

PENGECAMAN WAJAH MENGGUNAKAN
KAEDAH GRAF TERHUBUNG

ISMAIL BIN MAT AMIN

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

PENGECAMAN WAJAH MENGGUNAKAN
KAEDAH GRAF TERHUBUNG

ISMAIL BIN MAT AMIN

Tesis ini dikemukakan
sebagai memenuhi syarat penganugerahan
ijazah Doktor Falsafah

Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat
Universiti Teknologi Malaysia

JUN 2006

PENGHARGAAN

Segala puji-pujian bagi Allah, selawat dan salam ke atas Rasulullah s.a.w, keluarga baginda dan para sahabat. Terima kasih dan bersyukur saya ke hadrat illahi kerana dengan keizinan dan kekuasaanya dapat juga saya menyiapkan penyelidikan dan tesis.

Justeru itu, saya juga ingin merakamkan ucapan terima kasih dan setinggi-tinggi penghargaan kepada **Prof. Madya Dr. Dzulkifli Bin Mohamed** selaku penyelia saya di atas kesungguhan dan kesabaran beliau di dalam memberi bimbingan dan tunjuk ajar serta idea-idea yang bernas kepada saya sepanjang penyelidikan ini dijalankan.

Kepada pihak Universiti Teknologi Malaysia kerana telah menyediakan peruntukan kewangan untuk membolehkan saya menjalankan penyelidikan ini.

Akhir sekali, saya juga ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada isteri dan anak-anak Nurul Sakinah, Hasan Basri, Aisyah, Afiqah, Rabi'atul Adawiyah, Abdullah Fahmi kerana memberi sokongan. Semoga jasa baik semua pihak yang terlibat akan dirahmati dan diberkati oleh-Nya. Wassalam.

ABSTRAK

Pengecaman imej wajah muka manusia adalah sangat penting untuk keselamatan nasional. Dalam bidang *komputer vision*, pengecaman imej wajah muka merupakan bidang yang penting dalam pemprosesan imej digital. Sistem pengecaman imej wajah muka boleh dipecahkan kepada dua kategori umum iaitu pandangan hadapan atau wajah muka penuh dan pandangan sisi atau *profile*. Imej wajah muka manusia pandangan hadapan menjadi fokus dalam tesis ini. Masalah yang timbul adalah saiz storan dan masa pemprosesan yang sangat besar. Jadi penyarian fetur yang tersembunyi pada imej wajah muka yang dicadangkan menggunakan teknik graf terhubung yang menggunakan jarak piksel dan perkadaran dapat menyelesaikan masalah saiz storan dan masa pemprosesan yang sangat besar. *Filter ABC* adalah dicadangkan dalam peringkat pra-proses supaya pinggir sisi mata, hidung, dan mulut terjaga. Kaedah ini adalah sebanding dengan kaedah momen invarian terhadap saiz dan orientasi. Dalam proses pengecaman ciri-ciri unik yang disaring mengguna teknik graf terhubung dan teknik momen invarian, di petakan ke atas ruang ciri rujukan, jarak Euclidean dan statistik antara imej wajah muka rujukan dan imej wajah muka ujian digunakan sebagai penentu pengecaman. Hasil ujikaji ke atas pengkalan data Feret dengan 10 imej rujukan dan 70 imej ujian yang diambil secara rawak. Keputusan kadar pengecaman yang tinggi bagi graf terhubung iaitu 84.3 peratus dan momen invarian iaitu 81.4 peratus. Oleh yang demikian hasil penyelidikan ini telah membuktikan algoritma yang dicadangkan yaani graf terhubung setara dengan kaedah momen invarian dari segi invarian terhadap saiz dan orientasi malah lebih baik kadar pengecamannya.

ABSTRACT

Human face recognition is very important to the national's security. In Computer Vision, human face recognition is one of the important areas in the digital image processing. Face identifications systems are categorized into two general categories which are front-view or full face and side-view or profile. Front-view of human faces will be focused in this thesis. The problems that aroused are such as a large size storage and long time processing. The features in face images are extracted in the proposed method using connected graph, which uses pixel distance and proportion. *ABC filter* is proposed in the pre-processing stage to ensure the edges of eye, nose and mouth is clear. This technique is comparable to the invariant moment concerning the size and orientation. In the recognition process, the features are mapped on the space of feature reference where the Euclidean distance and statistical distance between face image reference and face image test are used as to determine a successful recognition. The result of recognition rate on Feret database with 10 reference image and 70 testing image collect randomly. The rate of recognition result for connected graph is 84.3 percent and invariant moment is 81.4 percent. Therefore, the result of this research proves that the algorithm proposed is equivalent to the invariant moment technique which has invariant towards the size and orientation but perform better in recognition rate.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	HALAMAN JUDUL	i
	HALAMAN PERAKUAN	ii
	PENGHARGAAN	iii
	ABSTRAK	iv
	ABSTRACT	v
	KANDUNGAN	vi
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI ISTILAH	xiv
	SENARAI LAMPIRAN	xvi
1	Pengenalan	1
	1.1 Latarbelakang Umum	1
	1.2 Objektif Tesis	4
	1.3 Sumbangan Tesis	4
	1.4 Organisasi Tesis	5

