie, wygrywa neuron o najwyższej wartości na wyjściu. Wprowadzono jednak dodatkowy parametr będący progiem. Jeżeli wartość żadnego neuronu nie przekroczy wartości progowej uznaje się, że wektor wejściowy nie opisuje twarzy żadnej osoby znajdującej się w bazie. Przebieg procesu identyfikacji przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1 Proces identyfikacji. Linie ciągłe- wejście/wyjście procesu. Linie przerywane- wykorzystanie komponentu w procesie.

## Przetwarzanie wstępne obrazów

Zdjęcia w dostępnej bazie nie mogły być wykorzystane w systemie bez wstępnej obróbki. Były one zaszumione, a twarz nie była wyśrodkowana. Ponadto zdjęcia zawierały duży obszar tła. Czynniki te mogłyby wpłynąć negatywnie na skuteczność systemu, dlatego zdjęcia zostały poddane prostemu przetwarzaniu wstępnemu. Etap preprocessingu został zaimplementowany z wykorzystaniem bibliotek Java Advanced Imaging (JAI) [M5]. W celu zredukowania szumów użyto kilkukrotnej filtracji medianowej, z małą maską. Filtr medianowy bardzo dobrze usuwa zakłócenia typu sól-pieprz oraz w bardzo małym stopniu wpływa negatywnie na krawędzie obrazu powodując tylko minimalne rozmycie obrazu [M6].

Po usunięciu zakłóceń następuje przycięcie obrazu. Zdjęcia przycinane są z góry i z dołu przy użyciu stałego marginesu, dlatego nie jest to rozwiązanie uniwersalne i sprawdza się tylko dla wykorzystanej bazy. Przycięcie boków zdjęcia z wykorzystaniem stałych, ustalonych współrzędnych krawędzi było niemożliwe, gdyż twarze miały różne położenia na zdjęciach. Aby wyciąć poprawnie twarz należy ustalić jej lokalizację. Przy użyciu filtru Prewitt’a [M7] wykryto krawędzie na obrazie, następnie obraz poddano binaryzacji ze stałym progiem oraz operacji morfologicznego zamknięcia [M8], dzięki czemu uzyskano stosunkowo dobry kontur twarzy. Kolejnym krokiem było już wyznaczenie maksymalnej i minimalnej współrzędnej *X* otrzymanego konturu, która posłużyła do przycięcia obrazu. Kolejne kroki preprocessingu przedstawiono na rys. 2.



1. b) c) d)

Rys 2. Obraz w kolejnych etapach preprocessingu, a- obraz wejściowy, b- obraz przetworzony operatorem Prewitt’a, c- obraz zbinaryzowany, d- przycięty obraz wyjściowy

## Principal Component Analysis

Principal Component Analysis (ang. Analiza Głównych Składowych) opiera się na transformacji Karhunena*-*Loévego [M9]. Dla danego s-wymiarowego wektora wejściowego, reprezentującego twarz w zbiorze testowym, PCA poszukuje t-wymiarowej podprzestrzeni, której wektory bazowe odpowiadają kierunkom maksymalnych wariancji w przestrzeni obrazu wejściowego. Nowa podprzestrzeń cechuje się zazwyczaj znacznie mniejszymi wymiarami (t<<s), co pozwala na dobrą redukcję danych wejściowych.

Analizę PCA zaimplementowano z wykorzystaniem biblioteki Efficient Java Matrix Library (EJML) [M10]. Pierwszym krokiem jest obliczenie uśrednionego obrazu twarzy. Średnia jest obliczana dla każdego piksela obrazu osobno, tj.





Gdzie:

Pj – wartość piksela o numerze j

n –liczba obrazów wejściowych

m– rozmiar obrazu

j– numer piksela

i– numer obrazu

xij– wartość piksela o numerze j w obrazie wejściowym i

Uśredniony obraz twarzy ze zbioru testowego został przedstawiony na rys. 3.

Kolejnym krokiem algorytmu jest obliczenie wektorów różnic pomiędzy obrazami wejściowymi a obrazem średnim. Z wektorów różnic tworzona jest macierz A, która podlega dekompozycji SVD [M11], w wyniku, której możemy otrzymać macierz komponentów wiodących. Jest to macierz prostokątna o wymiarze n x m, gdzie n jest liczbą obrazów wejściowych, a m ilością pikseli w obrazie. Możemy dokonać redukcji danych poprzez odrzucenie składowych o małym znaczeniu, odrzucając wiersze o wysokich numerach. W praktyce nie ma ograniczenia na stopień redukcji danych, jednak im więcej komponentów wiodących zostanie odrzuconych, tym mniejsza skuteczność działania systemu. Dekompozycja SVD jest najbardziej złożoną pamięciowo i obliczeniowo operacją w systemie, co powodowało wiele problemów związanych z niewystarczającymi zasobami sprzętowymi.

