

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RECONHECIMENTO DE FACES UTILIZANDO FILTROS DE
CORRELAÇÃO

Voluntária: Taty Anny Cristine Fonseca de Souza

MANAUS
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL
PIB-E/0059/2011
RECONHECIMENTO DE FACES UTILIZANDO FILTROS DE
CORRELAÇÃO

Voluntária: Taty Anny Cristine Fonseca de Souza
Orientador: D.Sc. Waldir Sabino da Silva Júnior

MANAUS
2012

Todos os direitos deste relatório são reservados à
Universidade Federal do Amazonas, ao
Laboratório de Sistemas Embarcados. Parte deste
relatório só poderá ser reproduzida para fins
acadêmicos ou científicos.

Permitida a reprodução do projeto, sem
associação com outros projetos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1. Reconhecimento de Padrões	5
2.1.1. Sistema de Reconhecimento de Padrões.....	5
2.1.2. Projeto de Classificador	5
2.2. Sistema de Reconhecimento de Faces	6
2.3. Filtros de Correlação	6
2.3.1. Filtragem.....	7
2.3.2. Convolução.....	7
2.3.3. Transformada de Fourier Discreta (DFT).....	8
2.4. Projeto de Filtros de Correlação	8
2.4.1. Filtro MACE (Minimum Average Correlation Energy)	8
2.4.2. Filtro MVSDF (Minimum Variance Synthetic Discriminant Function)	8
2.4.3. Filtro OTF (Optimal Trade-Off Filter).....	9
2.5. Reconhecimento de Faces com Filtros de Correlação	9
3. MÉTODOS UTILIZADOS	9
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	10
5. CONCLUSÕES	11
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
7. CRONOGRAMA EXECUTADO	12

1. INTRODUÇÃO

Os métodos relacionados à área de Reconhecimento de Padrões podem ser aplicados em diversos problemas tais como identificação biométrica. A tarefa de reconhecer faces é uma das identificações biométricas mais pesquisadas atualmente. Nos seres humanos o reconhecimento é intuitivo, porém para uma máquina essa tarefa não é fácil. A crescente demanda por sistemas capazes de detectar e/ou reconhecer faces tem despertado o interesse da comunidade científica que busca, a partir de estudos avançados, desenvolver e evoluir os métodos para propor soluções para este problema.

Existem diversos algoritmos de reconhecimento de faces. Neste projeto estamos interessados na classe de métodos pertencentes à subárea de Reconhecimento de Padrões por Correlação [1,2,3]. Nestes, os métodos desenvolvidos utilizam a vasta teoria de Processamento de Sinais [4,5,6] que contém métodos consolidados para, por exemplo, projetar filtros no domínio da frequência. Nesta pesquisa utilizamos os filtros de correlação que compõem o método de classificação denominado CFA (do inglês, *Class-Dependence Feature Analysis*) [2]. Neste método, os filtros são projetados no domínio da frequência utilizando a Transformada de *Fourier* Discreta (DFT) [4,5] em duas dimensões, de forma a correlacionar o padrão que se deseja reconhecer e o padrão alvo.

Neste projeto de pesquisa (em andamento) está sendo implementado um sistema completo de reconhecimento de face que utiliza o método CFA [2]. Este sistema é formado por duas etapas, uma de treinamento e outra de teste. Na etapa de treinamento o projeto dos filtros é realizado no domínio da frequência através da Transformada de *Fourier* Discreta (DFT). Para cada classe, formada por imagens de um mesmo indivíduo, projeta-se um filtro. Este projeto utiliza a correlação existente entre as diversas imagens do mesmo indivíduo. Cada filtro de sua respectiva classe deverá ser capaz de reconhecer o indivíduo da classe e rejeitar indivíduos pertencentes às outras classes.

Um ponto importante consiste no uso de ferramentas na área de visão computacional, como o OpenCV [7] que é uma biblioteca desenvolvida nas

linguagens de programação C/C++ e possui módulos de Processamento de Imagens, e o Matlab [8] que facilita as operações de análise numérica, cálculo com matrizes e processamento de sinais, servirão de auxílio no desenvolvimento do sistema proposto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Reconhecimento de Padrões

Um padrão é um conjunto de propriedades ou características de algo perceptível aos sentidos do ser humano [3]. Um conjunto de padrões agrupados por propriedades ou características similares é chamado de classe, e uma classe por possuir informações de um determinado conjunto é chamada de rótulo [3].

