SUATU ALTERNATIF TEKNIK PENYAHKABURAN

NAZIRAH RAMLI
Universiti Teknologi MARA Cawangan Pahang, 26400 Bandar Jengka, Pahang

ABSTRAK

Kertas kerja ini memperkenalkan suatu alternatif dalam teknik penyahkaburan iaitu melalui kaedah kesubset-an. Kriteria pemilihan teknik penyahkaburan Wang (1997) iaitu kebolehpercayaan, kekukuhan dan kemudahan pengiraan diuji bagi kaedah kesubset-an dengan norma-t hasil darab Aljabar dan berdasarkan data ramalan kemasukan Song dan Chissom (1993b).

PENDAHULUAN

Ketika kita dalam era peningkatan pengunaan konsep set kabur, kita masih lagi tercari-cari cara umum untuk memodelkan masalah dunia nyata melalui set kabur. Penyahkaburan merupakan antara masalah tersebut, yang masih tiada mempunyai kaedah sistematik, biarpun Lotfi Zadeh telah lama memberi cadangan tentang transformasi set kabur kepada skalar.

Secara amnya, penyahkaburan merupakan suatu proses memilih nilai rapuh yang sesuai sebagai output sistem berdasarkan output kabur. Secara formalnya pula, penyahkaburan ditakrif sebagai pemilihan unsur $x^* \in X$ berdasarkan pemetaan daripada set kabur F dalam set semesta $X \subset \Re$ kepada set rapuh $x^* \in X$. Proses ini memainkan peranan penting dalam merealisasikan teknik permodelan sistem kabur seperti kawalan mantik kabur. Output kawalan mantik kabur mestilah berbentuk rapuh kerana proses yang melibatkan jentera, elektrik serta lain-lain lagi hanya boleh menerima isyarat yang tertentu sahaja (bentuk rapuh). Oleh kerana kepentingan tersebut, maka sejak akhir-akhir ini ramai penyelidik mengorak langkah mengkaji masalah penyahkaburan walaupun suatu masa dahulu, ianya tiada mempunyai peluang untuk diperbincangkan secara formal.

Terdapat beberapa kaedah penyahkaburan yang biasa digunakan seperti kaedah pusat bagi kawasan atau sentroid, pusat bagi kawasan terbesar, purata bagi pusat, mod, min bagi maksima dan maksima yang pertama. Namun begitu, dalam beberapa situasi kaedah tersebut gagal memberi hasil yang memuaskan. Sebagai contohnya, kaedah mod hanya mempertimbangkan nilai rapuh dengan fungsi keahlian paling maksimum tanpa mengambil kira nilai rapuh dengan fungsi keahlian yang lain. Manakala bagi kaedah pusat bagi kawasan atau sentroid pula, seringkali output yang diperolehi tidak terletak di bawah fungsi keahlian maksimum. Kaedah pusat bagi kawasan terbesar pula hanya sesuai digunakan apabila terdapat sekurang-kurangnya dua subset kabur yang tidak bersilang. Selain daripada itu, ianya hanya mempertimbangkan pusat bagi kawasan yang terbesar sahaja tanpa mengambil kira kawasan-kawasan yang lain.

Menurut Wang (1997) terdapat tiga kriteria yang perlu dipertimbangkan dalam proses pemilihan kaedah penyahkaburan iaitu kebolehpercayaan, kemudahan pengiraan dan kekukuhannya. Kebolehpercayaan bermaksud nilai nyahkabur x* mestilah mewakili set kabur F dan terletak hampir dengan titik tengah F atau terletak pada titik yang mempunyai darjah keahlian maksimum dalam F. Kemudahan pengiraan pula perlu kerana kawalan mantik kabur berfungsi dalam dunia nyata. Seterusnya, kekukuhan pula bermaksud sedikit perubahan dalam set kabur F tidak akan memberi kesan besar kepada nilai nyahkabur x*. Berdasarkan tiga kaedah penyahkaburan yang biasa digunakan iaitu pusat graviti, purata bagi pusat dan min bagi maksimum, didapati bahawa purata bagi pusat memenuhi ketiga-tiga kriteria dan dianggap yang terbaik (Wang 1997). Reznik (1997) juga mempertimbangkan kriteria yang sama dalam memilih kaedah penyahkaburan. Walaubagaimanapun, beliau turut menekankan kepentingan kriteria kesesuaian penggunaan kaedah dalam pelbagai keadaan.

Zhao dan Govind (1991) pula telah memperkenalkan penggunaan konsep munasabah tetapi tidak mustahak (MTM) dalam kaedah penyahkaburan mereka. Konsep ini bermaksud bahawa nilai nyahkabur sepatutnya terletak dalam fungsi keahlian maksimum. Jika konsep MTM ini dipenuhi, maka set kabur dikatakan sebagai set kabur lazim dan sebaliknya, jika MTM tidak dipenuhi, ia di namakan set kabur tidak lazim.

