

Penglibatan Panel Penilai dalam Mengagregat Nilai Subjektif Asas Pangkat bagi Menyelesaikan Masalah Berbilang Kriteria

(Involvement of Panel of Evaluators in Aggregating Subjective Rank-based Values to Solve Multi-criteria Problems)

MAZNAH MAT KASIM* & ABDUL AZIZ JEMAIN

ABSTRAK

Masalah berbilang kriteria merupakan satu masalah yang terdiri daripada satu kumpulan unit yang dinilai berasaskan beberapa kriteria tertentu. Keputusan terakhir yang dihajati ialah satu pangkat kedudukan unit yang dianalisis berasaskan prestasi keseluruhan masing-masing. Satu cara untuk mendapatkan prestasi keseluruhan setiap unit ialah dengan menggabungkan prestasi dan wajaran kriteria masing-masing melalui pelbagai kaedah pengagregatan. Kajian tertumpu kepada penerapan tiga kaedah asas pangkat dalam menilai kepentingan kriteria yang melibatkan satu panel penilai. Empat pendekatan pengagregatan berasaskan kaedah pemurataan tertib berpemberat dicadangkan untuk dimanfaatkan agar hasil akhir boleh dicapai. Setiap pendekatan pengagregatan yang dicadangkan diringi dengan contoh pengiraan.

Kata kunci: Masalah multi-kriteria; pengagregatan; wajaran

ABSTRACT

A multi-criteria problem is a problem consists of a group of units to be evaluated under some criteria. The final result aimed is a ranking of the analyzed units based on their overall performance. One way to obtain the overall performance of each unit is by combining its performances and weights of criteria through various aggregation methods. This research focused on the application of three rank-based methods to evaluate the relative importance of criteria which involved one panel evaluators. Four aggregation approaches were proposed which were based on ordered weighted average method to achieve the final result. Every approach proposed was followed by a numerical example.

Keywords: Aggregation; multi-criteria problem; weights

PENDAHULUAN

Masalah multi-kriteria (MK) merupakan satu masalah yang terdiri daripada satu himpunan alternatif atau unit yang dinilai berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Contoh-contoh alternatif ialah calon, produk, projek, daerah, atau negara, dan kriteria pula mewakili aspek berbeza yang menjadi asas penilaian alternatif terpilih. Kriteria boleh mewakili objektif, tujuan, sasaran, nilai rujukan, tahap aspirasi, atau tahap utiliti yang menjadi asas kepada penilaian sesuatu alternatif. Lazimnya terdapat lebih daripada satu kriteria dan tahap keutamaan kriteria juga berbeza. Wajaran atau pemberat merupakan istilah yang biasa digunakan untuk mewakili darjah keutamaan atau tahap kepentingan sesuatu kriteria. Menyelesaikan masalah MK lazimnya merujuk kepada aktiviti mendapatkan prestasi keseluruhan alternatif dengan menggabungkan prestasi sesuatu alternatif dengan wajaran kriteria. Berasaskan prestasi keseluruhan, kedudukan sesuatu alternatif boleh ditentukan. Hal ini akan membantu pembuat keputusan membuat keputusan sama ada untuk memilih, menolak atau mengumpulkan alternatif tadi kepada kumpulan tertentu (Colson & De Bruyn 1989).

Penilaian tentang tahap keutamaan kriteria dianggap satu hal yang kritikal dalam menyelesaikan masalah MK. Ini disebabkan kebanyakan masalah MK hanya boleh diselesaikan apabila nilai wajaran kriteria telah ditentukan terlebih dahulu. Walaupun wajaran ini kadang-kala mempunyai definisi yang tidak begitu tepat dan tidak mempunyai kesignifikan yang jelas, namun kuantiti ini mempengaruhi dapatan analisis (Mareschal 1988). Penilaian yang dibuat oleh penilai disebut sebagai penilaian subjektif (Ma et al. 1999) kerana penilaian sebegini dipengaruhi oleh latar belakang penilai yang terlibat. Lazimnya, satu panel penilai akan bertanggungjawab dalam sesuatu proses penilaian. Walaupun satu kumpulan penilai terlibat dalam membuat penilaian, namun keputusan terakhir merupakan satu keputusan tunggal.

