

WPROWADZENIE DO ANALIZY OBRAZU W PROCESIE DETEKCJI I IDENTYFIKACJI TWARZY

Aleksandra BOBCOW¹, Mariusz DĄBKOWSKI²

1. Politechnika Gdańska, Studium Doktoranckie przy Wydział Elektrotechniki i Automatyki
tel: (0-58) 347 12 70 fax: (0-58) 347 24 87 e-mail: a.bobcow@ely.pg.gda.pl
2. Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, Katedra Automatyki
tel: (0-58) 347 12 70 fax: (0-58) 347 24 87 e-mail: m.dabkowski@ely.pg.gda.pl

Streszczenie: Opisano proces analizy obrazu na podstawie biometrycznych metod rozpoznawania twarzy. Przedstawiono algorytm detekcji oraz identyfikacji człowieka na podstawie punktów charakterystycznych twarzy oraz opisano szczegółowo jego etapy. Zdefiniowano pojęcia: biometria, proces pomiaru biometrycznego, analiza obrazu. Przedstawiono wybrane, istniejące systemy monitoringu wykorzystujące algorytmy wypracowane na podstawie biometrycznych cech twarzy. Przedstawiono dyskusję zalet oraz wad aplikacji.

Słowa kluczowe: analiza obrazu, biometria, identyfikacja twarzy.

1. WPROWADZENIE

Jednym z najważniejszych zmysłów człowieka jest wzrok. Dzięki niemu możliwy jest odbiór obrazu otaczającego nas świata. Inspiracja możliwościami ludzkiego mózgu przyczyniła się do stworzenia sztucznych sieci neuronowych. Sztuczna inteligencja zaś umożliwiła rozwój biometryki. Do niedawna identyfikacji człowieka dokonywało się na podstawie dokumentów bądź też informacji zapamiętanej na kartach magnetycznych. Automatyczne systemy wizualizacji, wykorzystanie pomiaru biometrycznego oraz stosowanie metod analizy obrazu pozwoliły na rozpoznanie osób na podstawie ich cech charakterystycznych.

2. BIOMETRIA

Biometria jest nauką zajmującą się zastosowaniem metod statystyki matematycznej w biologii, przede wszystkim do analizy danych liczbowych oraz do testowania modeli matematycznych i hipotez teoretycznych dotyczących zmienności organizmów [1]. Proces pomiaru biometrycznego zapewnia dostarczenie fizycznych sygnałów wejściowych, jako strumienia danych cyfrowych, które można poddać analizie programowej. Dane uzyskane w wyniku analizy obrazu stanowią podstawę podjęcia decyzji. Metody biometryczne zajmują się pomiarem i selekcją indywidualnych, fizjologicznych lub behawioralnych cech organizmów żywych, a także

udoskonalaniem metod pomiaru i wyboru najbardziej niepowtarzalnych osobniczo parametrów [2].

3. ANALIZA OBRAZU

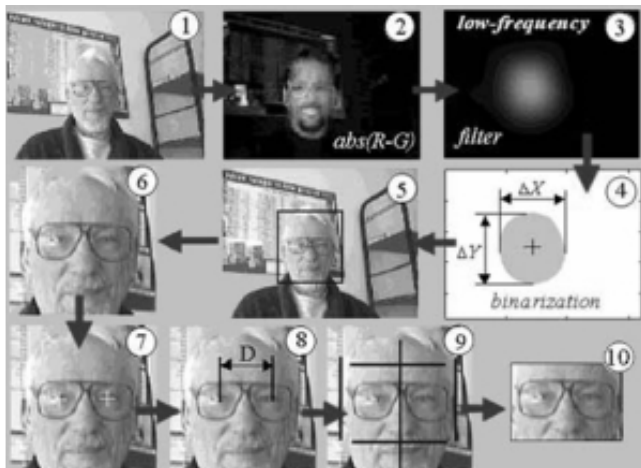
Analiza obrazu jest procesem, który polega na wyodrębnieniu z informacji wizualnej (np. zdjęcia, nagrania z monitoringu) tej części, która jest istotna z punktu widzenia użytkownika lub procesu. W przypadku identyfikacji twarzy najważniejszym elementem jest odnalezienie na złożonym obrazie konkretnego człowieka, odseparowanie go z tłumy, następnie wyodrębnienie obszaru twarzy oraz skomplikowany proces odpowiedniego przygotowanie obrazu do dalszej analizy.

