

Penerapan Teori Set Dwikabur Konflik dalam Proses Hierarki Analitik (AHP)

Zamali Hj Tarmudi
Abu Osman Md Tap

ABSTRAK

Dalam keadaan dunia kini yang semakin rumit, banyak masalah tidak dapat diputuskan secara tepat dengan sekadar mengambil kira aspek yang positif semata-mata. Sebaliknya pertimbangan aspek yang negatif seharusnya perlu diambil kira memandangkan dalam kebanyakan permasalahan semasa, terdapat perkara “baik” dan “buruk”, “kelebihan” dan “kelemahan”, “betul” dan “salah” dan sebagainya. Kertas kerja ini mengutarakan suatu ide baru untuk mengemukakan masalah di atas dengan mengambil kira kedua-dua aspek positif dan negatif yang dinilai secara serentak dalam proses membuat keputusan. Teori ini dipanggil set dwikabur konflik yang baru sahaja diperkenalkan bagi mendapatkan penyelesaian yang lebih mirip kepada matlamat yang dikehendaki. Dalam masalah multi-kriteria, kaedah Proses Hierarki Analitik (AHP) sememangnya amat mashyur sebagai alat yang berkuasa dan mampu digunakan untuk menilai sesuatu perkara secara membandingkan penilaian berpasangan sesuatu kriteria terhadap kriteria yang lain dan antara alternatif. Justeru, kertas kerja ini menerapkan pendekatan baru ke dalam AHP dalam contoh pengiraan kami dan diyakini memberi keputusan yang lebih tepat dan bermaklumat berbanding pendekatan sedia ada.

Kata kunci: *AHP, pembuat keputusan multi-kriteria, set dwikabur konflik*

Pendahuluan

Dalam era kemajuan dunia kini yang tiada batasan dan serba bersaing, setiap keputusan yang dibuat pastinya mementingkan ketepatan, kepantasan dan mampu dipertahankan oleh individu mahupun kumpulan pembuat keputusan. Kebanyakan penyelesaian masalah multi-kriteria dibuat dengan hanya mempertimbangkan aspek positif semata-mata, sebaliknya aspek negatif individu yang dinilai diabaikan begitu sahaja dan tidak keterlaluan jika dikatakan penyelidik terdahulu mengandaikan semua faktor yang menentukan 'kelayakan' seseorang atau perkara hanya dibuat dengan mengambil kira aspek positif sahaja. Namun hakikatnya andaian ini kurang tepat, malah banyak lagi permasalahan yang melanda kini tidak cukup dinilai dengan mengambil kira aspek positif sahaja. Sebaliknya aspek yang negatif atau 'kekurangan' juga harus dinilai secara bersama untuk mendapatkan keputusan penilaian yang lebih tepat, bermaklumat dan dapat menggambarkan keputusan yang berteraskan situasi sebenar.

Kajian terdahulu dan semasa yang melibatkan masalah multi-kriteria diselesaikan dengan mengambil kira aspek positif, sebaliknya setakat ini tiada usaha yang konkrit dijalankan untuk menilai aspek negatif secara serentak. Justeru pendekatan sebegini dikhuatiri akan menjadikan keputusan yang dibuat menjadi kurang tepat dan tidak menyeluruh. Oleh itu kertas ini cuba menerapkan pendekatan baru yang mengambil kira kedua-dua aspek positif dan negatif dalam masalah multi-kriteria. Ini dipaparkan seperti urutan berikut; dimulai dengan tujuan kertas kerja ini dan diikuti dengan serba ringkas ide set dwikabur konflik yang dicadangkan, dimulai dengan pengenalan dan seterusnya diperincikan dengan isu dan pendekatan penilaian serta disusuli dengan hubungan kaedah Proses Hierarki Analitik (AHP) dengan pengukuran yang digunakan dan bahagian ini diakhiri dengan cara penerapan set dwikabur konflik dalam AHP. Bahagian seterusnya adalah contoh penggunaan AHP yang terubah suai dengan pendekatan kaedah yang kami kemukakan dan diakhiri dengan bahagian perbincangan dan rumusan.