Oleh itu, timbul satu persoalan, bagaimanakah cara untuk mengagregatkan penilaian ini agar nilai teragregat dapat mewakili keputusan kumpulan penilai yang terlibat. Kertas ini memberi cadangan tentang pendekatan mengagregat penilaian subjektif berasaskan pangkat kepentingan yang diberi oleh panel penilai tentang kepentingan kriteria dalam usaha menyelesaikan

masalah berbilang kriteria. Penilaian subjektif yang dipilih ialah penilaian jenis pangkat (Barron & Barrett 1996), manakala kaedah pengagregatan yang akan dimanfaatkan ialah kaedah pengagregatan pemurataan aritmetik tertib berpemberat (singkatan yang biasa digunakan OWA- *Ordered Weighted Average*) (Yager 1988).

OPERATOR WAJARAN SUBJEKTIF KRITERIA BERASASKAN PANGKAT KEPENTINGAN KRITERIA

Terdapat tiga pendekatan utama untuk mendapatkan wajaran subjektif kriteria menggunakan maklumat pangkat kepentingan kriteria iaitu berasaskan jumlah pangkat (JP), salingan pangkat (SP), dan sentroid tertib pangkat (STP) (Robert & Goodwin 2002). Dengan menggunakan maklumat pangkat dalam bentuk tertib keutamaan yang diberikan oleh penilai, nilai wajaran kriteria yang bernilai antara sifar dan satu, serta berjumlah satu dapat dijelmakan. Nilai wajaran kriteria berubah secara langsung dengan pangkat kriteria. Katakan terdapat m kriteria C_j , $j = 1, \dots, m$ dan r_j ialah nombor integer yang bernilai antara satu dan m yang mewakili pangkat yang diberi kepada setiap kriteria. Jika $r_j = 1$, maka C_j adalah paling penting, manakala jika $r_j = m$, maka C_j adalah kriteria paling tidak penting. Operator wajaran Ψ ditakrifkan sebagai:

$$\Psi(r_j) = w_j, \quad (1)$$

dengan keadaan $\sum_{j=1}^m w_j = 1$ dan $0 \leq w_j \leq 1$.

Terdapat 3 jenis operator wajaran, Ψ_1 , Ψ_2 , dan Ψ_3 yang masing-masing mewakili operator wajaran JP, SP, dan STP, dan rumus umum diberikan seperti berikut:

$$\Psi_1(r_j) = \frac{2(m+1-r_j)}{m(m+1)}. \quad (2)$$

$$\Psi_2(r_j) = \frac{1/r_j}{\sum_{j=1}^m 1/r_j}. \quad (3)$$

$$\Psi_3(r_j) = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \frac{1}{r_k} \times I(r_k > r_j), \quad (4)$$

$$\text{dengan } I(r_k > r_j) = \begin{cases} 1 & \text{jika } r_k \geq r_j \\ 0 & \text{jika } r_k < r_j \end{cases}.$$

Ketiga-tiga operator wajaran kriteria berasaskan pangkat ini sangat berkesan memandangkan proses memberi pangkat itu sendiri ternyata mudah dan boleh dipercayai. Tambahan pula, ketiga-tiga operator ini mempunyai pencapaian relatif yang memberangsangkan

kerana mampu menghasilkan satu pola keputusan yang jelas (Barron & Barrett 1996).

PENGAGREGATAN DENGAN OPERATOR OWA

Kaedah pengagregatan OWA, ϕ yang diusulkan oleh Yager (1988) merupakan satu kaedah pemurataan yang sangat umum yang boleh dimanfaatkan untuk banyak pengagregatan. Katakan x_1, \dots, x_q ialah q nilai yang ingin diagregatkan. Menerusi operator OWA, vektor

pemberat $V = (v_1, \dots, v_q)$, dengan $v_l \in [0, 1]$, $\sum_{l=1}^q v_l = 1$