2.1.1. Sistema de Reconhecimento de Padrões

O Sistema de Reconhecimento de Padrões tem a função inferir qual classe o padrão pertence. Esse sistema pode ser dividido em três etapas: aquisição de dados, pré-processamento e classificação conforme descrito na Figura 1 [3].

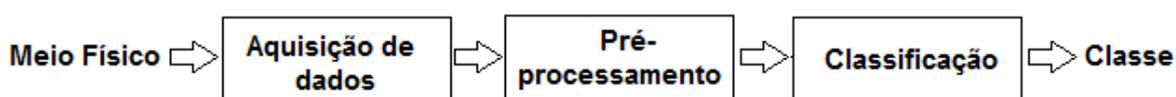


Figura 1 - Esquema de um Sistema de Reconhecimento de Padrões

Na etapa de aquisição de dados, ocorre o processo de conversão dos sinais de valores analógicos, para valores digitais (discretos) que serão usados na etapa de pré-processamento. No pré-processamento ocorre à extração de características desejadas para criar um vetor de características. A etapa de classificação é formada por um classificador que utiliza o vetor de características para determinar a que classe um determinado padrão pertence.

2.1.2. Projeto de Classificador

Um projeto de classificador que envolve informações de amostras de treinamento faz uso do processo de aprendizagem, com isso espera-se que o sistema de reconhecimento de padrões tenha a capacidade de aprender e melhorar o seu desempenho de classificação. Dentre as técnicas de classificação existentes temos a classificação supervisionada, semi-supervisionada e não-supervisionada [3]. Classificação supervisionada é quando as classes dos padrões de treinamento são previamente conhecidos. Classificação semi-supervisionada possui os mesmos conceitos da supervisionada, contudo o conjunto de padrões de treinamento do projeto do classificador possui também padrões com classes conhecidas. Classificação não supervisionada é quando as classes dos padrões de treinamento não tem conhecimento prévio das categorias na qual os padrões são classificados, logo agrupa os padrões da similaridade encontrada das suas características.

2.2. Sistema de Reconhecimento de Faces

O sistema de reconhecimento de face possui diversas aplicações, como exemplo na área comercial e governamental fazendo a verificação (comparação única entre a imagem capturada e a imagem modelo) e identificação (comparação entre a imagem capturada e as várias imagens modelos) de indivíduos. Conforme os avanços tecnológicos e a evolução dos dispositivos na área de reconhecimento, o estudo deste tipo de identificação esta em crescente demanda, devido à face ser a identificação biométrica mais usada pelos seres humanos para identificar o outro. No entanto, esta tarefa é considerada complexa devido à variabilidade presente nas imagens que contém faces humanas, como por exemplo, expressão facial, variância dos níveis de iluminação, idade e ruídos inerentes à aquisição da imagem [1].

2.3. Filtros de Correlação

O grau de similaridade entre dois sinais pode ser considerado como correlação. Por isso a filtragem de correlação e seus métodos, como o CFA, estão em abrangente utilização nos sistemas de reconhecimento de padrões.

2.3.1. Filtragem

Método matemático obtido através da convolução, visando descobrir o comportamento de um sistema com relação a uma entrada. O processo de filtragem ocorre a partir da convolução de um determinado padrão com um filtro θ (a ser projetado) de tal forma a obter em sua saída um pico de correlação [1,2,3].

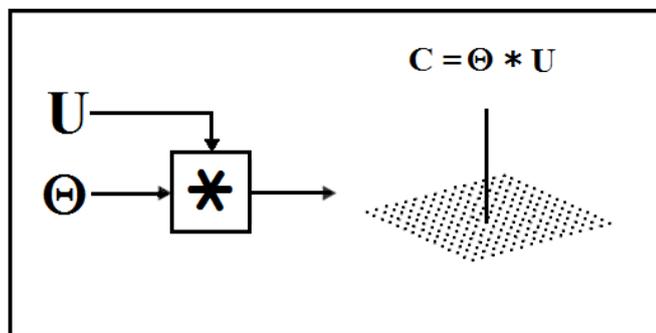


Figura 2 - Esquema de um Filtro de Correlação

2.3.2. Convolução

Operação matemática que possui propriedade comutativa, distributiva e associativa utilizada para calcular a resposta ao impulso de um SLIT (sistema linear invariante no tempo) tanto de sinais contínuos como discretos. A partir desta operação é possível descobrir o comportamento de um sistema com relação a uma entrada [4,5]. No caso contínuo, a saída do sistema LIT é uma integral de convolução [4,5]:

