

**PENILAIAN KAEDAH LALUAN TERPENDEK :  
RANGKAIAN JALAN RAYA  
KAJIAN KES : NEGERI JOHOR DAN MELAKA**

**ROHAIZAN BINTI RAMLAN**  
(Sarjana Teknologi Maklumat (Pembuatan), UTM)

Tesis ini telah dikemukakan  
sebagai memenuhi syarat penganugerahan  
Ijazah Sarjana Teknologi Maklumat (Pembuatan)

Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat  
Universiti Teknologi Malaysia

OKTOBER 2005

## **PENGHARGAAN**

Dengan nama Allah yang maha pemurah lagi maha penyayang. Syukur kehadiran Illahi kerana dipermudahkan dalam segala urusan.

Jutaan terima kasih kepada Prof. Madya Dr Ab Rahman Bin Ahmad selaku penyelia di atas nasihat dan sokongan serta tunjuk ajar dan bantuan sepanjang pelaksanaan projek ini.

Ribuan terima kasih juga buat pensyarah-pensyarah yang membantu dalam memberikan nasihat serta panduan.

Ucapan teristimewa buat keluarga di atas doa dan sokongan sepanjang pengajian di UTM.

Buat rakan-rakan seperjuangan yang sentiasa bersama-sama dalam memberikan pendapat dan tunjuk ajar ketika diperlukan.

## ABSTRAK

Penggunaan teknologi moden dalam mencari rangkaian laluan terpendek telah menyebabkan masalah pencarian laluan terpendek antara dua lokasi dapat diselesaikan. Kebanyakan kajian laluan terpendek menggunakan rangkaian yang dijana secara rawak yang mana tidak mempunyai sifat rangkaian jalan raya yang sebenar. Terdapat pelbagai kaedah klasik yang digunakan untuk mencari laluan terpendek. Antara kaedah-kaedah yang digunakan adalah *Dijkstra*, *Floyd-Warshall* dan *Bellman-Ford*. Akan tetapi, setiap kaedah berikut mempunyai kekurangan dan kelebihan untuk diimplementasi kepada rangkaian jalan raya sebenar. Penilaian akan dibuat dengan pengiraan terhadap kompleksiti algoritma serta masa larian menggunakan komputer. Berdasarkan penilaian, satu kaedah terbaik bagi mencari laluan terpendek rangkaian jalan raya bagi negeri Johor dan Melaka dikenalpasti.

## ABSTRACT

Modern technology that is used to find the shortest path had clear up problems like finding the shortest path between the two location. Random networking, which didn't have the exact road network, is used in most of the shortest paths research. There are various classical methods that are used to find the shortest path. Some of it are *Dijkstra*, *Floyd-Warshall* and *Bellman-Ford*. But every method has its restriction and advantage to implement for the exact road networking. Assessment will be done by calculate the algorithm completion and runtime using the computer. From the assessment, a proper method is found in order to find Johore's and Malacca's shortest path road networking.

## KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>Penghargaan</b>	i
	<b>Abstrak</b>	ii
	<b>Abstract</b>	iii
	<b>Kandungan</b>	iv
	<b>Senarai Jadual</b>	vii
	<b>Senarai Rajah</b>	viii
	<b>Senarai Istilah</b>	ix
	<b>Senarai Lampiran</b>	x
<b>BAB 1</b>	<b>PENGENALAN</b>	<b>1</b>
	1.1 Pendahuluan	1
	1.2 Penyata Masalah	2
	1.3 Kepentingan Kajian	3
	1.4 Matlamat Kajian	3
	1.5 Objektif Kajian	4
	1.6 Skop Kajian	4
	1.7 Aliran Bab dan Kajian	5
	1.8 Kesimpulan	5
<b>BAB 2</b>	<b>KAJIAN LITERATUR</b>	<b>6</b>
	2.1 Pengenalan	6
	2.2 Struktur Jalan Raya Negeri Johor	6