Kertas kerja ini bertujuan untuk memperkenalkan suatu pendekatan baru dalam permasalahan pembuat keputusan multi-kriteria yang sebelum ini amat popular menggunakan kaedah AHP Saaty. Dengan pendekatan baru ini setiap penilaian dibuat secara perbandingan berpasangan yang mengambil kira kedua-dua aspek positif dan negatif. Penilaian sebegini diyakini lebih tepat bagi mewakili permasalahan sebenar jika dibandingkan penyelesaian yang dibuat secara konvensional sebelum ini.

Ide Set Dwikabur Konflik

Teori set kabur Zadeh (1965) sememangnya diakui mampu untuk meminimumkan masalah ketaktentuan maklumat awal yang melibatkan penilaian manusia. Teori ini terus berkembang dengan pesat dalam pelbagai aplikasi sama ada untuk penyelesaian masalah yang remeh mahupun yang rumit. Seperti yang diketahui, teori set kabur menakrifkan sesuatu perkara dalam selang $[0,1]$ dengan diwakili oleh darjah keahlian. Seterusnya teori ini dilanjutkan kepada teori set kabur intuisyenistik (IFS) yang diperkenalkan oleh Atanassov (1986) yang memperihalkan sesuatu perkara secara dedua fungsi keahlian yang saling lengkap melengkapi. Namun begitu teori IFS mensyaratkan $0 \leq \mu_A(x) + \gamma_A(x) \leq 1$ dan konsep pelengkap yang $\mu_A(x) = 1 - \gamma_A(x)$. Namun secara umumnya ia tidak semestinya sentiasa mematuhi kedua-dua syarat di atas. Umpamanya jika kita memberi tahap kecemerlangan seseorang dengan skor 0.8, tetapi dalam masa yang sama 'kekurangannya' juga tidak dinafikan pada skor 0.3, iaitu $0.8 + 0.3 \geq 1$ maka ini ternyata tidak memenuhi syarat IFS Atanassov.

Memandangkan terdapat kekurangan dalam teori di atas, maka ide set dwikabur konflik diperkenalkan. Menurut Abu Osman (2006), kaedah sebelum ini hanya mempertimbangkan aspek yang positif semata-mata, sebaliknya aspek yang berlawanan (negatif) diabaikan secara total dan ini membuatkan keputusan yang diperolehi kurang tepat dan tidak dapat menggambarkan penilaian secara menyeluruh. Secara logik sesuatu aspek positif yang dinilai ke atas sesuatu perkara atau manusia secara umumnya bukanlah sesuatu yang 'sempurna', manakala aspek negatif yang diabaikan pula tidak semestinya menjadi pelengkap kepada aspek positif yang dinilai. Justeru pendekatan baru ini melepaskan kekangan yang dibuat oleh teori IFS Atanassov (1986), yang mensyaratkan kedua-dua fungsi keahlian memenuhi $0 \leq \mu_A(x) + \gamma_A(x) \leq 1$ dan konsep pelengkap yang secara praktiknya kurang menepati situasi sebenar. Set dwikabur konflik A dalam set semesta X ditakrifkan seperti berikut:

$$A = \{x, \mu_A(x), \gamma_A(x) \mid x \in X\}$$

A dicirikan oleh dua fungsi μ dan γ , yang $\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1]$ dengan $\mu_A(x)$ mewakili darjah kepositifan $x \in X$ terhadap A dan $\gamma_A(x) : X \rightarrow [0,1]$ dengan $\gamma_A(x)$ mewakili darjah kenegatifan $x \in X$ terhadap A.