3.1. Etapy analizy obrazu

Analiza obrazu jest procesem niezwykle skomplikowanym. Pierwszym i decydującym etapem analizy obrazu jest odpowiednie zinterpretowanie obrazu zarejestrowanego przez urządzenie wejściowe (np. kamerę). Na obrazie może zostać zarejestrowanych wiele twarzy ludzkich oraz obiekty przypominające twarz ludzką – zarówno kształtem jak i kolorem – na przykład uniesiona dłoń. Należy także wykluczyć możliwość zlokalizowania twarzy ludzkiej na rysunku, zdjęciu z gazety, czy kartach. System musi umieć rozróżnić struktury podobne do twarzy ludzkiej i odrzucić je nie powodując przy tym straty obiektów będących twarzami. Proces lokalizacji twarzy przedstawiony na rysunku 1 składa się z 10 kroków:

- Krok 1 – przykładowy sposób lokalizacji twarzy na obrazie uzyskanym z kamery cyfrowej,
- Krok 2 – kadr z kroku 1 po obliczeniu wartości bezwzględnej różnicy składowej czerwonej (R) oraz zielonej (G),
- Krok 3 – obraz uzyskany poprzez zastosowanie filtru dolnoprzepustowego,
- Krok 4 – następnie została zastosowana binaryzacja,

- Krok 5 – na przygotowanym, oczyszczonym z zakłóceń obrazie określona została ramka otaczająca poszukiwaną część twarzy,
- Krok 6 – kolejny etap polega na wyodrębnieniu ramki z obrazu oraz odpowiednie jej przeskalowanie,
- Krok 7 – dokonywana jest lokalizacja oraz wyodrębnienie z obrazu oczu,
- Krok 8 – obliczana jest odległość pomiędzy oczami, D ,
- Krok 9 – znając odległość D uzyskuje się oś symetrii twarzy,
- Krok 10 – w celu przyspieszenia obliczeń oraz zmniejszenia zajmowanego na dysku miejsca można wyodrębnić jedynie część twarzy, które będzie poddawana dalszej obróbce.



Rys. 1. Etapy analizy obrazu – lokalizacja twarzy [3]

Podczas procesu lokalizacji twarzy wykorzystywane są etapy normalizacyjne polegające na zastosowaniu odpowiednich filtrów, przekształceniach geometrycznych, przesunięciach, skalowaniu oraz obrotach obrazu.

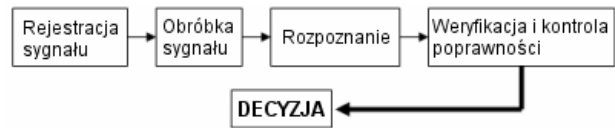
Kolejnym etapem analizy po lokalizacji twarzy jest wyodrębnienie z nich punktów charakterystycznych, takich jak: oczy, linia brwi, kąciaki ust, całe usta, nos i inne, w zależności od wykorzystywanego później algorytmu identyfikacji twarzy.

4. IDENTYFIKACJA TWARZY

Twarz ludzka charakteryzuje się dużą indywidualnością. Jednak przy pozyskiwaniu kilku obrazów dla tej samej twarzy (w różnym czasie) trudno uzyskać podobne warunki (różnice w oświetleniu, położeniu głowy, tle itp.). System identyfikacyjny musi wyodrębnić twarz z obrazu i zidentyfikować ją poprzez porównanie z obrazami zgromadzonymi w bazie danych. Proces działania systemu rozpoznawania twarzy można podzielić na cztery podstawowe etapy (rys. 2):

- pozyskanie obrazu z urządzenia wejściowego (np. kamery cyfrowej),
- obróbka wstępnej pozyskanego obrazu (detekcja twarzy na obrazie, normalizacja obrazu i etapy mające za zadanie przyspieszyć rozpoznawanie - uproszczenie obliczeń, redukcja przestrzeni cech),

- rozpoznanie (np. metodą metryki L0) [6],
- weryfikacja i kontrola poprawności (potwierdzenie wyników wcześniejszego rozpoznawania innym algorytmem rozpoznawania),



Rys. 2. Etapy działania systemu identyfikacyjnego

Każda z poszczególnych faz charakteryzuje się inną grupą problemów.

Na etapie pozyskanie obrazu twarzy z urządzenia wejściowego należy dążyć do tego, żeby warunki, w jakich pozyskuje się obrazy twarzy były jak najbardziej zbliżone do warunków, w jakich pozyskiwano obrazy przy budowie bazy danych. Najwięcej problemów dostarcza tu odpowiednie ustawienie i oświetlenie kamery.

Obróbka wstępna polega na detekcji twarzy na obrazie za pomocą różnych metod normalizacji obrazu - pozbyciu się rotacji, przemieszczenia i przeskalowania obrazu. Wykonuje się również etapy mające za zadanie przyspieszenie rozpoznawania - uproszczenie obliczeń, redukcję przestrzeni cech. Należy dążyć w tym etapie także do eliminacji zakłóceń powodowanych przez: zmiany w wyglądzie (okulary, zmiana fryzury, zarost), wpływ oświetlenia (rozkład cieni, intensywność światła, kierunek padania promieni świetlnych), szum i różnorodne tło.