2.3	Laluan Terpendek	8
2.4	Rangkaian	9
2.4.1	Nod dan Arka	10
2.5	Pengiraan Kompleksiti	11
2.6	Masa Larian	13
2.7	Algoritma-algoritma pilihan	14
2.7.1	Algoritma Dijkstra	15
2.7.1.1	Algoritma	15
2.7.1.2	Langkah-langkah penyelesaian	16
2.7.1.3	Contoh Pengiraan	17
2.7.1.4	Kompleksiti Algoritma	28
2.7.1.5	Perbincangan	28
2.7.2	Algoritma Bellman-Ford	29
2.7.2.1	Algoritma	29
2.7.2.2	Langkah-langkah penyelesaian	30
2.7.2.3	Contoh Pengiraan	31
2.7.2.4	Kompleksiti Algoritma	42
2.7.2.5	Perbincangan	42
2.7.3	Algoritma Floyd-Warshall	43
2.7.3.1	Algoritma	43
2.7.3.2	Langkah-langkah penyelesaian	44
2.7.3.3	Contoh Pengiraan	45
2.7.3.4	Kompleksiti Algoritma	56
2.8	Perbincangan Umum	56
2.9	Kesimpulan	59
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>60</b>
3.1	Pengenalan	60
3.2	Rangka Kerja Kajian	60

3.3	Fasa 1: Perancangan	61
3.4	Fasa 2: Analisa masalah	62
3.5	Fasa 3: Implementasi	62
3.6	Fasa 4: Hasil	62
3.7	Pecahan Rangka kerja	63
3.8	Kesimpulan	64
<b>BAB 4</b>	<b>HASIL DAN ANALISIS</b>	<b>65</b>
4.1	Pengenalan	65
4.2	Pengiraan Kompleksiti	65
4.3	Masa Larian	67
4.3.1	Perbandingan Pertama	69
4.3.2	Perbandingan Kedua	78
4.4	Analisis	8
4.5	Kesimpulan	97
<b>BAB 5</b>	<b>PERBINCANGAN DAN KESIMPULAN</b>	<b>98</b>
5.1	Pengenalan	98
5.2	Kelebihan Kajian	99
5.3	Kelemahan Kajian	99
5.4	Cadangan Pembaikan	100
	<b>BIBLIOGRAFI</b>	<b>101</b>
	<b>LAMPIRAN A</b>	
	Perancangan Projek I	
	<b>LAMPIRAN B</b>	
	Perancangan Projek II	

**LAMPIRAN C**

Peta Laluan Jalan Raya Negeri  
Johor dan Melaka

**LAMPIRAN D**

Data Laluan Jalan Raya Negeri  
Johor dan Melaka



## SENARAI JADUAL

---

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Tandaan nod jalan negeri bagi setiap negeri	7
2.2	Rumusan data laluan secara keseluruhan	7
2.3	Rumusan data laluan negeri Johor dan Melaka	8
2.4	Kaitan di antara fungsi polinomial dengan kelajuan komputer	13
2.5	Penyelesaian langkah 1	18
2.6	Penyelesaian langkah 2	18
2.7	Penyelesaian langkah 3	19
2.8	Penyelesaian langkah 4	19
2.9	Penyelesaian langkah 5	20
2.10	Penyelesaian langkah 6	20
2.11	Penyelesaian langkah 7	21
2.12	Penyelesaian langkah 8	21
2.13	Penyelesaian langkah 9	22
2.14	Penyelesaian langkah 10	22
2.15	Penyelesaian langkah 11	23
2.16	Penyelesaian langkah 12	23
2.17	Penyelesaian langkah 13	24
2.18	Penyelesaian langkah 14	24
2.19	Penyelesaian langkah 15	25
2.20	Penyelesaian langkah 16	25
2.21	Penyelesaian langkah 17	26
2.22	Penyelesaian langkah 18	26
2.23	Penyelesaian langkah 19	27
2.24	Jadual $C_{ij}$ bagi lelaran 1	46