Isu dan Pendekatan Penilaian

Sejak sekian lama, semua penilaian atau pengukuran terhadap sesuatu perkara atau manusia hanya mengambilkira aspek/komponen yang positif semata-mata. Sebaliknya penilaian yang lebih tepat seharusnya mengambilkira kedua-dua komponen positif dan negatif yang dinilai secara serentak. Dalam kertas ini pengoperasi gabungan yang dicadangkan ialah min geometri untuk menilai komponen yang ‘positif’ dan ‘tak negatif’ iaitu:

$$M_G(x, y) = \sqrt{x(1-y)} \tag{1}$$

Jadual 1: Contoh Pendekatan Penilaian

Kriteria K_i	Tatatanda (a_{ij}^+, a_{ij}^-)	Aspek positif(x)	Aspek negatif(y)	Min $M_G(x, y)$
1	(0.7, 0.3)	0.7	0.3	0.70
2	(0.5, 0.7)	0.5	0.7	0.39
3	(0.9, 0.15)	0.9	0.15	0.87
4	(0.8, 0.3)	0.8	0.3	0.75
5	(0.7, 0.25)	0.7	0.25	0.72

Nota: (a_{ij}^+, a_{ij}^-) membawa maksud (‘aspek positif’, ‘aspek negatif’) yang diberi nilai

Pemilihan pengoperasi gabungan min geometri adalah disebabkan oleh sifatnya yang lebih ‘membeza’ jika dibandingkan dengan kaedah pengoperasi gabungan yang lain (Abu Osman, 2006). Contohnya, jika kita hendak memilih seseorang calon berdasarkan lima kriteria, $K_i = \{c_1, c_2, \dots, c_5\}$, maka kebiasaannya kita hanya akan menilai kelima-lima kriteria tersebut daripada aspek yang positifnya sahaja. Sebaliknya dengan pendekatan yang dicadangkan ini, kita akan menilai kedua-dua aspek positif dan negatif secara serentak seperti ditunjukkan dalam Jadual 1 di atas. Dengan menggunakan pendekatan yang serupa, pengiraan wajaran relatif bagi setiap kriteria pertimbangan dapat dibuat dalam proses pengiraan menggunakan kaedah AHP.

Pengukuran Perbandingan Berpasangan dalam AHP

Dalam memberi penilaian secara bandingan untuk kedua-dua komponen positif dan ‘tak negatif’, penulis menggunakan hubungan keutamaan kabur

dalam selang $[0, 1]$ agar selaras dengan takrifan teori set kabur Zadeh (1965) diberi seperti Jadual 2 berikut:

Jadual 2: Takrifan Nilai Kemasukan dalam Matrik Perbandingan Berpasangan

Nilai a_{ij}	Takrifan
0.0	Tiada bandingan boleh dibuat
0.1	Objektif i adalah 'sangat kurang penting' (10%) daripada objektif j
0.3	Objektif i adalah 'kurang penting' (30%) daripada objektif j
0.5	Objektif i adalah 'sama penting' (50%) daripada objektif j
0.7	Objektif i adalah 'amat penting' (70%) daripada objektif j
0.9	Objektif i adalah 'teramat penting' (90%) daripada objektif j
1.0	Objektif i adalah 'sempurna' kepentingannya (100%) daripada objektif j
0.2, 0.4, 0.6, 0.8	Nilai-nilai kepentingan objektif di antara dua takrifan nombor-nombor di atas

Penerapan Set Dwikabur Konflik dalam AHP

Proses Hierarki Analitik (AHP) konvensional yang diperkenalkan oleh Saaty (1980) adalah suatu kaedah yang amat bermanfaat dan popular dalam menyelesaikan masalah yang melibatkan keputusan multi-kriteria (Tavana et al., 1996; Deng, 1999). Meskipun begitu, masih terdapat beberapa kritikan yang mempersoalkan kewajaran dan ketepatan pendekatan AHP yang digunakan (Watson & Freeling, 1982; Belton & Gear, 1983; Belton, 1986; Deng, 1999; Dyer, 1990).

Namun secara umumnya, kaedah AHP masih diterima sebagai kaedah popular yang digunakan secara meluas terutamanya dalam masalah multi-kriteria. Banyak kajian terdahulu telah memanfaatkan kaedah AHP untuk menyelesaikan masalah dalam pelbagai bidang seperti kajian oleh Yurdakul (2002), Liu dan Shih (2005), Scholl et al. (2005), Bozdog et al. (2003), Ong et al. (2003), Kahraman et al. (2003), Lazarevic (2001), Iwamura dan Lin (1998), Labib et al. (1998), Laing dan Wang (1992), Cannavacciuolo et al. (1994), Yaakob dan Kawata (1999), Drigas et al. (2004) dan ramai pengkaji lain lagi.