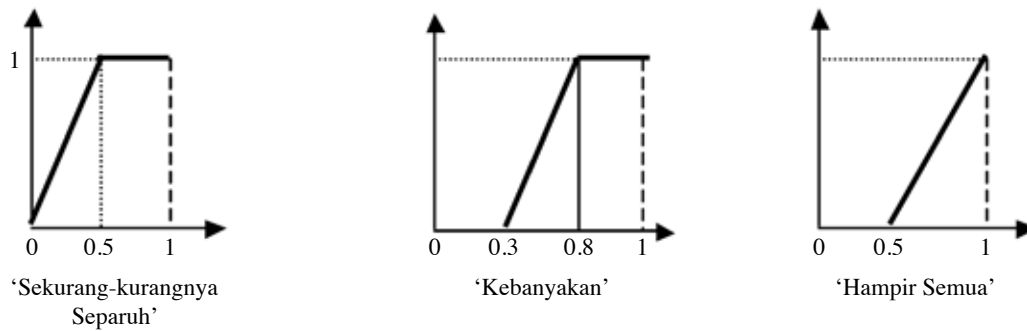
akan diterbitkan (Filev & Yager 1998) dan pengagregatan terhasil sebagai:

$$\phi_1(x_1, \dots, x_q) = \sum_{l=1}^q x_{(l)} v_l, \quad (5)$$

dengan $x_{(1)}, \dots, x_{(q)}$ ialah x_1, \dots, x_q disusun ikut tertib menurun bagi satu set nilai utiliti. Jika x_1, \dots, x_q mewakili tertib keutamaan, $x_{(1)}, \dots, x_{(q)}$ ialah turutan menaik kerana nilai lebih rendah mewakili kedudukan yang lebih tinggi manakala nilai lebih tinggi mewakili kedudukan yang lebih rendah. Jika operasi penambahan, Σ pada (5) ditukarkan kepada operasi pendaraban, Π , pemurataan geometrik tertib berwajaran pula diterbitkan (singkatan yang biasa digunakan OWG - *Ordered Weighted Geometric*). Operator OWG terhasil sebagai:

$$\phi_2(x_1, \dots, x_q) = \prod_{l=1}^q (x_{(l)})^{v_l}. \quad (6)$$

Pengagregatan ϕ boleh dikelaskan mengikut nilai vektor pemberat yang diterapkan. Jika $v_q = 1$, pengagregatan operator ϕ bersifat pesimistik, tetapi jika $v_1 = 1$, jenis pengagregatan operator ϕ boleh ditafsirkan sebagai pemilihan yang bersifat optimistik kerana memilih yang terbaik sahaja. Jika $v_l = 1/q$ untuk semua l , maka pengagregatan operator ϕ yang dilaksanakan bersamaan dengan kaedah pengagregatan secara purata aritmetik, ϕ_1 atau secara purata geometrik mudah, ϕ_2 . Pengagregatan yang dibuat mewakili pemilihan bersifat samarata kerana setiap nilai mempunyai wajaran penggabungan yang sama. Satu lagi kaedah pengagregatan ϕ yang boleh dilaksanakan ialah kaedah pengagregatan yang berteraskan konsep kesepakatan di kalangan penilai terbabit. Pengagregatan operator ϕ kesepakatan kabur bermaksud menggabungkan beberapa set penilaian mengikut darjah kesepakatan tertentu. Dalam kajian ini kesepakatan kabur digunakan untuk mewakili ukuran darjah kesepakatan yang diperlukan. Lanjutan daripada konsep set kabur, Yager (1996) mengutarakan ukuran kesepakatan yang menerangkan maksud darjah kesepakatan yang diungkapkan secara linguistik seperti separuh, kebanyakan, dan hampir semua. Fungsi keahlian bagi darjah suatu kesepakatan digambarkan dalam Rajah 1.



RAJAH 1. Darjah keahlian kesepakatan kabur dalam tiga keadaan

Untuk mendapatkan vektor pemberat $V = (v_1, \dots, v_q)$ yang sepadan dengan darjah kesepakatan kabur terpilih, hubungan berikut boleh digunakan:

$$v_l = Q\left(\frac{l}{q}\right) - Q\left(\frac{l-1}{q}\right), \tag{7}$$

dengan darjah kesepakatan diukur menerusi pengkuantiti:

$$Q(s) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } s < a \\ \frac{s-a}{b-a} & a \leq s \leq b \\ 1 & s > b \end{cases}, \tag{8}$$

dengan a, b dan $s \in [0,1]$. Nilai parameter (a, b) yang dicadangkan untuk mengira pengkuantiti yang mewakili kesepakatan oleh 'sekurang-kurangnya separuh' daripada penilai terlibat ialah (0,0.5). Nilai (0.3,0.8) pula ialah nilai (a, b) yang digunakan untuk mendapatkan pengkuantiti yang mewakili kesepakatan oleh 'kebanyakan' penilai, manakala (0.5,1) ialah nilai (a, b) bagi mengira pengkuantiti kesepakatan oleh 'hampir semua' penilai. Jadual 1 menunjukkan beberapa nilai $V = (v_1, \dots, v_q)$ $l = 1, \dots, q$ dengan $q = 5$ untuk beberapa jenis pengagregatan, bagi operator pengagregatan $\phi_s, s = 1, 2$.