$$y(t) = h(t) * x(t)$$

$$= \int_{-\infty}^{+\infty} h(t - \tau) \cdot x(\tau) \cdot d\tau$$

No caso discreto, a saída do sistema LIT é uma soma de convolução [4,5]:

$$y[n] = h[n] * x[n]$$

$$= \sum_{k=-\infty}^{+\infty} h[n-k].x[k]$$

2.3.3. Transformada de Fourier Discreta (DFT)

Determinadas operações tornam-se mais simples se trabalhadas no domínio da frequência, este domínio pode ser obtido fazendo-se uso das transformadas de Fourier. É a partir da transformada de Fourier que ocorre a conversão de uma imagem (domínio espacial) para o domínio da frequência.

2.4. Projeto de Filtros de Correlação

Uma forma de projetar um filtro de correlação é otimizar um ou mais critérios de correlação, como exemplo temos a otimização de um ou mais parâmetros do pico de correlação. Critérios diferentes levam a filtros com propriedades diferentes [1].

2.4.1. Filtro MACE (Minimum Average Correlation Energy)

Visando diminuir as chances de erro do sistema, esse tipo de filtro torna o pico de correlação mais nítido do restante do plano de correlação. Esse efeito ocorre a partir da eliminação dos lóbulos laterais do plano de correlação [3]. Uma maneira de realizar essa eliminação seria minimizar a energia no plano de correlação chamada de ACE (do inglês, *Average Correlation Energy*). A desvantagem da utilização do filtro MACE é existente devido a sua extrema sensibilidade em relação aos ruídos típicos presentes na imagem de teste.

2.4.2. Filtro MVSDF (Minimum Variance Synthetic Discriminant Function)

Esse tipo de filtro é importante por otimizar sua resposta na presença de ruído. Isso ocorre a partir da minimização da variância da saída em relação ao ruído, chamada de ONV (*Output Noise Variance*), e a partir disso ele também satisfaz as restrições de saída de correlação das imagens de treinamento. A

desvantagem da utilização do filtro MVSDF esta na questão de ele ser afetado pela presença dos lóbulos laterais presentes na saída de correlação [3].

2.4.3. Filtro OTF (Optimal Trade-Off Filter)

O filtro OTF foi elaborado a partir da combinação das características dos filtros MACE e MVSDF, que são consideradas características fundamentais para projetos de filtros de correlação [3].

2.5. Reconhecimento de Faces com Filtros de Correlação

Um sistema completo de reconhecimento de face visa fazer o reconhecimento de indivíduos de forma instantânea e geralmente é formado por duas etapas, uma de treinamento e outra de teste. Na etapa de treinamento imagens de um indivíduo são obtidas, e estas imagens devem ter presente à variabilidade da imagem da face, como expressão facial e níveis de iluminação. A partir disto projeta-se o filtro correspondente à classe do determinado indivíduo. Fazendo esse processo para todos os indivíduos será construído um banco de filtros, que é utilizado para extração de características das imagens, sendo um filtro correspondente a cada classe do conjunto de treinamento. Na etapa de teste, a imagem da face é correlacionada com todos os filtros pertencentes ao banco de filtros, e cada filtro deverá ser capaz de reconhecer o individuo de sua respectiva classe e rejeitar indivíduos de outras.

3. MÉTODOS UTILIZADOS

Para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa foi necessário uma ampla revisão bibliográfica a cerca dos conceitos relacionados às áreas de Processamento de Sinais, Sinais e Sistemas e Reconhecimento de Padrões.

Na introdução aos conceitos de Sinais e Sistemas e Processamento Digital de Sinais foram revisadas as definições de todos os tópicos relevantes, tais como: definição de sinais e sistemas; filtragem por convolução; séries e Transformada de

Fourier continua e discreta e Transformada de Fourier Discreta (DFT). Foram realizados cálculos e simulações no MATLAB de alguns exercícios relacionados à convolução discreta e Transformada de Fourier Discreta.

Sobre os conceitos de Reconhecimento de Padrões foram revisados os principais tópicos: definição de padrão, seus métodos e aplicações; definição de classe; sistema de reconhecimento de padrões e suas divisões; o que é um classificador e seus tipos; aprendizado de máquinas e seus principais métodos. Alguns dos métodos para Reconhecimento de Face foram revisados.