AHP secara umumnya dibentuk melalui empat fasa asas berikut: i) menentukan struktur hierarki, ii) membina matrik perbandingan berpasangan, iii) mensintesis matrik keputusan kepada indeks prestasi, dan iv) pemeringkatan indeks prestasi. Berdasarkan empat fasa di atas, sedikit perubahan pendekatan dibuat pada fasa pertama dan fasa yang kedua (tanpa menghilangkan ketepatan kaedah asal) dijelaskan seperti berikut:

- i. Menentukan struktur hierarki – dalam fasa ini penentuan struktur hierarki penilaian dibuat dengan mempertimbangkan kedua-dua aspek positif dan negatif bersama berbanding kaedah klasik yang menimbangkan aspek positif sahaja, namun prosedurnya masih tidak berubah.
- ii. Membina matrik perbandingan berpasangan menggunakan hubungan keutamaan kabur dalam selang $[0,1]$. Fasa ini memperlihatkan terdapat perubahan yang ketara dilakukan, iaitu setiap nilai kemasukan matrik mestilah dibuat secara menilai kedua-dua aspek positif dan negatif, iaitu masing-masing disimbolkan dengan (a_{ij}^+, a_{ij}^-) , yang a_{ij}^+ ialah nilai positif matrik kemasukan dan a_{ij}^- pula ialah nilai negatif matrik kemasukan yang diberi oleh penilai. Bagi memperoleh nilai kemasukan ‘tak negatif’ kita gunakan; $a_{ij}^{\text{tak negatif}} = 1 - a_{ij}^-$, manakala nilai kemasukan berpadanan matrik (simetri) memenuhi $a_{ji} = 1 - a_{ij}^-$ dan nilai kemasukan matrik pada pepenjuruanya $a_{ij} = 0$ apabila $i = j$. Secara umumnya matrik yang terubahsuai, $A = [a_{ij}]_{m \times n}$ boleh ditulis seperti berikut:

$$A = \begin{bmatrix} (a_{11}^+, a_{11}^-) & (a_{12}^+, a_{12}^-) & \dots & (a_{1m}^+, a_{1m}^-) \\ (0, 0) & (a_{ij}^+, a_{ij}^-) & \dots & \dots \\ (1 - a_{ij}^+, 1 - a_{ij}^-) & (0, 0) & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & (0, 0) \end{bmatrix}$$

yang a_{ij}^+, a_{ij}^- masing-masing mewakili aspek positif dan negatif.

- iii. Mensintesis matrik keputusan kepada indeks prestasi menggunakan kaedah penggabungan berhierarki seperti berikut:

$$\tilde{D} = \tilde{W}^T \bullet \tilde{A} \tag{2}$$

yang
$$\tilde{W}^T = \begin{bmatrix} w_{11} \\ w_{21} \\ \dots \\ w_{(m-1)1} \\ w_{m1} \end{bmatrix}^T ; \quad \tilde{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

- iv. Pemeringkatan indek prestasi – fasa terakhir ini dibuat secara menyusun nilai indek prestasi untuk semua alternatif secara susunan menurun. Contohnya, jika susunan menurun nilai indek prestasi untuk n alternatif diperolehi seperti berikut:

$$S_3 > S_1 > S_{n-7} > \dots > S_n > S_{n-3}$$

ini bermaksud alternatif S_3 adalah pilihan terbaik diikuti dengan alternatif S_1 dan seterusnya, sementara S_{n-3} adalah pilihan terakhir antara n alternatif yang dinilai.

Dengan pengubahsuaian pendekatan yang telah diperincikan di atas, seterusnya penulis menyusuli contoh penggunaan dalam pengiraan berangka seperti ditunjukkan di bahagian berikutnya.