PENGAGREGATAN PENILAIAN KEPENTINGAN KRITERIA OLEH PANEL PENILAI

Dalam menyelesaikan suatu masalah multi-kriteria (MK), hasil akhir yang ingin dicapai ialah memangkat satu set alternatif mengikut prestasi masing-masing. Hal ini boleh dilaksanakan berasaskan nilai prestasi tergabung bagi setiap alternatif yang terbina apabila nilai wajaran kriteria digabungkan dengan pencapaian alternatif berasaskan setiap kriteria. Proses ini boleh dilaksanakan menerusi kaedah OWA iaitu purata aritmetik berwajaran, atau purata geometrik berwajaran; TOPSIS, dan VIKOR (Opricovic & Tzeng 2003).

Andaikan terdapat satu masalah MK dengan keadaan matriks keputusan yang mewakili prestasi n alternatif berasaskan m kriteria telah tersedia. Namun, wajaran kriteria masih belum ditentukan lagi dan hal ini akan diselesaikan dengan meminta pandangan penilai untuk memberikan tahap kepentingan kriteria dalam bentuk pangkat. Jika hanya seorang penilai sahaja yang terlibat dalam membuat penilaian, maka nilai pangkat kepentingan, $r_j, j = 1, \dots, m$ yang diberi boleh dijelmakan menerusi mana-mana operator wajaran, $\Psi_k, k = 1, \dots, 3$, untuk menghasilkan wajaran kriteria, w_j . Seterusnya, pembuat keputusan perlu menggabungkan w_1, \dots, w_m dengan prestasi ternormal bagi alternatif i iaitu z_{i1}, \dots, z_{im} untuk mendapatkan prestasi keseluruhan alternatif tersebut. Nilai prestasi ternormal boleh dikira menggunakan beberapa kaedah tersedia

JADUAL 1 Beberapa contoh nilai vektor berpemberat

Nilai q	Jenis pengagregatan bagi operator pengagregatan $\phi_s, s = 1, 2$	v_1, \dots, v_q
5	Pesimistik	0, 0, 0, 0, 1
	Optimistik	1, 0, 0, 0, 0
	Sama rata	0.2, 0.2, 0.2, 0.2, 0.2
	Median	0, 0, 1, 0, 0
	Kesepakatan Kabur Sekurang-kurangnya Separuh	0.4, 0.4, 0.2, 0.0, 0.0
	Kesepakatan Kabur Kebanyakan	0.0, 0.2, 0.4, 0.4, 0.0
Kesepakatan Kabur Hampir semua	0.0, 0.0, 0.2, 0.4, 0.4	

misalnya dengan rumus $z_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / \sigma_j$, dengan \bar{x}_j dan σ_j , masing-masing mewakili purata dan sisihan piawai kriteria j , bagi memastikan data berada pada arah yang sama dan bernilai antara sifar dan satu. Katakan sebarang bentuk gabungan antara wajaran dan prestasi alternatif diwakilkan sebagai fungsi P, dengan keadaan:

$$pres_i = P(z_i, w), \tag{9}$$

dan $P(z_i, w) = \sum_{j=1}^m z_{ij} w_j$ atau $\prod_{j=1}^m z_{ij}^{w_j}$ dengan $pres_i$ mewakili prestasi keseluruhan bagi alternatif i . Gabungan ini perlu diulang untuk mendapatkan pencapaian kesemua alternatif lain. Berdasarkan nilai prestasi setiap alternatif, iaitu $pres_i$, pangkat keutamaan setiap alternatif boleh ditentukan dengan nilai yang lebih tinggi akan memberikan pangkat yang lebih tinggi, manakala nilai yang lebih rendah memberikan kedudukan yang lebih rendah kepada alternatif berkaitan. Proses pemberian pangkat kepada alternatif berasaskan pencapaian keseluruhan alternatif akan diwakilkan sebagai T. Proses menyelesaikan suatu masalah MK jika hanya seorang penilai yang terlibat dalam membuat penilaian tentang tahap kepentingan kriteria boleh dirumuskan seperti:

$$(r_1, \dots, r_m) \xrightarrow{\Psi_k} (w_1, \dots, w_m) \xrightarrow{P} pres \xrightarrow{T} R$$