A abordagem dos Filtros de Correlação envolvendo seus princípios em um sistema de Reconhecimento de Faces e a utilização do CFA como método de classificação. Os tipos de filtros de correlação como o filtro MACE, MVSDF e OTF e suas principais características em aplicações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Um dos principais problemas a ser resolvido para a implementação de um sistema de reconhecimento de faces está ligado ao risco de seu desempenho ser comprometido devido a fatores da natureza da imagem como expressões, variação da iluminação, pose e idade. Com isso vários algoritmos de reconhecimento de face têm sido propostos para tratar os resultados da variação da aparência devido a esses fatores. Os filtros de correlação proporcionam imunidade a alguns destes riscos. Isto se deve ao projeto do filtro ser realizado através da DFT. Especificamente neste projeto de pesquisa podemos comentar que essa é uma característica importante do sistema de reconhecimento de faces proposto pois esses problemas passam a ser transparentes quando utilizados o projeto dos filtros de correlação. Apesar da complexidade do sistema proposto podemos comentar que o projeto de pesquisa proposto já possui alguns resultados. Os principais métodos de filtragem utilizados no sistema de reconhecimento de faces já foram compreendidos e as implementações dos filtros já iniciaram. Uma dificuldade observada consiste nos fundamentos relacionados à área de Processamento de Sinais. Uma ampla revisão dos conceitos e definições foi necessária. Por fim, pretende-se completar o sistema de reconhecimento de

faces nos próximos meses e a seguir completar as pesquisas com amplas bases de dados e a investigação que utiliza classificadores multiclases.

5. CONCLUSÕES

O processo de identificação biométrica a partir da face possui excelentes resultados de verificação e identificação com relação a outras biometrias, Por possuir essa vantagem, os estudos voltados aos sistemas de reconhecimento da face está em expansão.

No desenvolvimento do projeto de pesquisa, percebemos que vários fatores podem influenciar no desempenho de um sistema de reconhecimento de face, como a variabilidade esperada de uma imagem da face, o algoritmo de reconhecimento em uso de forma a levar em consideração os fatores da natureza das imagens. Por meio dessas questões relevantes o sistema a ser desenvolvido utilizará os filtros de correlação abordando o método CFA (do inglês, *Class-Dependence Feature Analysis*). Pelo fato de este método possuir características que são necessárias para o aceleração do processo computacional, e com isso aumentar o desempenho do sistema.

Por ser uma abordagem recente, espera-se que os resultados do desenvolvimento deste projeto de pesquisa possa ampliar o aprendizado na área do conhecimento de sistemas de reconhecimento facial.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] B.Y., BHAGAVATULA, B.V.K., VIJAYA KUMAR, Senior Member IEEE, MARIOS SAVVIDES, Member IEEE, AND CHUNYAN XIE, Student Member IEE, “ Correlation Pattern Recognition for Face Recognition”, in proceedings of the IEEE, Vol.94, No.11, November 2006.
- [2] XIE, C., SAVVIDES, M., VIJAYA KUMAR, B. V. K., Redundant Class-Dependence Feature Analysis Based on Correlation Filters Using FRGC2.0 Data. In: Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, p. 153, San Diego, CA, USA, June 2005.

- [3] B.V.K., VIJAYA KUMAR, MAHALANOBIS, A., JUDAY, R. D., Correlation Pattern Recognition. 1st ed. Cambridge University: Cambridge, UK, 2005.
- [4] LATHI, B. P., Signal Processing and Linear Systems. 1st ed. Berkley-Cambridge Press: Carmichael, CA, USA, 1998.
- [5] OPPENHEIM, A. V.; WILLSKY, A. S.; HAMID, S.; NAWAB, S. H. Signals and Systems 2nd. Ed., PrenticeHall, 2005
- [6] OPPENHEIM, A. V., SCHAFER, R. W., Discrete-Time Signal Processing, Prentice Hall, 1999.
- [7] Open Computer Library, OpenCV, <<http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary>>. Acesso em Abril de 2012.
- [8] MATLAB v7.12.0., The MathWorks Inc., 2011.

7. CRONOGRAMA EXECUTADO

Descrição	Ago 2011	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2012	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Estudar os conceitos básicos de reconhecimento de padrões	X	X	X									
Estudar os conhecimentos básicos de filtragem				X	X	X						
Estudar os filtros de correlação utilizados para o reconhecimento de faces							X	X				
Realizar implementações iniciais com o Matlab e o OpenCV									X	X	X	
- Elaboração do Resumo e Relatório Final (atividade obrigatória) - Preparação da Apresentação Final para o Congresso (atividade obrigatória)												X