Rys. 3 Twarz uśredniona



## Sieć neuronowa

The equations are an exception to the prescribed specifications of this template. You will need to determine whether or not your equation should be typed using either the Times New Roman or the Symbol font (please no other font). To create multileveled equations, it may be necessary to treat the equation as a graphic and insert it into the text after your paper is styled.

Number equations consecutively. Equation numbers, within parentheses, are to position flush right, as in (1), using a right tab stop. To make your equations more compact, you may use the solidus ( / ), the exp function, or appropriate exponents. Italicize Roman symbols for quantities and variables, but not Greek symbols. Use a long dash rather than a hyphen for a minus sign. Punctuate equations with commas or periods when they are part of a sentence, as in

    

Note that the equation is centered using a center tab stop. Be sure that the symbols in your equation have been defined before or immediately following the equation. Use “(1)”, not “Eq. (1)” or “equation (1)”, except at the beginning of a sentence: “Equation (1) is . . .”

## Some Common Mistakes

* The word “data” is plural, not singular.
* The subscript for the permeability of vacuum 0, and other common scientific constants, is zero with subscript formatting, not a lowercase letter “o”.
* In American English, commas, semi-/colons, periods, question and exclamation marks are located within quotation marks only when a complete thought or name is cited, such as a title or full quotation. When quotation marks are used, instead of a bold or italic typeface, to highlight a word or phrase, punctuation should appear outside of the quotation marks. A parenthetical phrase or statement at the end of a sentence is punctuated outside of the closing parenthesis (like this). (A parenthetical sentence is punctuated within the parentheses.)
* A graph within a graph is an “inset”, not an “insert”. The word alternatively is preferred to the word “alternately” (unless you really mean something that alternates).
* Do not use the word “essentially” to mean “approximately” or “effectively”.
* In your paper title, if the words “that uses” can accurately replace the word “using”, capitalize the “u”; if not, keep using lower-cased.
* Be aware of the different meanings of the homophones “affect” and “effect”, “complement” and “compliment”, “discreet” and “discrete”, “principal” and “principle”.
* Do not confuse “imply” and “infer”.
* The prefix “non” is not a word; it should be joined to the word it modifies, usually without a hyphen.
* There is no period after the “et” in the Latin abbreviation “et al.”.
* The abbreviation “i.e.” means “that is”, and the abbreviation “e.g.” means “for example”.

An excellent style manual for science writers is [7].

# Using the Template

After the text edit has been completed, the paper is ready for the template. Duplicate the template file by using the Save As command, and use the naming convention prescribed by your conference for the name of your paper. In this newly created file, highlight all of the contents and import your prepared text file. You are now ready to style your paper; use the scroll down window on the left of the MS Word Formatting toolbar.

## Authors and Affiliations

The template is designed so that author affiliations are not repeated each time for multiple authors of the same affiliation. Please keep your affiliations as succinct as possible (for example, do not differentiate among departments of the same organization). This template was designed for two affiliations.

### For author/s of only one affiliation (Heading 3): To change the default, adjust the template as follows.

#### Selection (Heading 4): Highlight all author and affiliation lines.

#### Change number of columns: Select the Columns icon from the MS Word Standard toolbar and then select “1 Column” from the selection palette.

#### Deletion: Delete the author and affiliation lines for the second affiliation.

#### For author/s of more than two affiliations: To change the default, adjust the template as follows.

#### Selection: Highlight all author and affiliation lines.

#### Change number of columns: Select the “Columns” icon from the MS Word Standard toolbar and then select “1 Column” from the selection palette.

#### Highlight author and affiliation lines of affiliation 1 and copy this selection.

#### Formatting: Insert one hard return immediately after the last character of the last affiliation line. Then paste down the copy of affiliation 1. Repeat as necessary for each additional affiliation.

#### Reassign number of columns: Place your cursor to the right of the last character of the last affiliation line of an even numbered affiliation (e.g., if there are five affiliations, place your cursor at end of fourth affiliation). Drag the cursor up to highlight all of the above author and affiliation lines. Go to Column icon and select “2 Columns”. If you have an odd number of affiliations, the final affiliation will be centered on the page; all previous will be in two columns.

## Identify the Headings

Headings, or heads, are organizational devices that guide the reader through your paper. There are two types: component heads and text heads.

Component heads identify the different components of your paper and are not topically subordinate to each other. Examples include Acknowledgments and References and, for these, the correct style to use is “Heading 5”. Use “figure caption” for your Figure captions, and “table head” for your table title. Run-in heads, such as “Abstract”, will require you to apply a style (in this case, italic) in addition to the style provided by the drop down menu to differentiate the head from the text.