2.25	Jadual $D_{ij}$ bagi lelaran 1	46
2.26	Jadual $C_{ij}$ bagi lelaran 2	47
2.27	Jadual $D_{ij}$ bagi lelaran 2	47
2.28	Jadual $C_{ij}$ bagi lelaran 3	48
2.29	Jadual $D_{ij}$ bagi lelaran 3	48
2.30	Jadual $C_{ij}$ bagi lelaran 4	49
2.31	Jadual $D_{ij}$ bagi lelaran 4	49
2.32	Jadual $C_{ij}$ bagi lelaran 5	50
2.33	Jadual $D_{ij}$ bagi lelaran 5	50
2.34	Jadual $C_{ij}$ bagi lelaran 6	51
2.35	Jadual $D_{ij}$ bagi lelaran 6	51
2.36	Jadual $C_{ij}$ bagi lelaran 7	52
2.37	Jadual $D_{ij}$ bagi lelaran 7	52
2.38	Jadual $C_{ij}$ bagi lelaran 8	53
2.39	Jadual $D_{ij}$ bagi lelaran 8	53
2.40	Jadual $C_{ij}$ bagi lelaran 9	54
2.41	Jadual $D_{ij}$ bagi lelaran 9	54
2.42	Jadual $C_{ij}$ bagi lelaran 10	55
2.43	Jadual $D_{ij}$ bagi lelaran 10	55
2.44	Menunjukkan perbandingan masa larian dan kompleksiti bagi algoritma <i>Floyd-Warshall</i> dan <i>Johnson</i>	57
2.45	Keputusan perbandingan masa proses bagi algoritma <i>Floyd-Warshall</i> menggunakan set nod yang berbeza	58
2.46	Keputusan kadar kerumitan algoritma	58
4.1	Jumlah operasi untuk setiap kaedah yang telah dibincangkan	67
4.2	Hasil larian <i>Floyd-Warshall</i> menggunakan ketiga-tiga perkakasan bagi perbandingan pertama	70
4.3	Hasil larian <i>Dijkstra</i> menggunakan ketiga-tiga perkakasan bagi perbandingan pertama	73

4.4	Hasil larian <i>Bellman-Ford</i> menggunakan ketiga-tiga perkakasan bagi perbandingan pertama	76
4.5	Hasil larian keseluruhan masa larian bagi <i>Floyd-Warshall</i> bagi perbandingan kedua	79
4.6	Hasil larian keseluruhan masa larian bagi <i>Dijkstra</i> bagi perbandingan kedua	8
4.7	Hasil larian keseluruhan masa larian bagi <i>Bellman-Ford</i> bagi perbandingan kedua	8
4.8	Perbandingan kaedah-kaedah laluan terpendek	95

## SENARAI RAJAH

---

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Contoh graf berarah yang mengandungi enam nod (A,B,C,D,E,F) dan sembilan arka dengan arka yang mempunyai pemberat	9
2.2	Contoh graf dengan empat nod	10
2.3	Contoh-contoh tandaan nod	10
2.4	Contoh graf dengan arka dan nod	11
2.5	Jenis-jenis arka a: Berpemberat Positif. b: Berpemberat Negatif	11
2.6	Model rangkaian bagi <i>Dijkstra</i>	17
2.7	Model rangkaian bagi <i>Bellman-Ford</i>	31
2.8	Model penyelesaian bagi langkah 1	32
2.9	Model penyelesaian bagi langkah 2	33
2.10	Model penyelesaian bagi langkah 3	34
2.11	Model penyelesaian bagi langkah 4	35
2.13	Model penyelesaian bagi langkah 5	36
2.14	Model penyelesaian bagi langkah 6	37
2.15	Model penyelesaian bagi langkah 7	38
2.16	Model penyelesaian bagi langkah 8	39
2.17	Model penyelesaian bagi langkah 9	40
2.18	Model penyelesaian bagi langkah 10	41
2.19	Model penyelesaian bagi pengiraan <i>Bellman-Ford</i>	42
2.20	Model rangkaian bagi <i>Floyd-Warshall</i>	45
3.1	Rangka kerja kajian	61
4.1	Masa larian janaan pertama <i>Floyd-Warshall</i> bagi laluan Johor Bahru ke Skudai menggunakan	71