Contoh Aplikasi Pengiraan Berangka

Berikut diberikan contoh penerapan konsep konflik yang dicadangkan dalam AHP kabur. Sebagai contoh pengiraan, penulis mengadaptasi kajian kes yang dibuat oleh Deng (1999) dalam masalah pemilihan tender yang terbaik antara tiga syarikat (P_1, P_2, P_3) yang telah dikenal pasti oleh kerajaan tempatan di Victoria, Australia. Pendekatan yang dibuat adalah menggabungkan komponen positif dan ‘tak negatif’ dalam setiap proses penilaian berpasangan yang dibuat. Berdasarkan kajian yang dibuat, empat kriteria utama telah dikenal pasti sebagai faktor yang digunakan untuk menentukan tawaran tender yang terbaik yang harus dipilih oleh kerajaan tempatan terbabit. Kriteria tersebut termasuklah, i) tawaran kos yang menarik (A_1), ii) kebolehan kemahiran teknikal syarikat (A_2), iii) rujukan jaminan syarikat (A_3), dan iv) perkhidmatan yang mampu ditawarkan syarikat (A_4).

Berdasarkan maklumat yang ada, matrik penilaian salingan kabur untuk kriteria pertama tawaran kos yang menarik (k_1), kemahiran teknikal syarikat (k_2), rujukan jaminan syarikat (k_3), dan perkhidmatan yang mampu ditawarkan syarikat (k_4) berasaskan proses perbandingan berpasangan secara konflik ditunjukkan pengiraan secara langkah demi langkah seperti berikut:

$$A_1 = \begin{bmatrix} (0,0) & (0.3,0.8) & (0.9,0.2) \\ (0.7,0.2) & (0,0) & (0.5,0.4) \\ (0.1,0.8) & (0.5,0.6) & (0,0) \end{bmatrix}$$

Dapatkan nilai kemasukan ($a_{ij}^{\text{tak negatif}} = 1 - a_{ij}^-$) untuk setiap nilai kemasukan matrik yang negatif (a_{ij}^-), maka matrik perbandingan berpasangan untuk aspek positif dan 'tak negatif' berikut diperolehi:

$$A_1^i = \begin{bmatrix} (0,0) & (0.3,0.2) & (0.9,0.8) \\ (0.7,0.8) & (0,0) & (0.5,0.6) \\ (0.1,0.2) & (0.5,0.4) & (0,0) \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan pengoperasi gabungan min geometri, persamaan (1) kita akan perolehi matrik berikut:

$$A_1^{ig} = \begin{bmatrix} 0 & 0.24495 & 0.84853 \\ 0.74833 & 0 & 0.54772 \\ 0.14142 & 0.44721 & 0 \end{bmatrix}$$

Perlu dijelaskan bahawa selepas dilakukan operasi gabungan di atas, matrik yang diperolehi menjadi tidak simetri disebabkan penilaian yang dibuat oleh penilai untuk setiap aspek positif dan negatif adakalanya 'melangkaui' syarat IFS Atanassov (1986).

Seterusnya, dengan norma- A_1^{ig} dan peroleh matrik berikut diperolehi:

$$\text{Norma-}A_1^{ig} = \begin{bmatrix} 0 & 0.3539 & 0.60772 \\ 0.8411 & 0 & 0.3923 \\ 0.1589 & 0.6461 & 0 \end{bmatrix}$$

dan akhirnya matrik berikut diperolehi:

$$[a_{11}, a_{12}, a_{13}] = [0.3205, 0.4111, 0.2684]$$

Manakala untuk matrik perbandingan baki setiap alternatif untuk kriteria ke-2 (A_2), kriteria ke-3 (A_3) dan kriteria ke-4 (A_4) masing-masing diberi seperti berikut:

$$A_2 = \begin{bmatrix} (0,0) & (0.3,0.6) & (0.5,0.3) \\ (0.7,0.4) & (0,0) & (0.9,0.2) \\ (0.5,0.7) & (0.1,0.8) & (0,0) \end{bmatrix}; A_3 = \begin{bmatrix} (0,0) & (0.1,0.8) & (0.7,0.4) \\ (0.9,0.2) & (0,0) & (0.7,0.3) \\ (0.3,0.6) & (0.3,0.7) & (0,0) \end{bmatrix}; \text{ dan}$$

$$A_4 = \begin{bmatrix} (0,0) & (0.3,0.7) & (0.3,0.8) \\ (0.7,0.3) & (0,0) & (0.9,0.2) \\ (0.7,0.2) & (0.1,0.8) & (0,0) \end{bmatrix}$$