2	SISTEM PENGECAMAN WAJAH MUKA MANUSIA	7
2.1	Pengenalan	7
2.2	Sistem pengecaman imej wajah muka.	9
2.3	Penyarian fetur imej wajah muka.	11
2.4	Kajian terdahulu pengecaman imej wajah muka	13
2.5	Pengenalan Sistem Pengecaman imej wajah menggunakan pengebangan teknik transformasi vektor eigen	14
2.5.1	Gambaran Sistem dan Perwakilan Data	15
2.5.2	Permodelan Algoritma	17
2.5.3	Kaedah mengurangkan saiz matrik kovarian	19
2.5.4	Pembinaan semula dan Algoritma Pengecaman	21
2.5	Ringkasan sistem pengecaman imej wajah muka	23
3	PEMROSESAN IMEJ WAJAH MUKA	25
3.1	Pengenalan	25
3.2	Pemerihalan Sistem	26
3.3	Pemerolehan Imej	28

3.4	Pra-pemrosesan	29
3.4.1	Pengembangan Imej	29
3.4.2	Penormalan imej	30
3.4.3	Peningkatan imej	31
3.4.3.1	Teknik <i>Filter</i>	31
3.4.3.1.1	<i>Filter</i> Purata	33
3.4.3.1.2	<i>Filter</i> Median	33
3.4.3.1.3	<i>Filter</i> Maks/Min	34
3.4.3.1.4	<i>Filter</i> Lowpass	35
3.4.3.1.5	<i>Filter</i> Prewitt dan Sobel	37
3.4.3.2	Teknik <i>Filter</i> Cadangan	39
3.5	Ringkasan	42
4	PENYARIAN FETUR MENGGUNAKAN MOMEN INVARIAN DAN GRAF TERHUBUNG DALAM SISTEM PENGECAMAN IMEJ WAJAH	43
4.1	Pengenalan	43
4.2	Momen invarian	43
4.3	Momen dan Aspek Penyarian fetur	44
4.4	Penilaian kaedah momen invarian	48
4.5	Analisa prestasi momen invarian	53
4.6	Pra-prosesan Kaedah Graf Terhubung	57
4.7	Penyarian Fetur	58
4.8	Proses sarian fetur	60
4.9	Padanan fetur imej wajah muka	63
4.10	Proses Pengecaman	64
4.11	Analisa Prestasi	68
4.12	Ringkasan	71

5	PERBINCANGAN KEPUTUSAN UJIKAJI TERHUBUNG DENGAN MOMEN INVARIAN DALAM SISTEM PENGECAMAN WAJAH MUKA	72
5.1	Pengenalan	72
5.2	Ujikaji dan perbincangan	72
5.3	Ujikaji menggunakan kaedah momen invarian	78
5.3.1	Penilaian kaedah momen invarian	78
5.4	Ujikaji menggunakan kaedah graf	84
5.5	terhubung	88
	Perbandingan hasil ujikaji kedua-dua teknik diatas	
6	KESIMPULAN	90
6.1	Pengenalan	90
6.2	Kesimpulan kerja yang telah diperkenalkan	91
6.3	Cadangan untuk penyelidikan yang selanjutnya	92
	BIBLIOGRAFI	93
	LAMPIRAN A-W	104-194
	PENERBITAN	195

SENARAI JADUAL

NO JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
4.1	Peratus kejayaan pengecaman imej wajah muka berasaskan tujuh order fungsi momen setelah melalui <i>filter ABC</i>	54
4.2	Peratus kejayaan pengecaman imej wajah muka sarian fetur graf terhubung setelah melalui <i>filter ABC</i>	69

SENARAI RAJAH

NO RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Pengecaman imej wajah muka umum	10
2.2	Rajah blok cadangan sistem pencaman imej wajah muka menggunakan teknik permodelan Vektor Eigen	16
3.1	Sistem Pengecaman imej wajah muka	27
3.2	Kamera Digital <i>Canon Power Shot 350</i>	27
3.3	Imej wajah muka skala kelabu	28
3.4	Pra-pemprosesan	29
3.5	Mask 3*3 dengan sebarang koefisien	32
3.6	Tetingkap 3*3 mengenai titik (i,j) dalam imej skala kelabu	32
3.7	Mask filter Prewitt	37
3.8	Mask filter Sobel	37
3.9	(a) Imej Asal; Imej melalui filter (b) Average, (c) Lowpass, (d) median, (e) maximum, (f) minimum.	38
3.10	(g) : Hasil daripada filter ABC dengan nilai X=14	39
3.11	Unsur-unsur <i>Filter ABC</i> .	40
3.12	(a) Imej Asal; Imej melalui <i>Filter ABC</i> (b) X=10, (c) X=11, (d) X=12, (e) X=13, (f) X=14, (g) X=15, (h) X=16, (i) X=17, (j) X=18.	41