Rozpoznanie polega na porównaniu obrazu wejściowego z obrazami przechowywanymi w bazie danych i stwierdzeniu, czy obraz wejściowy ma swój odpowiednik w bazie danych. Głównym problemem jest tu wybór właściwych algorytmów rozpoznawania.

Etap weryfikacji i kontroli poprawności ma za zadanie dążyć do jak najmniejszej procentowo liczby błędnych decyzji podejmowanych przez system. System identyfikacyjny może generować trzy rodzaje podstawowych błędów [4]:

- błąd fałszywego odrzucenia – obraz twarzy posiadający wzorec w danej bazie danych zostaje nierozpoznany i odrzucony jako obraz nie posiadający swojej reprezentacji,
- błąd błędnej klasyfikacji – obraz twarzy posiadający wzorec w bazie danych zostaje błędnie przypisany do innego wzorca z bazy,
- błąd fałszywej akceptacji – obraz twarzy nie posiadający wzorca w bazie danych zostaje błędnie przypisany do zawartego tam wzorca.

4.1. Systemy identyfikacji twarzy

4.1.1. System typu Visitor Identification [5]

System rozpoznawania czasu rzeczywistego Visitor Identification rozwiązuje zadania identyfikacji osób w oparciu o obraz ich twarzy (na przykład identyfikacja osób czekających na wpuszczenie do posesji czy biura, weryfikacja osób wizytujących portal w Internecie, rozpoznawanie częstych gości w sklepie itp.). Główną

cechą charakterystyczną tych systemów jest uproszczenie implementacji w celu działania w czasie rzeczywistym. Najwięcej problemów dostarcza współpraca z kamerą cyfrową mającą za zadanie zapewnić pracę systemu w czasie rzeczywistym. Skuteczne rozpoznawanie twarzy przez taki system wymaga rozwiązania następujących problemów:

- zlokalizowanie obszaru obrazu zawierającego twarz jednej osoby, wyodrębnienie jej z tła, z otoczenia innych twarzy,
- wybranie najważniejszych, zawierających najwięcej informacji części twarzy (na przykład obszar od linii brwi do podbródka),
- przekształcenie pobranego obrazu do obrazu równoważnego obrazom zgromadzonym w bazie danych,
- eliminacja wpływ obrotu, skali i przesunięcia,
- eliminacja wpływu mimiki, ucieszenia i innych cech (na przykład noszenie okularów, kolczyków itp.),
- eliminacja nieprawidłowego wpływu oświetlenia (oświetlenie kierunkowe, zbyt mocne, słabe itp.).

Systemy te używają bazy danych przechowującej wiele obrazów tej samej twarzy. Nie jest jednak możliwe przewidzenie wszystkich sytuacji w prawdziwym życiu (różnych typów oświetlenia czy pozycji głowy.), dlatego istniejące systemy rozpoznawania twarzy nie dają nam 100% pewności.

4.1.2. Systemy klasy „Name-It” [6]

Do zadań klasy „Name-It” należy rozpoznawanie osoby lub kilku osób znajdujących się w kadrze telewizyjnym programów informacyjnych wykonywane również w czasie rzeczywistym.

4.1.3. System FaReS-Mod® [6]

System FaReS-Mod® przeznaczony jest do projektowania zadań i rozwiązywania problemów rozpoznawania twarzy. System pracuje w środowisku Windows na komputerach klasy PC. System pozwala podłączyć się do wybranej bazy danych składającej się z dowolnej liczby klas i liczby obrazów w klasie. Możliwe jest również dowolne podzielenie wybranych obrazów na bazowe i testowe. System FaReS-Mod® umożliwia zaprojektowanie nowego systemu realizującego zadania rozpoznawania wykorzystując do tego celu zestaw najpopularniejszych metod, a następnie pozwala na analizę skuteczności modelu. Dzięki temu można przeanalizować różne konfiguracje i wybrać najefektywniejszy system. System umożliwia:

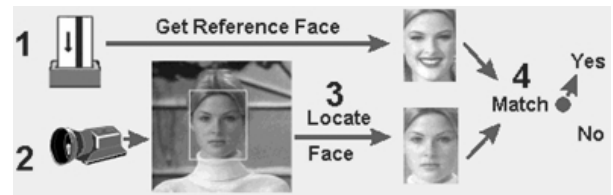
- szybkie zbudowanie konkretnego systemu rozpoznawania ze wszystkimi niezbędnymi procedurami obróbki,
- sprawdzenie wyników projektowania na dowolnie wybranej porcji danych,
- przeanalizowanie rezultatów w wybranym miejscu zaprojektowanego systemu (procesu obróbki),
- modyfikowanie projektu w dowolnym punkcie obróbki,
- przygotowanie raportu na podstawie rezultatów rozpoznawania i przebiegu całego procesu.