Pelbagai konsep telah digunakan oleh para penyelidik dalam usaha menghasilkan suatu teknik penyahkaburan yang terbaik. Mabuchi (1993) mencadangkan kaedah penyahkaburan dengan menggunakan konsep analisis kepekaan. Berdasarkan subset kabur atau selang kabur, nilai rapuh ditentukan dengan asas ianya meminimakan kepekaan. Walaubagaimanapun, pendekatan ini dianggap luar biasa oleh sesetengah pihak (Song dan Leland 1996).

Yager dan Filev (1993) pula mencadangkan pendekatan kebarangkalian sebagai asas kepada penyahkaburan. Pendekatan ini menukarkan fungsi keahlian kepada taburan kebarangkalian. Seterusnya, berdasarkan taburan kebarangkalian, nilai rapuh dipilih sama ada melalui eksperimen atau pengiraan nilai jangkaan. Sementara itu, berdasarkan konsep aras set, Filev dan Yager (1993) juga memperkenalkan rumus berparameter bagi prosedur penyahkaburan yang dikenali sebagai penyahkaburan aras set teritlak. Algoritma aras set teritlak turut dibentuk untuk memudahkan penggunaanya.

Pada tahun 1996, Yager pula menggunakan konsep berkelompok dan gabungan ciri bagi kaedah campuran dan tunggal dalam model penyahkaburannya dengan nilai nyahkabur sebagai pusat kelompok. Namun begitu, pendekatan ini hanya sesuai bagi subset kabur yang berbentuk cembung dan tidak sesuai digunakan bagi subset kabur dalam bentuk berperingkat.

Konsep pengoptimuman prestasi indeks pula telah digunakan oleh Song dan Leland (1996) dalam kaedah penyahkaburan mereka. Prestasi indeks dianggap sebagai fungsi dalam output sebenar dan output diinginkan dan proses penyahkaburan dibentuk agar mengoptimumkan prestasi indeks. Song dan Leland menggunakan maklumat kemasukan pelajar Song dan Chissom (1993b) dengan berdasarkan siri masa kabur yang variasi terhadap masa. Seterusnya berdasarkan kaedah penyahkaburan yang diperkenalkan, nilai ramalan kemasukan pelajar diperolehi. Song dan Leland (1996) membahagikan kaedah penyahkaburannya kepada dua kategori berdasarkan pembolehubah yang ditetapkan. Kategori pertama menghasilkan purata ralat ramalan

3.062% dan julat ramalan antara 0.21 hingga 7.36%. Manakala, kategori kedua pula menghasilkan purata ralat ramalan 3.867% dengan julat ramalan antara 0.17 hingga 9.20%.

Oleh kerana perkembangan meluas dalam bidang rangkaian saraf secara buatan dan penggunaannya yang menggalakkan dalam sistem kabur, maka tidak hairanlah sejak akhir-akhir ini rangkaian saraf telah dikenalpasti berfungsi sebagai penyahkabur (Song dan Bortolan 1994). Song dan Smith (1992) telah menguji kebolehan pengunaan rangkaian saraf tiga lapisan sebagai pemetaan untuk menyahkabur output set kabur. Hasilnya, mengesahkan bahawa kebolehan penyahkabur bergantung kepada sampel ujikaji. Lin dan Lee (1995) pula mencadangkan suatu model rangkaian saraf bagi kawalan mantik kabur. Berdasarkan eksperimen didapati bahawa penyahkaburan secara rangkaian saraf cenderung kepada kaedah pusat graviti. Song dan Bortolan (1994) pula membincangkan ciri asas penyahkabur secara rangkaian saraf seperti berekanada secara positif dan negatif. Mereka turut membincangkan cara perlaksanaan ciri tersebut dan batas-batas kebolehan penyahkabur secara rangkaian saraf.

Memandangkan kajian yang menggalakkan dalam bidang penyahkaburan dengan pelbagai kaedah baru diperkenalkan, maka dikemukakan satu lagi alternatif untuk menukarkan output kabur kepada output skalar. Kaedah ini dinamakan sebagai kesubset-an.

PENYAHKABURAN SECARA KESUBSET-AN

Kaedah penyahkaburan ini adalah berasaskan kepada teori sukatan set dan nilai min yang mempunyai kesamaan dengan teorem kesubset-an Kosko yang mana penyahkaburan ditakrifkan sebagai suatu pemetaan N iaitu N: $[0,1]^m \rightarrow X$ dengan $[0,1]^m$ ialah output bagi set kabur dan X pula suatu set semesta yang juga merupakan subset kepada $\Re$. Tanpa hilang keitlakan, set semesta X dinormalkan kepada [0,1]. Seterusnya dengan menggunakan konsep sukatan pembilang sigma bagi set kabur A dan konsep set cermin X (Nazirah 1999) ,nilai nyahkabur diberi sebagai

$$x = \frac{\sqrt[p]{\sum_{i=1}^{n} (t[\mu_A(x_i), x_i])^p}}{\sqrt[p]{\sum_{i=1}^{n} [\mu_A(x_i)]^p}}$$

t merupakan norma segitiga yang juga disebut norma-t seperti minima, hasil darab Aljabar, hasil darab Einstein, Kelas Dombi, Kelas Dubois- Prade, Kelas Yager dan hasil darab drastik.