4.1	Imej yang telah didigit	44
4.2	Imej selepas melalui peringkat pra-pemprosesan mengguna <i>Filter ABC</i>	44
4.3	Imej wajah muka dalam keadaan berbeza saiz dan orientasi dengan nilai sarian fetur momen invarian masing-masing	53
4.4	Peratus Kejayaan Pengecaman berbanding nilai K <i>Filter ABC</i>	55
4.6	Perbezaan imej wajah muka melalui <i>Filter ABC</i> dengan $X=10,11,14$ dan 15 .	56
4.7	Gambaran graf terhubung sarian fetur imej wajah muka cadangan	57
4.8	Imej wajah muka dalam bentuk skala kelabu	60
4.9	Imej wajah muka setelah melalui <i>Filter ABC</i> nilai $X=14$	61
4.10	Imej wajah muka dengan nod $n_1, n_2, n_3, n_4, n_5,$ dan n_6	61
4.11	Imej wajah muka dengan sarian fetur X_1, X_2, \dots, X_{10}	62
4.12	Imej wajah muka rujukan dan Ujian berserta sarian fetur masing-masing.	68
4.13	Peratus Kejayaan Pengecaman berbanding nilai X <i>Filter ABC</i>	70
5.1	Senarai 10 buah imej wajah muka rujukan daripada database Feret	73
5.2	Senarai 70 buah imej wajah muka ujian daripada database Feret	78
5.3	Imej yang telah didigit	79
5.4	Imej selepas melalui peringkat pra-pemprosesan mengguna <i>Filter ABC</i>	79

5.5	Imej wajah muka rujukan dengan nilai sarian fetur momen invarian dan sampel imej ujian masing-masing.	84
5.6	Imej wajah muka dalam keadaan berbeza saiz dan orientasi dengan nilai sarian fetur dari kaedah graf terhubung masing-masing.	88
5.7	Perbandingan prestasi graf terhubung dengan momen invarian ujian ke atas database Feret.	89

DAFTAR ISTILAH

ISTILAH

TERJEMAHAN

ABC filter	<i>Filter ABC</i>
Blurred	Kabur, kelam
CCD Camera	Kamera CCD, (Charge-Coupled Device Camera)
Convolution	Konvolasi
Descriptor	Penghurai
Edge detection	Mendapatkan pinggir sisi
Enhancement	Peningkatan
Euclidean distance	Jarak Euclidean
Feature	Fetur
Feature extraction	Sarian fetur
Filter	<i>Filter</i>
Fourier transform	Transformasi Fourier
Frequency domain	Domain frekuensi
Full face	Pandangan hadapan.
Grey Scale	Skala Kelabu
Image acquisition	Pengambilan imej
Image data compression	Pemampatan data imej
Image enhancement	Peningkatan imej
Image interpretation	Pentafsiran imej
Image normalization	Penormalan imej
Image recognition	Pengecaman imej
Image reconstruction	Pembinaan semula imej
Image restoration	Pengembalian imej / pemulangan imej
Image segmentation	Segmentasi imej
Image-thresholding	Pengambangan imej

Invariant moments	Momen invarian
Machine perception	Tanggapan mesin
Mask coefficients	Koefisien <i>mask</i>
Model Based	Berasaskan Model
Noises	Hingar
Piecewise continuous function	Fungsi cebisan selanjat
Profile	Pandangan sisi / <i>Profile</i>
Raw pixel	<i>Piksel raw</i>
Scanner	Pengimbas
Smoothed	Diratakan
Spatial domain	Domain ruang
Statistical distance	Jarak Statistik
Web	Jaringan
Wiggle	Kelengangan

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A	Penyarian fetur imej wajah muka oleh Honda dan Aida	104
B	Penyarian fetur imej wajah muka oleh Kaya dan Kobayashi	106
C	Contoh gambaran mekanisma persamaan (2.5) dan (2.6).	108
D	Contoh pengiraan Nilai-nilai eigen dan Vektor eigen untuk Matrik A .	110
E	Contoh imej wajah muka Rujukan.	112
F	Sarian fetur momen untuk Contoh imej wajah muka Rujukan	115
G	Sarian fetur graf terhubung untuk Contoh imej wajah muka Rujukan	117
H	Contoh imej wajah muka ujian untuk dijadikan demonstrasi sistem	119
I	Sarian fetur graf terhubung untuk Contoh imej wajah muka ujian. Untuk demonstrasi sistem	123
J	Sarian fetur momen untuk Contoh imej wajah muka Ujian. Untuk demonstrasi sistem	125
K	Imej wajah muka Rujukan	127
L	Sarian Fetur momen invarian Imej wajah muka Rujukan	129

M	Contoh Aktiviti sarian fetur graf terhubung Rajah 4.7	131
N	Contoh Aktiviti Pengecaman sarian fetur graf terhubung, untuk contoh 10 imej wajah muka ujian dicamkan kepada 10 imej wajah muka rujukan.	135
O	Contoh Aktiviti Pengecaman menggunakan kaedah momen invariant demonstrasi untuk 10 imej ujian terhadap 10 imej rujukan.	139
P	Imej wajah muka Rujukan	140
Q	Sarian fetur graf terhubung untuk Imej wajah muka rujukan	149
R	Sarian fetur momen invariant Imej wajah muka rujukan	152
S	Imej wajah muka ujian.	154
T	Sarian fetur graf terhubung untuk Imej wajah muka Ujian.	159
U	Demonstrasi Pengecaman Imej Wajah muka Sarian fetur graf terhubung untuk 20 Imej Wajah Muka Rujukan dan 88 Imej wajah muka Ujian (Contoh imej wajah muka ujian sepadan dengan rujukan atau berjaya)	163
V	Sarian fetur momen invariant Imej wajah muka Ujian	180
W	Demonstrasi Pengecaman Imej Wajah muka Sarian fetur momen invariant untuk 20 Imej Wajah Muka Rujukan dan 88 Imej wajah muka Ujian	183