	komputer riba	
4.2	Hasil larian kedua bagi kaedah <i>Floyd-Warshall</i>	72
4.3	Masa larian janaan pertama <i>Dijkstra</i> bagi laluan Johor Bahru ke Skudai menggunakan komputer riba	74
4.4	Hasil larian kedua bagi kaedah <i>Dijkstra</i>	75
4.5	Masa larian janaan pertama <i>Bellman-Ford</i> bagi laluan Johor Bahru ke Skudai menggunakan komputer riba	77
4.6	Hasil larian kedua bagi kaedah <i>Bellman-Ford</i>	78
4.7	Masa larian kaedah <i>Floyd-Warshall</i> janaan Pertama Bagi Komputer Riba	8
4.8	Masa larian kaedah <i>Floyd-Warshall</i> dari Johor Bahru ke Skudai bagi komputer riba	8
4.9	Masa larian kaedah <i>Floyd-Warshall</i> dari Merlimau ke Batang Melaka bagi komputer riba	8
4.10	Masa larian kaedah <i>Dijkstra</i> dari Johor Bahru ke Skudai bagi komputer riba	8
4.11	Masa larian kaedah <i>Dijkstra</i> dari Merlimau ke Batang Melaka bagi komputer riba	8
4.12	Masa larian Kaedah <i>Bellman_Ford</i> dari Johor Bahru ke Skudai bagi komputer riba	8
4.13	Masa larian kaedah <i>Bellman_Ford</i> dari Merlimau ke Batang Melaka bagi komputer riba	8
4.14	Hubungan masa larian bagi kaedah <i>Floyd-Warshall</i>	8
4.15	Hubungan masa larian bagi kaedah <i>Dijkstra</i>	90
4.16	Hubungan masa larian bagi kaedah <i>Bellman-Ford</i>	90
4.17	Hubungan masa larian dengan laluan bagi kaedah <i>Floyd-Warshall</i>	91
4.18	Hubungan masa larian dengan laluan bagi kaedah <i>Dijkstra</i>	92
4.19	Hubungan masa larian dengan laluan bagi kaedah <i>Bellman-Ford</i>	93
4.20	Perbandingan masa larian bagi kaedah <i>Dijkstra</i> dan	93

	<i>Bellman-Ford</i>	
4.21	Hubungan bilangan nod dengan masa larian bagi kaedah <i>Dijkstra</i>	94
4.22	Anggaran masa larian bagi ketiga-tiga kaedah	96

## SENARAI ISTILAH

---

Pendaraban Matrik	-	<i>Matrix Multiplication</i>
Pencontoh	-	<i>Template</i>
Dibahagian	-	<i>Bipartite</i>
Arka	-	<i>Arc</i>
Nod	-	<i>Node</i>
Berarah	-	<i>Directed</i>
Pemberat	-	<i>Weight</i>
Mercu	-	<i>Vertex</i>
Pinggir	-	<i>Edge</i>
Orientasi Objek	-	<i>Object Oriented</i>
Pangkalan Data	-	<i>Database</i>
Pemberat	-	<i>Cost</i>
Bukan Negatif	-	<i>Non-Negative</i>
Punca Tunggal	-	<i>Single Source</i>
Setiap Pasangan	-	<i>All Pairs</i>

## SENARAI LAMPIRAN

---

LAMPIRAN	TAJUK
A	Perancangan Projek I
B	Perancangan Projek II
C	Peta Laluan Jalan Raya Negeri Johor dan Melaka
D	Data Laluan Jalan Raya Negeri Johor dan Melakar



# **BAB 1**

## **Pengenalan**

### **1.1 Pendahuluan**

Laluan terpendek selalunya digunakan dalam keadaan seharian seperti perjalanan di antara dua lokasi, samada berjalan dari satu bilik ke satu bilik yang lain, dari satu jalan ke jalan yang lain, atau dari satu bandar ke bandar yang lain. Dengan penyelesaian laluan terpendek juga, laluan yang dapat menjimatkan masa dan kos dapat dicari.

Data jalan raya negeri Johor dan negeri Melaka digunakan dalam kajian ini. Data digunakan bagi menunjukkan perbandingan masa larian di antara kaedah-kaedah laluan terpendek yang dipilih.

Struktur jalan raya yang telah meningkat menyebabkan rangkaian jalan rayanya bertambah. Ini merupakan satu pertambahan yang baik bagi pengguna jalan raya. Dengan ini, terdapat pelbagai alternatif jalan raya di setiap laluan. Keadaan ini menyumbang kepada masalah mencari laluan terpendek terbaik antara dua lokasi.

## 1.2 Penyata Masalah

Walaupun pengiraan laluan terpendek adalah matlamat utama dalam banyak sistem pengangkutan dan analisa rangkaian, tetapi untuk mendapatkan satu algoritma laluan terpendek bagi rangkaian jalan raya yang sebenar adalah sukar. Ini kerana kebanyakan kajian yang dibuat menggunakan data yang dijana secara rawak. Di samping itu, tiada satu pun algoritma yang dikaji oleh penyelidik-penyelidik dapat menyediakan algoritma yang terbaik dan dapat mengatasi permasalahan yang timbul semasa pengiraan laluan terpendek dilakukan pada jaringan sebenar.