KEBOLEHPERCAYAAN, KEMUDAHAN PENGIRAAN DAN KEKUKUHAN

Kebolehpercayaan, kemudahan pengiraan dan kekukuhan teknik penyahkaburan kesubset-an ini diuji dengan menggunakan data sekunder iaitu data output kabur kemasukan pelajar Song dan Chissom (1993b). Walaubagaimanapun data output kabur Song dan Chissom (1993b) telah diubahsuai dengan menggunakan 10 nilai linguistik dan operasi hasil darab-maks (Nazirah 1999) dan menghasilkan output kabur seperti dalam Jadual 1. Dalam kajian ini norma-t yang digunakan ialah hasil darab Aljabar iaitu $t(x_i, \mu(x_i)) = x_i . \mu(x_i)$

Jadual 1: Output Kemasukan Kabur

Tahun	**Output Kemasukan Kabur**									
1975	0.25*	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
1976	0	0.25*	0.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0
1977	0	0.25*	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0
1978	0	0	0.5*	1	0.5	0	0	0	0	0
1979	0	0	0.5	0.5*	0.5	0.5	0	0	0	0
1980	0	0	0.25	0.25*	0.5	0.5	0.5	0	0	0
1981	0	0	0	0.25*	0.5	1	0.5	0	0	0
1982	0	0	0	0.5	0.5*	1	0.5	0	0	0
1983	0	0	0.5	0.5	0.5	0.25*	0.25	0	0	0
1984	0	0	0.5	1	0.5	0.25*	0	0	0	0
1985	0	0	0.5	1	0.5*	0	0	0	0	0
1986	0	0	0.5	1	0.5*	0	0	0	0	0
1987	0	0	0.5	0.5*	0.5	0.5	0	0	0	0
1988	0	0	0.25	0.25*	0.5	0.5	0.5	0	0	0
1989	0	0	0	0	0	0	0.25	0.25*	0.25	0
1990	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5*	0.5
1991	0	0	0	0	0	0	0	0.25*	0.5	0.5
1992	0	0	0	0	0	0	0	0.25*	0.5	1
1993	0	0	0	0	0	0	0	0.5*	0.5	1

PERBINCANGAN

Berdasarkan Jadual 2, didapati bahawa purata ralat ramalan ialah 2.7182% iaitu yang terkecil jika dibandingkan dengan hasil ramalan pengkaji-pengkaji lain terhadap data yang sama. Song dan Chissom (1993b) menggunakan teknik penyahkaburan secara kombinasi kaedah titik tengah bagi satu selang atau selang berturut yang mempunyai nilai keahlian output maksimum dan kaedah sentroid bagi selang yang mempunyai nilai keahlian output maksimum tidak berturutan. Ramalan kemasukannya menghasilkan ralat ramalan antara 0.1% hingga 8.7% dan purata ralat ramalan 3.18%. Song dan Chissom (1994) pula menggunakan kaedah penyahkaburan secara rangkaian saraf yang menghasilkan julat ramalan antara 0.2% hingga 8.28% dan purata ralat ramalan. Manakala, Chen (1996) pula mengemukakan kaedah penyatuan hubungan mantik kabur bagi data input kepada beberapa kumpulan tertentu dan menghasilkan ralat ramalan antara 0.1% hingga 9.07% dan purata ralat ramalan

3.23%. Nazirah dan Abu Osman (2000) menggunakan kaedah penyahkaburan hampiran selang berdasarkan pusat bagi kawasan dan menghasilkan ralat ramalan 0.24% hingga 9.09% dan purata ralat ramalan 3.559%.

Berdasarkan prosedur ramalan (Nazirah 1999), didapati ramalan kemasukan pelajar seperti dalam Jadual 2.