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latarbelakang Umum

Terdapat tiga jenis pemrosesan imej. Pertama berasaskan imej optik, kedua berasaskan imej analog dan ketiga imej digital. Pemrosesan imej berasaskan optik menumpukan kepada penggunaan kanta, pembesaran, fotografi dan teknik-teknik holografi[Somaie 1996, David S. Bolme 2003]. Pemrosesan imej analog seperti dalam sistem television imej akan ditukar kepada signal elektrik, penghantaran, menerima, dan pembentukan semula sebagai gambar yang melakukan pengubahsuaian cerah, jelas, terang, gelap, dan kualiti gambarnya.

Pemrosesan imej digital telahpun digunakan dalam banyak aplikasi, sebagai contoh dalam perubatan, filem x-ray diimbas ke dalam bentuk imej digital boleh digunakan komputer untuk membantu doktor mengesan penyakit, dalam geografi boleh menghasilkan peta-peta yang tepat, gambar bumi yang diambil dari satelit

sementara dalam industri pula untuk mengawal operasi mesin. Ketepatan dan fleksibel pemrosesan imej digital, adalah dua kelebihan yang sangat penting berbanding pemrosesan optik dan analog. Sementara kekurangan pemrosesan imej digital adalah kosnya tinggi dan kelajuannya rendah.

Kaedah dasar dalam komputer *vision* adalah daripada dua bidang aplikasi, pertama memperbaiki maklumat tentang piksel untuk tafsiran manusia, dan kedua pemrosesan data yang diambil sebagai *tanggapan mesin*. Aplikasi yang pertama adalah termasuk masalah asas seperti : pengambilan imej, pemampatan data imej, peningkatan imej, pengembalian imej, dan pembinaan semula imej. Kunci kepada pemrosesan ini dikenali sebagai pra-proses untuk menyedia dan memperbaiki imej yang diambil sebagai cara untuk menambah peluang berjaya untuk *tanggapan mesin*. Biasanya pengambilan imej daripada berbagai cara, seperti satelit, kamera CCD, pengimbas, atau kamera video mengalami berbagai hinggar. Sebagai contoh imej menjadi kelabu disebabkan pergerakan semasa pendedahan kepada sinar. Pra-proses adalah berkaitan dengan teknik-teknik untuk peningkatan, kontras, menghapuskan hinggar, dan mengasingkan sempadan imej.

Aplikasi kedua adalah berkaitan dengan teknik-teknik untuk tiga kelas utama iaitu pengsegmen imej, pengecaman imej, dan pentafsiran imej. Pengsegmen memecahkan imej input kepada juzuk objek. Output daripada langkah pengsegmen imej ialah data piksel *raw*, pembinaan kawasan sempadan atau titik-titik imej itu sendiri. Pengecaman ialah proses memberi label kepada objek asas di atas maklumat yang diberikan oleh penghurainya, biasanya dikenali sebagai fetur. Masalah dalam pengecaman imej tidak terhad kepada satu objek, atau beberapa objek, tetapi

keseluruhan pemandangan menjadi sasaran utama untuk dicamkan. Aplikasi tertentu perlukan objek dicam, tanpa mengira lokasi, saiz, atau orientasi. Dalam peringkat terakhir pentafsiran imej, melibatkan pemberian makna kepada keseluruhan objek-objek yang dicamkan. Semua pemerihalan proses adalah masalah yang berhubungan dan kejayaan setiap satunya adalah sangat bergantung kepada prestasi setiap tahap. Proses segmentasi yang baik akan membolehkan peluang kejayaan pengecaman dan pentafsiran yang lebih baik.

Kerja yang diperihalkan dalam tesis ini melibatkan bidang pemrosesan imej, menghusus kepada pengecaman imej wajah muka, sementara bahagian yang diselidik ialah sarian fetur. Pengecaman imej wajah muka adalah satu bidang daripada pengecaman corak, sangat penting dalam bidang keselamatan. Kini kebanyakan sistem keselamatan hanya menggunakan nombor laluan seperti *Automatic Teller Machine (ATM)*, sistem perkhidmatan *e-banking Maybank2u*, *login* komputer, memasuki pintu-pintu keselamatan, rangkaian komputer, menggunakan internet dan lain-lain. Nombor laluan ini kalau terlepas kepada orang yang tidak berkenaan, mereka boleh menggunakannya sebagaimana pengguna asal. Sedangkan wajah muka adalah milik peribadi yang tidak boleh dicuri. Kalau nombor laluan dan pengecaman imej wajah muka digabungkan akan membentuk ciri keselamatan yang terbaik.

1.2 Objektif tesis

Walaupun pengenalan wajah muka adalah masalah pengecaman corak, ianya khusus dan suatu yang kompleks sebab sasaran utamanya mengenal pasti taakulan daripada wajah muka yang memang tidak tetap.