Dengan menggunakan prosedur yang sama, ketiga-tiga matrik di atas akan menghasilkan matrik keputusan berikut:

$$\begin{aligned} [a_{21}, a_{22}, a_{23}] &= [0.3736, 0.4050, 0.2213] \\ [a_{31}, a_{32}, a_{33}] &= [0.2670, 0.4098, 0.3232] \\ [a_{41}, a_{42}, a_{43}] &= [0.3012, 0.4198, 0.2790] \end{aligned}$$

Sementara itu, diberi pula matrik perbandingan untuk setiap kriteria berdasarkan perbandingan berpasangan kedua-dua aspek positif dan negatif untuk ketiga-tiga alternatif iaitu:

$$W = \begin{bmatrix} (0,0) & (0.3,0.8) & (0.7,0.3) & (0.5,0.4) \\ (0.7,0.2) & (0,0) & (0.9,0.1) & (0.3,0.7) \\ (0.3,0.7) & (0.3,0.7) & (0,0) & (0.7,0.4) \\ (0.5,0.6) & (0.7,0.3) & (0.3,0.6) & (0,0) \end{bmatrix}$$

dan matrik wajaran relatif untuk setiap kriteria diperolehi seperti berikut:

$$[w_1, w_2, w_3, w_4] = [0.2306, 0.2908, 0.2187, 0.2598]$$

Akhir sekali, dengan menggunakan kaedah penggabungan berhierarki (persamaan (2)), indeks prestasi bagi alternatif pertama (P_1), boleh diperolehi seperti berikut:

$$\begin{aligned} P_1 &= 0.3205(0.2306) + 0.3736(0.2908) + 0.2670(0.2187) + \\ &\quad (0.3012)(0.2598) \\ &= 0.319 \end{aligned}$$

dan dengan cara yang sama, indeks prestasi untuk P_2, P_3 masing-masing adalah 0.411 dan 0.269. Maka kita dapati pilihan terbaik adalah P_2 , diikuti oleh P_1 dan seterusnya pilihan terakhir adalah P_3 . Oleh itu boleh dirumuskan bahawa:

$$P_2 \succ P_1 \succ P_3$$

dimana simbol ' \succ ' mewakili maksud lebih utama/baik daripada.

Perbincangan dan Rumusan

Daripada ide pendekatan baru yang dicadangkan oleh penulis, didapati pertimbangan kedua-dua komponen dalam menilai sesuatu perkara lebih diyakini ketepatannya dan menyeluruh. Ini menyebabkan keputusan yang dibuat dapat menggambarkan situasi sebenar tentang kemampuan calon pilihan, kelebihan lokasi, kewajaran memilih sesuatu pembekal, atau apa juga keputusan yang melibatkan masalah multi-kriteria. Sekiranya ini dapat dicapai, maka penyelesaian ini dianggap menyeluruh atau dipanggil sebagai 'penyelesaian holistik'.

Dalam kajian masa depan, darjah ketekalan (DK) matrik perbandingan berpasangan untuk kedua-dua komponen positif dan negatif sewajarnya mematuhi syarat $DK < 0.1$, begitu juga aspek lain seperti kaedah pemberian pemberat oleh penilai yang melibatkan komponen negatif dan keperluan analisis sensitiviti terhadap perubahan kecil berlaku yang boleh mempengaruhi keputusan akhir. Sekiranya semua perkara ini dipatuhi serta memenuhi syarat umum seperti yang dikehendaki, maka tidak hairanlah ide baru cadangan penulis ini mempunyai potensi yang cukup besar untuk dikembangkan di masa hadapan (Abu Osman, 2006)

Rujukan

- Abu Osman, M.T. (2006, November 8-9). *Penilaian dwikabur konflik*. Pembentangan kertas kerja konsep dalam Simposium Matematik dan Sains Komputer (CSMS06), Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia (KUSTEM), Kuala Terengganu, Malaysia.
- Atanassov, K.T. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*, 110, 87-96.