Jadual 2: Ramalan Kemasukan

Tahun	**Ramalan Kemasukan Hasil darab Aljabar**		**Kemasukan Sebenar**
	Output asal	**Output diubah sedikit**	
1975	15145	15145	15460
1976	15835	15835	15311
1977	15450	15450	15603
1978	15450	15450	15861
1979	16431	15613*	16807
1980	17215	17215	16919
1981	16850	16850	16388
1982	16850	16850	15433
1983	15835	15835	15497
1984	15450	15450	15145
1985	15450	15450	15163
1986	15450	15450	15984
1987	16431	15613*	16859
1988	17216	17216	18150
1989	18598	18250*	18970
1990	19289	18963*	19328
1991	19438	19438	19337
1992	19650	19650	18876
1993	19650	19650	
Ralat ramalan %	0.2018 – 9.1816	0.5223 – 9.1816	
Purata ralat ramalan %	2.7182	3.4536	

Semasa dalam proses memperoleh nilai ramalan terbaik, purata ralat ramalan bagi setiap nilai p dibandingkan dan didapati bahawa semakin tinggi nilai p semakin kecil purata ralat ramalan. Oleh kerana, perisian Mathcad yang digunakan hanya dapat memberi nilai sehingga p bernilai 50 sahaja, maka ramalan terbaik ini iaitu purata ralat ramalan 2.7182% ialah apabila p bernilai 50. Adalah dijangkakan, jika nilai p lebih besar lagi , maka mungkin ramalan yang lebih baik akan diperoleh.

Berdasarkan Jadual 2, juga didapati bahawa ramalan kemasukan memenuhi kehendak munasabah tetapi tidak mustahak (MTM) yang diperkenalkan oleh Zhao dan Govind (1991). Ini juga bermaksud bahawa kriteria kedua pemilihan kaedah penyahkaburan oleh Wang iaitu kebolehpercayaan telah dipenuhi. Sememangnya untuk melakukan pengiraan ini secara *manua*l adalah terlalu sukar kerana ia memerlukan pengiraan sehingga punca kuasa 50. Walaubagaimanapun, dalam kajian ini dengan menggunakan perisian Mathcad, nilai ramalan didapati dengan mudah.

Seterusnya, dengan meningkatkan 10% hingga 20% nilai output kabur (bertanda '*' dalam Jadual 1), didapati ramalan baru dalam Jadual 2 ('*" melambangkan ramalan kemasukan yang berbeza daripada ramalan asal). Berpandukan Jadual 2 didapati terdapat 78.95% nilai ramalan sama seperti asal biar pun nilai output kabur diubah sedikit. Manakala, bagi bakinya 21.05% iaitu nilai ramalan yang berbeza daripada asal, didapati bahawa ralatnya adalah antara 1.69% hingga 4.98%. Ini bermaksud bahawa perubahan sedikit dalam output kabur tidak memberi kesan besar kepada nilai ramalan yang bermaksud teknik penyahkaburan ini memenuhi kriteria kekukuhan.

RUJUKAN

Filev, D.P. & Yager, R.R. 1993. An adaptive approach to defuzzification based on level sets. *Fuzzy Sets and System* **54**: 355 360.

Lin, C.T. & Lee, C.S.G. 1995. Neural-network-based fuzzy logic control and decision system. *IEE Trans. On Computers* **40**: 1320 1336.

Mabuchi, S. 1993. A proposal for defuzzification strategy by the concept of sensitivity analysis. *Fuzzy Sets and Systems* **55**: 1 14.

Nazirah Ramli. 1999. *Ramalan Kabur Kemasukan Pelajar*. Tesis Sarjana. UKM Bangi.

Nazirah Ramli & Abu Osman Md Tap. 2000. Ramalan Kabur Kemasukan Pelajar Suatu Alternatif. *Prosiding Simposium Kebangsaan Sains Matematik Ke-8*. 1-2 April, Kuala Terengganu.

Reznik, L. 1997. *Fuzzy contollers*. Oxford: Reed Educational and Professional Publishing Ltd.

Song,Q. & Bortolan, G. 1994. Some properties of defuzzification neural networks. *Fuzzy Sets and System* **61**: 83 89.

Song, Q. & Chissom, B.S. 1993a. Fuzzy time series and its model. *Fuzzy Sets And System* **54**: 1 8.

Song, Q. & Chissom, B.S. 1993b. Forecasting enrollments with fuzzy time series-Part I. *Fuzzy Sets and System* **54**: 269 277.

Song, Q. & Chissom, B.S. 1994. Forecasting enrollments with fuzzy time series- Part II. *Fuzzy Sets and System* **62**: 1 8.

Song, Q. & Leland, R.P. 1996. Adaptive learning defuzzification techniques and applications. *Fuzzy Sets and System* **81**: 321 329.

Song, Q. & Smith, R.S. 1992. Neural network representation of defuzzification. *Neural Networks* **2**: 359 366.

Wang, L.X. 1997. *A course in fuzzy systems and control*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.

Yager, R.R. & Filev, D. 1993. On the issue of defuzzification and selection based on a fuzzy set. *Fuzzy Sets and System* **55**: 255 271.

Zhao, R. & Govind, R. 1991. Defuzzification of fuzzy intervals. *Fuzzy Sets and System* **43**: 45 55.