Objektif umum tesis ialah mencari kaedah penyarian fetur imej wajah muka yang baru berasaskan imej wajah muka pandangan hadapan. Untuk mencapai objektif tersebut beberapa tugas telah dikenal pasti. Langkah pertama membuat kajian literatur. Langkah kedua reka bentuk algoritma untuk menyari fetur imej wajah muka. Langkah ketiga memperbaiki penapis yang sedia ada untuk mendapat imej wajah muka yang sesuai supaya proses menyari fetur yang terbaik boleh dilaksanakan. Langkah terakhir membuat pengecaman imej wajah muka berasaskan sarian feturnya, menilai prestasi pengecaman dan membandingkan dengan hasil penyelidikan sebelumnya.

1.3 Sumbangan Tesis

Bagi sistem pengecaman imej wajah muka, penyarian fetur adalah merupakan nadi atau faktor yang paling kritikal kepada sistem [Hong-1991, Somaie-

1996, Dzulkifli-1997, P.J. Phillips 2000, S. Zhou 2004, R. Chellappa 2004]. Pra-proses juga merupakan proses yang sangat penting untuk memastikan algoritma penyarian fitur dapat hasil terbaik serta pengecaman yang berkesan.

Secara umumnya sumbangan utama yang diperihalkan dalam tesis adalah seperti berikut:

1. *Filter* baru yang cadangkan diberi nama *Filter ABC* untuk mendapatkan imej yang sesuai bagi menyari fitur imej wajah muka.
2. Algoritma baru untuk menyari fitur imej wajah muka menggunakan graf terhubung berasaskan imej wajah muka pandangan hadapan.
3. Membandingkan sarian fitur imej wajah muka yang dicadangkan dengan kaedah momen invarian.

1.4 Organisasi tesis

Latarbelakang umum diperihalkan dalam bab satu, termasuk kajian latar belakang pengecaman objek secara umum dalam 2 Dimensi. Bab 2 pemerihalan kajian terhadap pengecaman imej wajah muka manusia yang terdahulu. Bab 3 memperihalkan pemprosesan imej wajah muka manusia.

Bab 4 membina *setup ujikaji* Sistem Pengecaman Imej wajah muka menggunakan teknik momen invarian dan graf terhubung berasaskan sampel data diperoleh menggunakan kamera digital *Canon Power Shot 350*. Bab 5 membincangkan prestasi kaedah graf terhubung berbanding dengan momen invarian menggunakan data base Feret. Akhirnya, bab 6 mengandungi kesimpulan kerja-kerja pengecaman imej wajah muka dan cadangan penyelidikan yang selanjutnya.

BIBLIOGRAFI

- A A Somaie "Face Identification Using Computer Vision," Phd tesis, University of Bradford, 1996.
- A A Somaie and S S Ipson, "A Review of Human Face Recognition Systems", Report No. 546, The University of Bradford, UK, May, 1994.
- A. Jay Goldstein, Leon D. Harmon, and Ann B. Lesk, "Identification of Human Faces", Proceeding of IEEE, Vol. 59, No. 5 PP. 748-760, May, 1971.
- A. Jay Goldstein, Leon D. Harmon, and Ann B. Lesk, "Man-Machine Interaction in Human-Face Identification", American Telephone and Telegraph Company, The Bell System Technical Journal, Vol. 51, No.2 , pp.399-427, February, 1972.
- A. Khotanzad et al., Zernike moment based rotation invariant features for pattern recognition, SPIE 1002. Page 212-219 (1988).
- Abu Mostafa, Yaser S. and D. Psaltis(1984), "Image Normalization By Complex Moments", IEEE Transaction On Pattern Analysis, And Machine Intelligence. Vol. PAMI-7, No. 1, pp. 46-55.
- Abu Mostafa, Yaser S. and D. Psaltis(1984), "Recognitive Aspects of Moment Invariants", IEEE Transaction On Pattern Analysis, And Machine Intelligence. Vol. PAMI-6, No. 6, pp. 698-706.

Ahmad, M.A. Sid(1995). *Image Processing: Theory, Algorithms and Architectures*,
Mc Grawhill.

Alan L. Yuille, David S. Cohen and Peter W. Hallinan, “Feature Extraction from
Faces Using Deformable Templates”, *IEEE Conference CVPR*, San Diego,
USA, pp. 104-109, 1989.

Alireza Khotazad and Yaw Hua Hong, “Invariant Image Recognition by Zernike
Moments”, *IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Inteligence*, Vol.
12, No. 5, pp. 489-497, May, 1990

Andrew W. Young, and Hadyn D. Ellis, “Handbook of Research on Face Processing”,
Elsevier Science Publishers B.V., North-Holland, 1989.

Azizah, A.M.(1995); *Nearest Prototype Classifier Via Distance Measures In Recognising 2-
D Symbols on Utility Maps*, Ph.D. Thesis, Universiti Teknologi Malaysia.

Baback Moghaddam, Chahab Naster, and Alex Pentland, “A Bayesian Similarity
Measure for Direct Image Matching”, M.I.T.,Media Laboratory Perceptual
Computing Section Technical Report No. 393, 1996.

Baback Moghaddam, Chahab Naster, and Alex Pentland, “Bayesian Face Recognition
using Deformable Intensity Surfaces”, *IEEE Conference on Computer Vision
& Pattern Recognition*, San Francisco, CA, June 1996.