Algoritma yang biasa digunakan untuk mendapatkan laluan terpendek adalah *Dijkstra* dan digunakan secara meluas pada sistem *GIS* dan perisian yang dibangunkan menerusi model jaringan. Manakala penggunaan algoritma *Dijkstra* pula memang diketahui umum kepantasan penjanaannya. Akan tetapi, algoritma ini hanya mencari laluan bagi nod yang bersumber tunggal (*single source shortest path*) dan terpaksa dilakukan berulang-ulang kali bagi mendapatkan laluan terpendek bagi nod yang dikehendaki. Pencarian kaedah yang terbaik diperlukan bagi memperbaiki masalah ini.

Algoritma *Floyd-Warshall* merupakan algoritma yang terbaik bagi mencari laluan terpendek, tetapi mengambil masa pengiraan yang lama. Ini berlaku kerana algoritma *Floyd-Warshall* menganggap setiap nod adalah nod punca. Manakala nod punca ini juga boleh dijadikan sebagai nod destinasi.

Algoritma *Belman Ford* pula hanya memperbaiki sedikit kelemahan yang ada pada algoritma *Dijkstra* untuk kes-kes tertentu tetapi tidak dapat memperolehi keputusan yang lebih baik dari algoritma *Dijkstra*.

Edan dan Don telah membuat kajian berkenaan dengan kaedah laluan terpendek yang paling sesuai dengan struktur rangkaian jalan raya di Amerika Syarikat. Beliau mendapati *Dijkstra* yang telah diubahsuai merupakan kaedah yang paling sesuai dengan rangkaian ini.

### 1.3 Kepentingan Projek

Kajian berkenaan pencarian algoritma terbaik bagi rangkaian jalan raya sebenar negeri Johor dan negeri Melaka belum lagi pernah di jalankan. Terutamanya kajian yang melibatkan keberkesanan algoritma *Floyd-Warshall* dalam laluan terpendek. Oleh itu, kajian ini merupakan satu permulaan bagi kajian-kajian yang melibatkan algoritma laluan terpendek khususnya algoritma *Floyd-Warshall*.

### 1.4 Matlamat Projek

Dengan adanya analisa perbandingan ini, di harap dapat membantu mengenalpasti dan membuktikan kaedah yang terbaik dalam mencari laluan terpendek berdasarkan kajian kes jalan raya negeri Johor dan negeri Melaka. Pembuktian dilakukan dengan mencari pengiraan kompleksiti dan masa larian bagi algoritma-algoritma yang dipilih.

## 1.5 Objektif Projek

Objektif utama projek ini adalah seperti berikut:

Membuat perbandingan algoritma yang sedia ada bagi mendapatkan algoritma laluan terpendek yang terbaik. Ini dilakukan dengan pembuktian dari segi:-

- i. Pengiraan kompleksiti.
- ii. Masa larian.

## 1.6 Skop Projek

Bagi menghasilkan output yang sesuai, kajian akan mempertimbangkan beberapa kriteria :

### 1 Skop bagi kaedah.

- i) ~~K~~edah yang digunakan adalah kaedah-kaedah laluan terpendek tradisional. (*Dijkstra, Bellman -Ford, Floyd Warshall.*)

### 2 Skop bagi data.

- i) Data yang digunakan merupakan data sebenar dalam laluan jalan raya negeri Johor dan Melaka.
- ii) Set data yang diuji tidak mengambil kira laluan negatif dalam struktur rangkaian.
- iii) Rangkaian mempunyai laluan berarah dari nod ke semua nod dalam rangkaian tersebut.
- iy Rangkaian mempunyai laluan berarah dua hala.

- y Tidak mengambil kira halangan dalam rangkaian seperti faktor lampu isyarat, kesesakan dan jalan rosak.
- 3 Parameter yang ingin dikaji adalah dari segi masa larian dan pengiraan kompleksiti.

### **1.7 Aliran Bab dan Kajian**

Analisa berkenaan dengan kajian literatur berada dalam bab dua. Bab ini menerangkan secara terperinci mengenai set data dan kaedah laluan terpendek tradisional serta membincangkan aplikasi dan penggunaan bagi setiap kaedah yang pernah digunakan. Bab tiga berkenaan dengan metodologi yang digunakan dalam membantu menyelesaikan kajian ini. Bab empat pula menerangkan hasil dan analisa bagi objektif yang ingin dicapai. Kesimpulan mengenai kaedah yang terbaik bagi kajian kes ini dinyatakan dalam bab ini. Seterusnya penambahbaikan dan kesimpulan terhadap kajian ini, berada dalam bab lima.

