

WAJARAN SUBJEKTIF TERAGGREGAT KRITERIA DALAM MASALAH MULTI-KRITERIA

Maznah Mat Kasim
Kolej Sastera dan Sains
Bangunan Sains Kuantitatif
Universiti Utara Malaysia
maznah@uum.edu.my

Abd Aziz Jemain
Pusat Pengajian Sains Matematik
Fakulti Sains dan Teknologi
Universiti Kebangsaan Malaysia
aziz@pkrisc.cc.ukm.my

Abstrak:

Pengiraan wajaran kriteria merupakan satu perkara yang penting dalam menyelesaikan sesuatu masalah multi-kriteria. Ini disebabkan nilai wajaran yang berbeza akan memberi kesan kepada penyelesaian terakhir kepada masalah tersebut. Kaedah mendapatkan wajaran kriteria secara umumnya boleh dilaksanakan melalui dua pendekatan iaitu objektif dan subjektif. Pendekatan pertama tidak memerlukan penilai untuk menilai kepentingan kriteria tetapi pendekatan kedua adalah sebaliknya. Terdapat tiga hal utama yang perlu difikirkan jika satu panel penilai terlibat dalam membuat penilaian. Pertama, adakah kewibawaan penilai diambilkira, kedua, apakah jenis penilaian subjektif yang akan digunakan, dan ketiga, bagaimanakah penilaian ini akan diaggregatkan supaya hanya terdapat satu nilai wajaran terakhir yang tunggal yang diperoleh bagi sesuatu kriterium. Kertas kerja ini akan menumpukan kepada perbincangan matematik tentang kaedah mendapatkan wajaran subjektif teraggregat jika satu panel penilai yang sama dan berbeza kewibawaan terlibat dalam membuat penilaian. Kaedah subjektif yang akan dimanfaatkan ialah tiga kaedah penentuan wajaran kriteria berasaskan pangkat, manakala kaedah pengagregatan yang digunakan ialah kaedah pemurataan berwajaran tertib (OWA). Memandangkan terdapat lebih daripada satu kaedah penentuan wajaran subjektif berasaskan pangkat yang dikaji, satu ujian simulasi telah dijalankan untuk membandingkan tahap ketekalan kaedah-kaedah tersebut apabila proses pengagregatan tertentu dilaksanakan. Keputusan ujian simulasi menunjukkan ketiga-tiga kaedah adalah tekal dengan darjah yang berbeza.

Pengenalan

Masalah multi-kriteria ialah suatu masalah yang melibatkan satu kumpulan alternatif yang mana setiap alternatif dinilai berdasarkan beberapa kriteria. Nilai wajaran kriteria lazimnya diperlukan dalam menyelesaikan sesuatu masalah multi-kriteria. Ia perlu diberi perhatian yang khusus memandangkan nilai wajaran yang berbeza akan memberi kesan pada penyelesaian masalah tersebut. Menyelesaikan masalah multi-kriteria merujuk kepada aktiviti mendapatkan pencapaian keseluruhan bagi setiap alternatif dengan menggabungkan pencapaian alternatif dengan wajaran kriteria. Berdasarkan pencapaian keseluruhan alternatif, pangkat kedudukan alternatif boleh ditentukan.

Nilai wajaran kriteria sering kali dianggap mewakili kepentingan kriteria tersebut (Noghin 1997). Sesuatu kriterium yang lebih penting seharusnya mempunyai nilai wajaran yang lebih tinggi kriteria yang berkepentingan lebih rendah. Ia boleh ditentukan melalui dua pendekatan iaitu secara objektif dan secara subjektif. Pendekatan pertama hanya melibatkan maklumat dalaman sesuatu kriterium, manakala pendekatan kedua memerlukan khidmat penilai atau panel penilai.

Kertas kerja ini akan menumpukan kepada pendekatan subjektif dan membabitkan lebih daripada seorang penilai. Kaedah subjektif yang dipilih ialah tiga kaedah berasaskan pangkat keutamaan kriteria dan membabitkan panel penilai yang sama dan berlainan kewibawaan. Dalam usaha mendapatkan wajaran teraggregat, penilaian yang diberi oleh penilai perlu diaggregatkan. Kaedah pengagregatan yang akan diterapkan ialah kaedah pemurataan berpemberat tertib (OWA). Perbincangan matematik tentang cara mendapatkan wajaran teraggregat akan menjadi tumpuan utama. Di samping itu perbincangan umum tentang ujian simulasi dan keputusan ujian simulasi yang dijalankan juga disertakan. Ujian ini dilaksanakan untuk menyelidiki darjah ketekalan ketiga-tiga kaedah subjektif asas pangkat yang dikaji.

Wajaran Objektif Kriteria

Penentuan wajaran kriteria secara objektif dirujuk kepada kaedah anggaran wajaran kriteria yang dilaksanakan berdasarkan maklumat dalaman yang terdapat dalam kriteria. Amalan semasa menggunakan pelbagai jenis maklumat misalnya maklumat sisihan piawai, korelasi, dan entropi (Diakoulaki et.al (1996), Ray (1989), Zeleny (1982)).

Pendekatan ini sangat sesuai untuk dimanfaatkan bagi pembuat keputusan yang membenarkan maklumat dalam sesuatu kriterium yang menjadi penentu kepada kekuatan atau kelemahan kriteria terpilih.