Namun, jika lebih daripada seorang penilai yang bertanggung jawab untuk membuat penilaian tentang kepentingan kriteria, maka akan wujud beberapa set wajaran yang berbeza yang akan menghasilkan tertib pangkat alternatif yang berbeza sedangkan hanya satu set pemangkatan alternatif diperlukan. Oleh itu perlu wujud pendekatan tertentu yang dapat menangani masalah ini. Dalam hal ini operator pengagregatan $\phi_s, s = 1, 2$ yang diketengahkan dapat diterapkan. Terdapat empat pendekatan pengagregatan yang boleh dilaksanakan ke arah mendapatkan satu pemangkatan alternatif. Setiap pendekatan pengagregatan akan diterangkan dan akan dikenali sebagai pengagregatan pendekatan 1, 2, 3 dan 4. Bagi setiap pendekatan pengagregatan, diandaikan terdapat q orang penilai yang menilai pangkat kepentingan m kriteria dengan memanfaatkan tiga operator wajaran $\Psi_k, k = 1, \dots$, dan dua operator pengagregatan, $\phi_s, s = 1, 2$. Rajah 2 meringkaskan keempat-empat kaedah yang diusulkan.

Dalam pendekatan 1, nilai pangkat kepentingan terhasil daripada penilaian penilai terlibat perlu diagregat dahulu melalui operator pengagregatan $\phi_s, s = 1, 2$, kemudian pangkat teragregat akan digunakan untuk mengira wajaran menerusi mana-mana operator wajaran. Kemudian pangkat alternatif akan dapat ditentukan

$$\begin{pmatrix} r_1^1, \dots, r_m^1 \\ \vdots \\ r_1^q, \dots, r_m^q \end{pmatrix} \xrightarrow{\Psi(r_j^1, \dots, r_j^q)} (r_1^A, \dots, r_m^A) \xrightarrow{\Psi_k(r_1^A, \dots, r_m^A)} (w_1, \dots, w_m) \xrightarrow{P(z_i, w)} pres \xrightarrow{T} R$$

$$\begin{pmatrix} r_1^1, \dots, r_m^1 \\ \vdots \\ r_1^q, \dots, r_m^q \end{pmatrix} \xrightarrow{\Psi_k(r_j^1, \dots, r_j^q)} \begin{pmatrix} w_1^1, \dots, w_m^1 \\ \vdots \\ w_1^q, \dots, w_m^q \end{pmatrix} \xrightarrow{\phi(w_j^1, \dots, w_j^q)} (w_1^A, \dots, w_m^A) \xrightarrow{P(z_j, w^A)} pres \xrightarrow{T} R$$

$$\begin{pmatrix} r_1^1, \dots, r_m^1 \\ \vdots \\ r_1^q, \dots, r_m^q \end{pmatrix} \xrightarrow{\Psi_k(r_j^1, \dots, r_j^q)} \begin{pmatrix} w_1^1, \dots, w_m^1 \\ \vdots \\ w_1^q, \dots, w_m^q \end{pmatrix} \xrightarrow{P(z, w^1)} (pres^1, \dots, pres^q) pres^A \xrightarrow{T} R$$

$$\begin{pmatrix} r_1^1, \dots, r_m^1 \\ \vdots \\ r_1^q, \dots, r_m^q \end{pmatrix} \xrightarrow{\Psi_k(r_j^1, \dots, r_j^q)} \begin{pmatrix} w_1^1, \dots, w_m^1 \\ \vdots \\ w_1^q, \dots, w_m^q \end{pmatrix} \xrightarrow{P(z, w^1)} (pres^1, \dots, pres^q) \xrightarrow{T} (R^1, \dots, R^q) \xrightarrow{\phi_s(r^1, \dots, R^q)} R^A \xrightarrow{T} R$$

RAJAH 2. Ringkasan empat pendekatan pengagregatan untuk mendapatkan pangkat alternatif tunggal

selepas proses P dan T dilaksanakan mengikut tertib. Bagi pendekatan 2 pula, pangkat kepentingan kriteria dinilai oleh penilai ditukarkan kepada wajaran dahulu menerusi mana-mana operator wajaran yang dicadangkan, seterusnya wajaran tersebut perlu diagregatkan menerusi operator pengagregatan ϕ_s , $s = 1, 2$ untuk menghasilkan wajaran teragregat yang perlu dinormalkan dahulu untuk memastikan wajaran bernilai kurang daripada satu dan berjumlah satu. Ini diikuti dengan proses P dan T mengikut tertib untuk mendapatkan hasil terakhir yang merupakan pangkat alternatif terlibat.