C.C. Lin and R. Chellapa, *Classification of partial 2-D shapes using Fourier
descriptors*, *IEEE Trans, PAMI PAMI-9*, 686-690 (1987).

C.-H. Teh and R.T. Chin, *On image analysis by method of moments*, *IEEE
Trans. PAMI PAMI-10*. 496-513 (1988).

C.s. Ramsay, K. Sutherland, D. Renshaw and P.B. Denyer, “A Comparision of Vector
Quantization Code book Generation Algorithms Applied to Automatic Face
Recognition”, *British Machine Vision Conference*, Leeds, pp 508-517, 1992.

Casterman, K.R. (1996). *Digital Image Processing*, Prentice-Hall.

Chahab Naster, and Alex Pentland, "Matching and Recognition Using Deformable Intensity Surfaces", M.I.T., Media Laboratory Perceptual Computing Section Technical Report No. 334, 1995

David S. Bolme, J. Ross Beveridge, Marcio Teixeira and Bruce A. Draper "Face Identification Evaluation System: Its Purpose, Features and Structure", Springer-Verlag, April 2003.

Dzulkifli Mohamed, Ghazali Sulong and S.S.Ipson (1995), "Trademark Matching Using Invariant Moments", Second Asian Conference In Computer Vision. Singapore, pp. 439-444.

Dzulkifli, Mohamed (1997), *The Identification of Trademark Symbols Based on Modelling Techniques*, Ph.D. Thesis, Universiti Teknologi Malaysia.

Flusser, J and T. Suk (1994), "Affine Moment Invariants: A New Tool For Character Recognition", *Pattern Recognition Letters* 15, pp. 433-436.

Flusser, J. and T. Suk (1993), "Pattern Recognition By Affine Moment Invariants", *Pattern Recognition*, Vol. 26, No. 1, pp. 167-174.

Friedberg, S. and A. Insel (1986), *Introduction to Linear Algebra With Applications*, Prentice Hall.

G. Hower, C. Kenney, and B.S. Manjunath, "Image Segmentation via Functionals Based On Boundary Functions", *IEEE Intl. Conf. Image Processing 1996 (ICIP'96)*, Lausanne, Switzerland 1996.

G.G. Gordon, "Face recognition from frontal and profile view." In M. Bichsel, editor, *International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 47-52, 1995.

- H. Midorikawa, "The Face Pattern Identification by Back-Propagation Learning Procedure", Conference SB OPC, 6081-2808, Vol. Supp 1, pp. 515, 1988.
- H. Moon, P.J. Phillips, Computational and Performance aspects of PCA-based Face Recognition Algorithms, Perception, Vol. 30, 2001, pp. 303-321
- Hadyn D. Ellis, Malcolm A. Jeeves FRSE, Freda Newcombe, and Andy Young, "Aspects of Face Processing", Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 1986.
- Hall, E.L. (1979). Computer Image Processing and Recognition, Academia Press.
- Herman Chernoff, "The Use of Faces to Represent Points in K-Dimensional Space Graphically", Journal of the American Statistical Assosiation, Vol. 68, No. 342, PP. 361-368, June 1973.
- Hoel, P.G. (1971), Introduction to Mathematical Statistics, John Wiley & Sons, Inc.
- I. Craw, H. Ellis and J.R. Lishman, "Automatic Extraction of Face-Features", Pattern Recognition Letter, Vol. 5, No. 2, pp. 183-187, February, 1987.
- In S.Li and A.Jain "Face Databases" Handbook of Face Recognition. Springer-Verlag, 2005.
- Ioannis Pitas (1993), "Digital Image Processing Algorithms", Prentice-Hall International Editions.
- Ismail M A, Dzulkifli, Mohd Noor Md Sap "Penyarian sifat Menggunakan Graf Terhubung Dalam Sistem Pengcaman Imej Wajah Muka", Simposium Penyelidikan, Pembangunan dan Perdagangan : Sains Komputer & Teknologi Maklumat' 98, Penang.
- Ismail M A, Mohd Noor Md Sap, Dzulkifli, "Sistem Pengcaman imej wajah muka menggunakan pengembangan Teknik Transformasi Vektor Eigen.", Jurnal Teknologi Maklumat, FSKSM, UTM. Jil. 11, Jun., 1999.

J. Lu, K.N. Plataniotis, A.N. Venetsanopoulos, Face Recognition Using LDA-Based Algorithms, IEEE Trans. on Neural Networks, Vol. 14, No. 1, January 2003, pp. 195-200

Jahne, B. (1992). Digital Image Processing : Concepts, Algorithms & Scientific Applications, Springer-Verlag.

Jain, A.K.(1989), Fundamentals Of Digital Image Processing, Prentice-Hall International Editions.

K. Etemad and R. Chellappa, "Discriminant analysis for recognition of human face images", In ICASSP '96, pp 2148-2151, 1996.

K. Sutherland, D. Renshaw and P.B. Denyer, "A Novel Automatic Face Recognition Algorithm Employing Vector Quantization", Digest of the IEE on Machine Storage and Recognition of Faces, IEE Coll. Digest, No. 17, pp 4/1-4/4, 1992.

K. Sutherland, D. Renshaw and P.B. Denyer, "Automatic Face Recognition", First International Conference on Intelligent System Engineering, pp 29-34, August, 1992.