Text heads organize the topics on a relational, hierarchical basis. For example, the paper title is the primary text head because all subsequent material relates and elaborates on this one topic. If there are two or more sub-topics, the next level head (uppercase Roman numerals) should be used and, conversely, if there are not at least two sub-topics, then no subheads should be introduced. Styles named “Heading 1”, “Heading 2”, “Heading 3”, and “Heading 4” are prescribed.

## Figures and Tables

### Positioning Figures and Tables: Place figures and tables at the top and bottom of columns. Avoid placing them in the middle of columns. Large figures and tables may span across both columns. Figure captions should be below the figures; table heads should appear above the tables. Insert figures and tables after they are cited in the text. Use the abbreviation “Fig. 1”, even at the beginning of a sentence.

1. Table Type Styles

| Table Head | Table Column Head | | |
| --- | --- | --- | --- |
| Table column subhead | Subhead | Subhead |
| Copy | More table copya |  |  |

a. Sample of a Table footnote. (Table footnote)

1. Example of a figure caption. (figure caption)

We suggest that you use a text box to insert a graphic (which is ideally a 300 dpi TIFF or EPS file, with all fonts embedded) because, in an MSW document, this method is somewhat more stable than directly inserting a picture.

To have non-visible rules on your frame, use the MSWord “Format” pull-down menu, select Text Box > Colors and Lines to choose No Fill and No Line.

Figure Labels: Use 8 point Times New Roman for Figure labels. Use words rather than symbols or abbreviations when writing Figure axis labels to avoid confusing the reader. As an example, write the quantity “Magnetization”, or “Magnetization, M”, not just “M”. If including units in the label, present them within parentheses. Do not label axes only with units. In the example, write “Magnetization (A/m)” or “Magnetization {A[m(1)]}”, not just “A/m”. Do not label axes with a ratio of quantities and units. For example, write “Temperature (K)”, not “Temperature/K”.

##### Acknowledgment (Heading 5)

The preferred spelling of the word “acknowledgment” in America is without an “e” after the “g”. Avoid the stilted expression, “One of us (R. B. G.) thanks . . .” Instead, try “R. B. G. thanks”. Put sponsor acknowledgments in the unnum-bered footnote on the first page.

##### References

The template will number citations consecutively within brackets [1]. The sentence punctuation follows the bracket [2]. Refer simply to the reference number, as in [3]—do not use “Ref. [3]” or “reference [3]” except at the beginning of a sentence: “Reference [3] was the first . . .”

Number footnotes separately in superscripts. Place the actual footnote at the bottom of the column in which it was cited. Do not put footnotes in the reference list. Use letters for table footnotes.

Unless there are six authors or more give all authors' names; do not use “et al.”. Papers that have not been published, even if they have been submitted for publication, should be cited as “unpublished” [4]. Papers that have been accepted for publication should be cited as “in press” [5]. Capitalize only the first word in a paper title, except for proper nouns and element symbols.

For papers published in translation journals, please give the English citation first, followed by the original foreign-language citation [6].

1. L. Wiskott, J.M. Fellous, N. Kruger, C. von der Malsburg,“Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching,” Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, eds. L.C. Jain et al., publ. CRC Press, ISBN 0-8493-2055-0, Chapter 11, pp. 355-396, (1999).
2. T.F. Cootes, K. Walker, C.J. Taylor, “View-Based Active Appearance Models,” IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 26-30 March 2000, pp. 227-232.
3. M.A. Turk, A.P. Pentland, “Face Recognition Using Eigenfaces,” IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 3-6 June 1991, pp. 586-591
4. K. Etemad, R. Chellappa, “Discriminant Analysis for Recognition of Human Face Images,” Journal of the Optical Society of America A, Vol. 14, No. 8, August 1997, pp. 1724-1733
5. R. Gonzalez and R. Woods, “Digital image processing,” 2nd  edition, Prentice Hall, 2002. Chap 4 Sec 4.3, 4.4; Chap 5 Sec 5.1 – 5.3
6. http://java.sun.com/javase/technologies/desktop/media/jai/
7. R. Maini and H. Aggarwa, “Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques,” International Journal of Image Processing (IJIP), vol. 3
8. **R. Haralick and L. Shapiro,** “Computer and Robot Vision,” Vol. 1, Addison-Wesley Publishing Company, 1992, pp 174 - 185.
9. A. Levy and M. Lindenbaum, “Sequential Karhunen–Loeve Basis Extraction and its Application to Images,” IEEE Transactions on image processing, Vol.9, No. 8
10. <http://code.google.com/p/efficient-java-matrix-library/>
11. J. Demmel and W. Kahan (1990). “Accurate singular values of bidiagonal matrices,” *Journal on Scientific and Statistical Computing*