Dalam pendekatan 3, setiap set pangkat kepentingan kriteria diberi penilai ditukarkan kepada wajaran menerusi operator wajaran dan setiap set wajaran terhasil akan digunakan untuk proses P untuk menghasilkan beberapa set prestasi alternatif. Ini bermaksud jika terdapat q orang penilai yang terlibat, maka akan terdapat q prestasi alternatif, $pres$, yang berbeza. Operator pengagregatan akan digunakan untuk mengagregat semua prestasi alternatif tersebut untuk menghasilkan hanya satu $pres$ teragregat yang tunggal, yang mana proses T dapat dilaksanakan. Dalam pendekatan 4 pula, proses awal yang sama seperti dalam pendekatan 3, cuma q prestasi alternatif terhasil akan melalui T untuk menghasilkan q set pangkat alternatif, R^1, \dots, R^q yang berbeza yang perlu diagregatkan menerusi operator pengagregatan untuk menghasilkan satu R teragregat yang tunggal.

CONTOH PENGIRAAN

Sebagai contoh, katakan terdapat satu masalah MK yang terdiri daripada 10 alternatif yang dinilai berasaskan lima kriteria, dan pencapaian setiap alternatif ditunjukkan dalam Jadual 2. Katakan tiga orang penilai ditugaskan untuk menilai kepentingan kriteria tersebut dan penilaian mereka diringkaskan dalam Jadual 3. Operator wajaran yang akan digunakan dalam contoh ini ialah operator wajaran JP dan operator pengagregatan OWA jenis samarata.

Jika pengagregatan pendekatan 1 dilaksanakan, pangkat penilaian kriteria pada Jadual 3 perlu diagregatkan terlebih dahulu untuk menghasilkan pangkat teragregat. Jadual 4 merumuskan nilai pangkat teragregat menerusi pengagregatan ϕ_1 jenis demokrasi, nilai wajaran JP, w_j^d yang terhasil menerusi Ψ_1 dan wajaran JP ternormal, w_j^t . Jadual 5 menunjukkan prestasi keseluruhan dan pangkat bagi sepuluh alternatif tersebut.

Jika pengagregatan pendekatan 2 dimanfaatkan untuk menyelesaikan contoh masalah MK diberi, Jadual 6 menunjukkan wajaran JP terhasil, manakala wajaran JP teragregat, w_j^A dan wajaran JP teragregat ternormal, w_j^t dipaparkan pada Jadual 7. Prestasi keseluruhan alternatif serta pangkat alternatif terhasil menggunakan wajaran JP teragregat ternormal dipersembahkan pada Jadual 8.

Hasil pengagregatan pendekatan 3 diringkaskan pada Jadual 9. Lajur 2 hingga 4 pada jadual tersebut

JADUAL 2. Contoh masalah MK

Alternatif/Kriteria	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Alternatif 1	0.25	0.34	0.12	0.36	0.45
Alternatif 2	0.33	0.54	0.22	0.44	0.76
Alternatif 3	0.43	0.65	0.57	0.42	0.91
Alternatif 4	0.55	0.32	0.37	0.67	0.53
Alternatif 5	0.27	0.66	0.57	0.82	0.61
Alternatif 6	0.67	0.56	0.46	0.46	0.31
Alternatif 7	0.58	0.87	0.39	0.27	0.43
Alternatif 8	0.32	0.76	0.41	0.37	0.51
Alternatif 9	0.91	0.36	0.47	0.45	0.45
Alternatif 10	0.12	0.33	0.81	0.75	0.32

JADUAL 3. Contoh penilaian 3 orang penilai tentang tahap kepentingan 5 kriteria

Penilai/ Kriteria	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Penilai 1	1	3	4	5	2
Penilai 2	3	2	1	4	5
Penilai 3	2	3	1	5	4