K. Sutherland, D. Renshaw and P.B. Denyer, "Probablistic Pattern Analysis for Facial Recognition", ICARCV 92, Second International Conference on Automatic Robotics and Computer vision, Proceeding Vol. 1 of 3, pp CV-18.3.1 to CV-18.3.4, Sptember, 1992.

K.H. Wong, H.M. Law, and P.W. Tsang, "A Human Face Recognition System", Electronic Imaging 1988, California, USA, pp. 603-605, March, 1988.

K.H. Wong, Hudson H.M. Law, and P.W. M. Tsang, "A System for Recognizing Human Faces", IEEE, ICASSP, pp. 1638-1642, 1989.

Kay, D.C. and J.R. Lerine (1992), Graphics File Formats, McGraw Hill.

Kenneth Tesui and Peter Nickolls, "Automatic Feature Extraction of Human Facial Images", ICSC Proceeding, pp 505-512, 1989.

- Kunikazu Ueno, Masahiro Kato, Osamu Nakamura and Toshi Minami, "Template Matching of Isodensity Maps for Personal Identification", IEEE VSPC'92 Workshop on Visual Signal Processing and Communication, Raleigh, North Carolina, USA, September, 1992.
- L. Wiskott, J.-M. Fellous, N. Krueger, C. von der Malsburg, Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching, IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 7, 1997, pp. 776-779
- L.D. Harmon, M.K. Khan, Richard Lasch and P.F. Raming, "Machine Identification of Human Faces", Pattern Recognition, Vol.13, No. 2, PP. 97-110, 1981.
- L.Wiskott, J.-M. Fellous, N. Kruger, and C. von der Malsburg. "Face recognition and gender determination." In M. Bichsel, editor, International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 92-97, 1995.
- Leon D. Harmon, and Willard F. Hunt, "Automatic Recognition of Human Face Profiles", Computer Graphics and Image Processing, 6(2), pp. 135-156, 1977.
- Leu, Jia Guu (1991). "Computing A Shape's Moments From Its Boundry", Pattern Recognition. Vol. 24, No. 10, pp. 949-957.
- Li, Bing Cheng (1993), "A New Computation Of Geometric Moments", Pattern Recognition. Vol. 26, No. 1, pp. 109-113.
- Li, Bing Cheng (1993), "The Moment Calculation Of Polyhedra", Pattern Recognition. Vol. 26, No. 8, pp. 1229-1233.
- Lindgren, B.W. (1976). Statistical Theory, MacMillan Publishing Co.
- Lindley and A.Craig A. (1995), Practical Image Processing in C, John Willey.
- M. Nixon, "Automated Facial Recognition and Its Potential for Security", IEEE COLLOQUIA Digest, PP. 5/1 – 5/4, Digest No. 80, May 1986.

M.S. Bartlett, J.R. Movellan, T.J. Sejnowski, Face Recognition by Independent Component Analysis, IEEE Trans. on Neural Networks, Vol. 13, No. 6, November 2002, pp. 1450-1464.

Maitra, S. (1979). "Moments Invariants", Proceeding of IEEE, Vol. 67, No. 4, pp. 697-699.

Manjet Singh Dhatt, "Faces and Recognition: Literature Review", Computer Laboratory, Cambridge University. June 6, 1997.

Mathew Turk and Alex Pentland, "Face Processing: Models for Recognition", SPIE, Vol. 1192, Intelligent Robots and Computer Vision VIII: Algorithms and Techniques, pp. 22-32, 1989.

Matthew Turk and Alex Pentland, "Eigenfaces for Recognition", Journal of Cognitive Neuroscience, Vol. 3, No. 1, pp. 71-86, 1991. Massachusetts Institute of Technology.

Micheal K. Fleming and Garrison W. Cottrel, "Categorization of faces using unsupervised Feature Extraction", International Neural Network Conference, ISCNN, Sandiago, USA, pp II-65 to II-70, June, 1990.

Morrison, D.F. (1990). Multivariate Statistical Method, MacGraw Hill.

Morrison, M. (1993). The Magic of Image Processing, Sams Publishing.

Myler, H.R. and A.R. Weeks(1996), The Pocket Handbook of Imaging Processing Algorithms in C, Prentice Hall.

N.Kiryati, Calculating geometri properties of object represented by Fourier coefficients, Proc. CVPR '88, The computer soc. Conf. On Computer Vision and Pattern Recognition (cat. No. 88 CH2605-4), Ann Arbor, MI, U.S.A.,pp. 641-646(1988).

Nakaji Honda and Shuhei Aida, "Analysis of Multivariate Medical data by Face Method", Pattern Recognition, Vol. 15, No. 3, PP. 231-241, 1982.