Zaprojektowanie oraz weryfikacja działania nowego systemu biometrycznej identyfikacji jest procesem

czasochłonnym i skomplikowanym, dlatego zastosowanie gotowych rozwiązań, jak np. system FaReS-Mod® umożliwia redukcję nakładów.

4.1.4. Systemy komercyjne – TrueFace Engine [6]

System TrueFace Engine służy zarówno weryfikacji jak i identyfikacji twarzy. Automatycznie lokalizuje twarz na obrazie i przeprowadza porównanie z bazą danych. Produkt jest oparty na sztucznej sieci neuronowej, która pozwala eliminować takie problemy jak: obrót głowy, różne oświetlenie, makijaż, okulary, opaleniznę, kolczyki, inną fryzurę czy mimikę. Schemat działania systemu przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat działania systemu TrueFace Engine [6]

4.1.5. Systemy kontroli dostępu [6]

Cechami charakterystycznymi systemów kontroli dostępu jest długi okres czasu, w jakim mają one służyć oraz wysokie wymagania dotyczące – w porównaniu do systemów Visitor Identification – poprawienia współczynnika rozpoznawania. Jednym z najważniejszych problemów są wzorce ponieważ, nie jest możliwe, aby przewidzieć wszystkie warunki, w jakich będą pobierane obrazy wejściowe w przyszłości. Dlatego systemy te muszą potrafić przewidzieć różne wariacje obrazów wejściowych, tak samo jak różne warianty charakterystyk biometrycznych przyszłych użytkowników. Jednym z możliwych podejść obejmuje zastosowanie gradientów intensywności obrazów eliminując w ten sposób wpływ warunków oświetlenia. W celu wyeliminowania wpływu innych warunków, takich jak na przykład różnica skali pomiędzy obrazem wejściowym a wzorcem, tworzy się tak zwaną Wirtualną Bazę Danych (VDB - Virtual Database) zawierającą imitacje obrazów pobranych w różnej odległości od kamery. Później dla każdego obrazu wybieranych jest kilka „podobrazów” zawierających najbardziej trwałe części twarzy i w ten sposób zredukowany jest wpływ zewnętrznych czynników na różnorodność charakterystyk biometrycznych rozpoznawanej twarzy.

5. PODSUMOWANIE

Każdy człowiek jest unikalną macierzą cech charakterystycznych, takich jak kontur twarzy, geometria dłoni czy wygląd tęczówki oka. Właśnie dzięki tym niezmiennym w czasie cechom można uzyskać biometryczne ID osobnika, które będzie służyło do sprawdzania bądź też potwierdzania jego tożsamości. [7]

Proces rozpoznawania twarzy składa się z dwóch podstawowych etapów: wykrycia twarzy, czyli wyodrębnienia jej z obrazu oraz docelowego rozpoznania twarzy, czyli identyfikacji. Analiza obrazu w tym procesie odgrywa kluczową rolę.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Nowa Encyklopedia Powszechna PWN, tom 1, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995.
2. Sławiński Jerzy, Gomulska Elżbieta, Plucińska Mirosława, Rozbici Leon, Wójtowicz Jarosław, „Metody biometryczne dla zwiększenia bezpieczeństwa kontroli dostępu do pomieszczeń i zasobów komputerowych oraz uwierzytelniania osób”. Materiały Instytutu Maszyn Matematycznych. Warszawa 2002.
3. Materiały archiwalne (brak identyfikacji źródła).
4. Portal branżowy – Kryminalistyka, http://www.kryminalistyka.fr.pl/crime_biometryka_07.php. 2007.
5. Strona Zakładu Przetwarzania i Rozpoznawania Obrazu, Wydział Informatyki Politechniki Szczecińskiej, <http://zpiro.wi.ps.pl>. 2007.
6. Strona o rozpoznawaniu twarzy, <http://face-recognition.eu>. 2007
7. Aleksandra Bobcow, Mariusz Dąbkowski, „Biometryczna kontrola dostępu”, *Pomiary Automatyka Kontrola* 4'2007, ISSN 0032-4140..

IMAGE ANALYSIS DURING THE PROCESS OF FACE DETECTION AND IDENTIFICATION

Image analysis process based on biometric methods of face recognition was described. Detection and identification algorithm was presented in stages. Several issues like: biometrics, biometric measurements process, image analysis were defined. Existing tracking systems using biometric features were presented. Advantages and disadvantages discussion of existing application was submitted