JADUAL 4. Nilai pangkat teragregat dan wajaran JP terhasil menerusi ϕ_j bagi pendekatan pengagregatan pendekatan 1 jenis samarata bagi contoh masalah MK diberikan

Pengagregatan kaedah 1	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
$r_j^A = \phi(r_j^1, r_j^2, r_j^3)$	2.00	2.667	2.00	4.667	3.667
Wajaran JP, $W_j^A = \Psi(r_1^A, \dots, r_5^A)$	0.2667	0.2222	0.2667	0.0889	0.1556
Wajaran JP ternormal, W_j	0.2667	0.2222	0.2667	0.0889	0.1556

JADUAL 5. Prestasi keseluruhan alternatif dan pangkat alternatif terhasil bagi contoh MK diberikan menerusi ϕ_j pengagregatan pendekatan 1

Alternatif	<i>pres</i>	<i>R</i>
Alternatif 1	0.2763	10
Alternatif 2	0.4240	9
Alternatif 3	0.5901	1
Alternatif 4	0.4585	7
Alternatif 5	0.5385	4
Alternatif 6	0.5149	5
Alternatif 7	0.5429	3
Alternatif 8	0.4758	6
Alternatif 9	0.5581	2
Alternatif 10	0.4378	8

JADUAL 6. Wajaran JP untuk setiap hakim bagi contoh MK diberikan

Wajaran / Kriteria	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Wajaran penilai 1, $w^1 = \psi_j(1,3,4,5,2)$	0.3333	0.2000	0.1333	0.0667	0.2667
Wajaran penilai 2, $w^2 = \psi_j(3,2,1,4,5)$	0.2000	0.2667	0.3333	0.1333	0.0667
Wajaran penilai 3, $w^3 = \psi_j(2,3,1,5,4)$	0.2667	0.2000	0.3333	0.0667	0.1333

JADUAL 7. Wajaran JP teragregat ternormal menerusi ϕ_j pengagregatan pendekatan 2

Pengagregatan kaedah 2	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
Wajaran JP teragregat, $w_j^A = \phi_1(w_j^1, w_j^2, w_j^A)$	0.2667	0.2222	0.2667	0.0889	0.1556
Wajaran JP teragregat ternormal, w_j	0.2667	0.2222	0.2667	0.0889	0.1556

mempamerkan prestasi setiap alternatif menggunakan tiga set wajaran JP berbeza yang dinilai oleh tiga orang penilai, manakala lajur 5 meringkaskan prestasi teragregat bagi setiap alternatif. Lajur 6 menunjukkan pangkat alternatif yang sepadan dengan prestasi teragregat.

Menerusi pendekatan 4, dan dengan menggunakan contoh yang sama, Jadual 10 menunjukkan 5 set pangkat alternatif yang mana lajur 2 hingga 4 menunjukkan pangkat terhasil berasaskan nilai prestasi sepadan pada lajur 2 hingga 4 pada Jadual 8. Pangkat teragregat

JADUAL 8. Prestasi keseluruhan alternatif dan pangkat alternatif terhasil menerusi ϕ_1 pengagregatan pendekatan 2 bagi contoh MK diberikan

Alternatif	$pres$	R
Alternatif 1	0.2763	10
Alternatif 2	0.4240	9
Alternatif 3	0.5901	1
Alternatif 4	0.4585	7
Alternatif 5	0.5385	4
Alternatif 6	0.5149	5
Alternatif 7	0.5429	3
Alternatif 8	0.4758	6
Alternatif 9	0.5581	2
Alternatif 10	0.4378	8

JADUAL 9. Prestasi keseluruhan alternatif dan pangkat alternatif terhasil menerusi ϕ_1 pengagregatan pendekatan 3 bagi contoh MK yang diberikan