- Osmu Nakamura, Sheilendra Mathur, and Toshi Minami, "Identification of Human Faces Based on Isodensity Maps", *Pattern Recognition*, Vol. 24, Part 3, pp 263-272, 1991.
- P.J. Phillips, Syed A. Rizvi, and Patrik J. Rauss "The FERET Evaluation Methodology for Face-Recognition Algorithms" *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, No. 10, October 2000.
- P.Jonathan Philips, Hyeonjoon Moon, Patrick Rauss, and Syed A. Rizvi, "The FERET September 1996 Database and Evaluation Procedure", *International Conference on Audio and Video-based Biometric Person Authentication*, Crans-Montana, Switzerland, 12-14 March 1997.
- Parker, J.R. (1994). *Practical Computer Vision Using C*, John Willey.
- Pearson, D. (1991). *Image Processing*, Mc. Graw-Hill Book Company (UK) Limited.
- R. A. Kuncheva, Pattern recognition method using two-dimensional Hadamard transform, *Proc. Of 7th Intern. Conf. On Robot Vision Sensory Controls: Rovisec-7-Advanced Sensor Technology*, Zurich, Switzerland, 231-236 (1988).
- Ren-Jay (Jeffrey) Huang, "DETECTION STRATEGIES FOR FACE RECOGNITION USING LEARNING AND EVOLUTION", Ph. D dissertation of Information Technology at George Mason University, May 1998.
- Richard J. Poulo, "New Invariants for Three dimensional Recognition", *Computer vision Representation and control*, *Proc. Of the Workshop on MD and USA*, pp. 158-163, 1984.
- Robert Y. Wong and Ernest L. Hall, "Scene Matching with Invariant Moments", *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 8, pp, 16-24, 1978.

- Roberto Brunelli and Toaso Poggio, "Face Recognition: Features Versus Templates", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 15, No. 10. pp. 1042-1052, October, 1993.
- Robin Sherman, "Personal Identity Verification Using Automatic Face Identification", Smart Card 90, Conference, London, pp. N1-N24, February, 1990.
- S S Ipson, A A Somaie, and W Both, "Face Identification Using 2-D Isodensity Moments", ACCV'95, Second Asian Conference on Computer Vision, Singapore, Vol. 2, pp. 484-488, December, 1995, ISBN 981-00-7189-2.
- S. Zhou, R. Chellappa, Multiple-exemplar discriminant analysis for face recognition, Proc. of the 17th International Conference on Pattern Recognition, ICPR'04, 23-26 August 2004, Cambridge, UK, pp. 191-194
- Samal and Iyengar. "Automatic Recognition and Analysis of Human Faces and Facial Expressions: A Survey", Pattern Recognition, Vol. 25, No. 1, pp. 65-77, 1992
- Shaogang Gong, Stephen McKenna, Alexandra Psarrou, "From Images to Face Recognition", World Scientific Publishing Company, 2000.
- Sidharta Maitra, "Moment Invariants", Proceedings of the IEEE, Vol. 67, No. 4, April, 1979.
- Sirovich and M. Kirby, "Low Dimensional Procedure the Characterization of Human Faces", Optical Society of America, Vol. 4, No. 3, pp 519-524, March 1987.
- T.J. Stonham, Hadyn D.Ellis, Malcolm A. Jeeves, Freda Newcombe and Andy Young, Aspect of Face Processing, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, pp. 427-441, 1986.
- Toshiyuki Sakai, Makoto Nagao and Tafeo Kanade, "Computer Analysis and Classification of Photographs of Human Faces", Proceeding 1st USA-Jap. Computer Conference AFIPS, pp 55-62, 1972.

Tsuyoshi Sakaguchi, Osamu Nakamura and Toshi Minami, "Personal Identification Through Facial Images Using Isodensity Lines", *Visual Communication and Image Processing I. V*, SPIE, Vol. 1199, pp 643-654, 1989.

Universiti Teknologi Malaysia (2004). *Panduan Menulis Tesis*, Penerbit, Universiti Teknologi Malaysia.

Viki Bruce and Mike Burton, "Computer Recognition of Faces", A.W Young and H.D. Ellis, *Handbook of Research on Face Processing*, Elsevier Science Publishers B.V, PP. 487-506, 1989.

Wendy S. Yambor , "ANALYSIS OF PCA-BASED AND FISHER DISCRIMINANT-BASED IMAGE RECOGNITION ALGORITHMS" July 2000, Technical Report CS-00-103

W.D.Stromberg and T.G. Farr, A Fourier-based textural feature extraction procedure, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing GE-24*, 722-731 (1986).

X. Jia and M.S. Nixon, "Extending the Feature Set for Automatic Face Recognition", proceeding of the 4th IEEE International Conference on Image Processing and Its Applications, Maastricht, Netherlands, pp. 155-158, April, 1992.

Xiaoguang Jia and Marks S. Nixon, "Automatic Feature Extraction for Face Recognition", *Proceeding of International Conference on Signal Processing*, Beijing, China, Vol. II, pp. 1035-1037, October, 1993.

Y.Kaya and K.Kobayashi, "A basic study on human face recognition", in *Frontier of Pattern Recognition*, New York Academic, 1971, pp. 265-289.

Yaser S. Abou-Mostafa and Demetri Psaltis, "Image Normalization by Complex Moments", *IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Inteligence*, Vol. PAMI-7, No. 1, pp. 46-55, January, 1985.

Zi-Quan Hong, "Algebraic Feature Extraction of Image for recognition", *Pattern Recognition*, Vol. 24, No. 3, pp. 211-219, 1991.

Laurenz Wiskott, Jean-Marc Fellous, Norbert Kruger, and Christoph von der Malsburg
"Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching". In *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).