### **1.8 Kesimpulan**

Bab ini merupakan bab pengenalan yang memberi pandangan keseluruhan berkenaan dengan perbincangan bagi bab-bab seterusnya. Dalam bab ini perbincangan mengenai penyataan masalah serta objektif kajian diberikan. Skop bagi kajian ini juga dihuraikan. Akhir sekali disertakan aliran bab serta kajian dalam tesis.

## BIBLIOGRAFI

- 1     A.L. Roginsky, K.J. Christensen, V. Srinivasan (1999). *New methods for shortest path selection for multimedia traffic with two delay constraints*. Computer Communications 22 (1999) 1531–1539
- 2     Brian,, V.G (2000). Exploring Shortest Path Algorithms, Department Of Geography, University of Wisconsin.
- 3     Farag Sallabi, Ahmed Karmouch, Khaled Shuaib (2005).*Design and implementation of a network domain agency for scaleable QoS in the Internet*. Computer Communications 28 (2005) 12–24
- 4     Herbert S. Wilf (1994). *Algorithms and Complexity*. Internet Edition
- 5     Hochbaum, Dorit (1997), *Graph Algorithms and Network Flows, IEOR*, 266
- 6     <http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u064/u064.html>
- 7     [http://www.ece.nwu.edu/~guanghai/Transportation/spt/section3\\_2.html](http://www.ece.nwu.edu/~guanghai/Transportation/spt/section3_2.html)  
Bellman-Ford Algorithm, 13 Februari 2005
- 8     [http:// users.forthnet.gr/ath/kimon/CC/CCC1b.htm](http://users.forthnet.gr/ath/kimon/CC/CCC1b.htm)  
An Introduction to Computational Complexity
- 9     Huabei Yin dan Yuejiao Zhou (2003), Empirical Evaluation of All-Pairs Shortest Paths Algorithms
- 10    Kiseok Sung , Michael G.H. Bell, Myeongki Seong, Soondal Park (2000). *Shortest paths in a network with time-dependent flow speeds*. European Journal of Operational Research 121 (2000) 32 – 39

- 11 Kyu-Yeul Lee, Myung-Il Roh, Hyuk-Su Jeong (2005). *An improved genetic algorithm for multi-floor facility layout problems having inner structure walls and passages*. Computers & Operations Research 32 (2005) 879–899.
- 12 Mc Hugh, James A (1990). *"Algorithmic Graph Theory"*. Englewood Cliffs, N.J. Prentice-Hall.
- 13 Mustafa Anjang Ahmad (2003). Analisis Laluan Terpendek Untuk GIS Navigasi Kendaraan.
- 14 Saunders, Shane (2004). *Improved Shortest Path Algorithms for Nearly Acyclic Graphs*. University of Canterbury: Ph.D. Thesis.
- 15 S. Namkoong, J.-H. Rho, J.-U. Choi (1998). *Development of the, Tree-Based Link Labeling Algorithm for optimal Path-Finding in Urban Transportation Networks*. M&I. Computer. Modelling Vol. 27, No. 11, pp. 51-65, 1998
- 16 Wem's (2001), *Peta Panduan Jalan dan Lebuhraya Malaysia*
- 17 Wen-Lin Yang (2004). *A comparison of two optimal approaches for the MCOP problem*. Journal of Network and Computer Applications 27 (2004), 151–162
- 18 West, D.B (2001), *Introduction To Graph Theory Second Edition*, PrenticeHall, Inc
- 19 Yen, J.Y. *Shortest Path Network Problems*, Herstellung: Verlag Anton Hain KG-Meisenheim am Glan
- 20 Yijie Han (2004). *Improved Algorithm for All Pairs Shortest Path*. InformationProcessing Letters 9 (2004), 245-250.
- 21 Zhan, F. B. and Noon, C. E (1998). *Shortest Path Algorithm : An Evaluation using Real Road Network*. Transportation Science, Vol. 32, No. 1, February 1998.

- 22 Zhiyang Yao, Satyandra K. Gupta, Dana S. Nau (2003). *Algorithms for selecting cutters in multi-part milling problems*. *Computer-Aided Design* 35 (2003) 825–839