- Belton, V. (1986). A comparison of the analytical hierarchy process and a simple multi-attribute value function. *European Journal of Operational Research*, 26, 7-21.
- Belton, V. & Gear, T. (1983). On a shortcoming of Saaty's method of analytical hierarchy. *Omega*, 11(3), 228-230.
- Bozdog, C. E., Kahraman, C. & Ruan, D. (2003). Fuzzy group decision making for selection among computer integrated manufacturing systems. *Computers in Industry*, 51, 13-29.
- Cannavacciuolo, A., Capaldo, G., Ventre, A. & Zollo, G. (1994). Linking the fuzzy set theory to organizational routines: A study in personnel evaluation in a large company. Dalam R. Marks (Ed.), *Fuzzy logic and applications* (ms. 515-520). IEEE Technical Activities Board.
- Deng, H. (1999). Multicriteria analysis with fuzzy pairwise comparison. *International Journal of Approximate Reasoning*, 21, 215-231.
- Drigas, A., Kouremenos, S., Vrettaros, S. & Kouremenos, J. D. (2004). An expert system for job matching of the unemployed. *Expert Systems with Applications*, 26, 217-224.
- Dyer, J.S. (1990). Remarks on the analytical hierarchy process. *Management Science*, 3, 249-258.
- Iwamura, K. & Lin, B. (1998). Chance constrained integer programming models for capital budgeting environments. *Journal of Operational Research Society*, 46, 854-860.
- Kahraman, C., Ruan, D. & Dogan, I. (2003). Fuzzy group decision-making for facility location selection. *Information Sciences*, 157, 135-153.
- Labib, A.W., Williams, G.B. & O'Connar, R.F. (1998). An intelligent maintenance model (system): An application of the analytic hierarchy process and a fuzzy rule-based controller. *Journal of Operational Research Society*, 49, 745-757.

- Laing, G. & Wang, M. (1992). Personnel placement in a fuzzy environment. *Computers Operations Research*, 19, 107-121.
- Lazarevic, S. P. (2001). Personnel selection fuzzy model. *International Transactions in Operational Research*, 8, 89-105.
- Liu, D. R. & Shih, Y. Y. (2005). Integrating AHP and data mining for product recommendation based on customer lifetime value. *Information and Management*, 42(3), 387-400.
- Ong, S. K., Sun, M. J. & Nee, A. Y. C. (2003). A fuzzy set AHP-based DFM tool for rotational parts. *Journal of Materials Processing Technology*, 138, 223-230.
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw-Hill.
- Scholl, A., Manthey, L., Helm, R. & Steiner, M. (2005). Solving multi-attributes design problems with analytic hierarchy process and conjoint analysis: An empirical comparison. *European Journal of Operational Research*, 164(3), 760-777.
- Tavana, M., Kennedy, D. T. & Joglekar, P. (1996). A group decision support framework for consensus ranking of technical manager candidates. *International Journal of Management Science*, 24, 523-538.
- Watson, S. R. & Freeling, A. N. S. (1982). Comment on: assessing attribute weights by ratios. *Omega*, 11, 13.
- Yaakob, S. B. & Kawata, S. (1999). Worker's placement in an industrial environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 106, 289-297.
- Yurdakul, M. (2002). Measuring a manufacturing system's performance using Saaty's system with feedback approach. *Integrated Manufacturing System*, 13(1), 25-34.

Zadeh, L.A. (1965). "Fuzzy set". *Information and Control*, 8, 338-353.

ZAMALI HJ TARMUDI, Universiti Teknologi MARA, Cawangan Sabah, Beg Berkunci 71,88997 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.zamalihj@sabah.uitm.edu.my

ABU OSMAN MD TAP, University of Taibah, P.O. Box 344, Medinah Munawwarah, Kingdom of Saudi Arabia. amantap@yahoo.com