Alternatif	$pres_i^1$ $= \sum_{j=1}^5 z_{ij} w_j^1$	$pres_i^2$ $= \sum_{j=1}^5 z_{ij} w_j^2$	$pres_i^3$ $= \sum_{j=1}^5 z_{ij} w_j^3$	$pres_i^A$ $= \phi_1(pres_i^1, pres_i^2, pres_i^3)$	R^A
Alternatif 1	0.3113	0.2587	0.2587	0.2762	10
Alternatif 2	0.4794	0.3927	0.4000	0.4240	9
Alternatif 3	0.6200	0.5660	0.5840	0.5900	1
Alternatif 4	0.4827	0.4433	0.4493	0.4584	7
Alternatif 5	0.5154	0.5700	0.5300	0.5384	4
Alternatif 6	0.5100	0.5187	0.5160	0.5149	5
Alternatif 7	0.5520	0.5427	0.5340	0.5429	3
Alternatif 8	0.4740	0.4867	0.4667	0.4758	6
Alternatif 9	0.5880	0.5247	0.5613	0.5580	2
Alternatif 10	0.3493	0.5033	0.4607	0.4378	8

JADUAL 10. Pangkat alternatif terhasil bagi setiap alternatif menerusi ϕ_1 pengagregatan pendekatan 4 bagi masalah MK diberikan

Alternatif	R^1	R^2	R^3	$R^{A*} = \phi_1(R^1, R^2, R^3)$	R^A
Alternatif 1	10	10	10	10	10
Alternatif 2	7	9	9	8.3	9
Alternatif 3	1	2	1	1.3	1
Alternatif 4	6	8	8	7.3	7
Alternatif 5	4	1	4	3	3
Alternatif 6	5	5	5	5	5
Alternatif 7	3	3	3	3	3
Alternatif 8	8	7	6	7	6
Alternatif 9	2	4	2	2.7	2
Alternatif 10	9	6	7	7.3	7

mentah menerusi pengagregatan ϕ_1 jenis sama rata bagi setiap alternatif terdapat pada lajur 5 dan lajur 6 menjelaskan pangkat teragregat bagi sepuluh alternatif yang dipertimbangkan.

KESIMPULAN

Walaupun terdapat 4 pendekatan pengagregatan yang boleh dimanfaatkan, namun hasil akhir merupakan hanya satu pemangkatan alternatif yang tunggal. Dua pendekatan pengagregatan yang pertama menghasilkan wajaran teragregat terlebih dahulu, manakala dua pendekatan pengagregatan seterusnya melangkaui langkah tersebut. Oleh itu, pengagregatan pendekatan 3 dan 4 tidak menghasilkan set wajaran kriteria yang unik bagi suatu masalah MK yang dikaji. Pemilihan jenis pengagregatan sama ada bersifat pesimistik, optimistik, samarata dan sebagainya bergantung kepada persetujuan pembuat keputusan yang terlibat. Pemilihan pendekatan pula sama ada 1, 2, 3 atau 4, berkait rapat dengan latar belakang masalah yang dikaji dan juga bentuk keputusan yang dijangkakan oleh pembuat keputusan.

RUJUKAN

- Barron, F.H. & Barrett, B.E. 1996. Decision quality using ranked attribute weights. *Management Science* 429(11): 1515-1523.
- Colson, G. & De Bruyn, C. 1989. Models and methods in multiple objectives decision making. *Mathematical Computer Modeling* 12(10/11): 1201-1211.
- Filev, D. & Yager, R.R. 1998. On the issue of obtaining OWA operator weights. *Fuzzy Sets and Systems* 94: 157-169.
- Ma, J., Fan, Z. & Huang, L. 1999. A subjective and objective integrated approach to determine attribute weights. *European Journal of Operational Research* 112: 397-404.
- Mareschal, B. 1988. Weigh stability intervals in multi criteria decision aid. *European Journal of Operational Research* 33: 54-64.
- Opricovic, S. & Tzeng, G.H. 2007. Extended VIKOR method in comparison with outranking methods. *European Journal of Operational Research* 178: 514- 529.
- Roberts, R. & Goodwin, P. 2002. Weight approximation in multi-attribute decision models. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 11: 291-303.
- Yager, R.R. 1988. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteriadecision making *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 8: 183-190.
- Yager, R.R. 1996. Quantifiers guided aggregation under OWA operators. *International Journal of Intelligence Systems* 11: 49-73.

Maznah Mat Kasim*
Pusat Pengajian Sains Kuantitatif
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Utara Malaysia
06010 Sintok, Kedah
Malaysia

Abdul Aziz Jemain
Pusat Pengajian Sains Matematik
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D.E.
Malaysia

*Pengarang untuk surat-menyurat; email: maznah@uum.edu.my

Diserahkan: 20 September 2010
Diterima: 8 Ogos 2011