Wajaran Subjektif Kriteria

Wajaran subjektif kriteria merujuk kepada wajaran sesuatu kriteria yang terhasil daripada penilaian oleh penilai atau kumpulan penilai tertentu. Lazimnya cara penilaian subjektif (Ma et al. 1999) mendapat banyak kritikan. Hal sedemikian berlaku kerana kemampuan manusia sebagai penilai sangat terhad dan kebanyakan mereka berbeza pandangan di antara satu sama lain dan juga dari segi latar belakang, pengalaman, emosi dan taraf pendidikan. Keupayaan mereka dalam memahami dan menggunakan kaedah-kaedah yang diutarakan boleh memberi gambaran sejauh mana ketepatan penilaian yang dibuat. Kaedah Proses Analisis Berhierarki (Saaty 1980, 1990) misalnya, walaupun penggunaannya sangat meluas, namun banyak kritikan dibuat berkaitan dengan isu optimal Pareto (Honert & Lootsma 1996), pertukaran pangkat (Dodd et al. 1995; Dyer 1990; Schenkerman 1994; Vargas 1994), ketekalan penilaian, dan juga keterbatasan kebolehan manusia dalam membuat penilaian secara berpasangan.

Penilaian subjektif boleh diwakilkan dalam tiga bentuk utama iaitu pangkat, utiliti atau pernyataan linguistik. Bagi bentuk pertama, penilai hanya diminta menyatakan tahap kepentingan sesuatu kriteria dengan memberikan nilai-nilai dalam bentuk tertib keutamaan. Jika terdapat lima kriteria yang dinilai, penilai berhak memberi nilai satu hingga lima kepada setiap kriteria. Nilai satu membawa maksud kriteria tersebut berada pada tahap paling penting, dan nilai dua menunjukkan kedua paling penting, dan seterusnya. Cara penilaian kedua ialah dengan memberi nilai utiliti atau wajaran. Nilai diberi dalam satu julat nilai di antara sifar dan satu atau di antara sifar hingga sepuluh. Semakin tinggi nilai yang diberi, semakin penting kriteria tersebut. Jurang penilaian yang berbeza akan terhasil jika penilaian jenis ini digunakan kerana terdapat julat nilai wajaran yang besar yang boleh dipilih oleh penilai yang terlibat. Oleh itu, penilaian jenis utiliti tidak akan menghasilkan penilaian yang konsisten terutama sekali jika melibatkan ramai penilai. Penilaian ketiga yang berasaskan pernyataan linguistik iaitu penilaian tidak dinyatakan secara berangka telah mendapat tempat dalam banyak kajian kerana sifatnya sedemikian. Terdapat banyak jenis pernyataan linguistik yang tersedia misalnya lima, tujuh, sembilan atau sebelas kategori. Tahap kepentingan sesuatu kriterium dimulai dengan tahap sangat tidak penting sehinggalah sangat penting dan lazimnya setiap tahap kepentingan diwakili sebagai nombor kabur.

Kaedah subjektif yang ringkas dan munasabah dengan kemampuan manusia dalam menentukan darjah kepentingan kriteria ialah kaedah penilaian yang pertama yang berasaskan pangkat kepentingan kriteria. Terdapat pula beberapa pendekatan yang boleh menerbitkan pangkat kepentingan kriteria kepada nilai wajaran kriteria yang akan dibincangkan dalam bahagian seterusnya.

Wajaran Subjektif Kriteria Berasaskan Pangkat

Terdapat empat pendekatan untuk mendapatkan wajaran subjektif kriteria menggunakan maklumat pangkat kepentingan kriteria yang diketengahkan iaitu berasaskan jumlah pangkat (JP), salingan pangkat (SP), sentroid tertib pangkat (STP), dan taburan tertib pangkat (TTP) (Barron & Barrett 1996). 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. Semakin tinggi pangkat kriteria, maka semakin besar nilai wajaran bagi kriteria tersebut.

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 4 jenis operator wajaran yang boleh dinyatakan iaitu operator wajaran jumlah pangkat, salingan pangkat, sentroid pangkat dan taburan pangkat.

Operator Wajaran Jumlah Pangkat (JP)

Jika JP mewakili jumlah pangkat semua kriteria, $JP = \sum_{j=1}^m r_j$, maka kriteria paling penting akan mendapat wajaran m/JP , manakala kriteria paling tidak penting akan berwajaran $1/JP$. Secara umumnya,

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

Operator Wajaran Salingan Pangkat (SP)

Katakan wajaran mentah ialah $1, 1/2, \dots, 1/r_m$ dengan keadaan kriteria ke j mempunyai wajaran mentah $1/r_j$. Penormalan dijalankan dengan membahagikan setiap nilai tadi dengan jumlah wajaran mentah, $\sum_{j=1}^m 1/r_j$ supaya jumlah wajaran yang dicari bernilai satu. Rumus umum yang diperoleh ialah

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

Operator Wajaran Sentroid Tertib Pangkat (STP)

Secara geometrinya, operator wajaran ini dikira menggunakan titik-titik bucu sebuah simpleks berdimensi m yang ditakrifkan seperti berikut: $b_1 = (1, 0, \dots, 0)$, $b_2 = (1/2, 1/2, 0, \dots, 0)$, ..., $b_m = (1/m, 1/m, \dots, 1/m)$. Koordinat sentroid bagi simpleks ini ialah purata kepada koordinat bucu objek tersebut. Wajaran kriteria j adalah bersamaan dengan purata koordinat ke r_j sentroid tersebut iaitu

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

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

Operator Wajaran Taburan Tertib Pangkat (TTP)

Operator wajaran TTP yang diwakilkan sebagai Ψ_4 , diasaskan pada kaedah pengiraan wajaran jenis perkadaran langsung yang mana kriteria paling penting akan mendapat wajaran bernilai tertentu misalnya, 100 dan wajaran kriteria lain akan dikira berasaskan nilai ini. Wajaran mentah setiap kriteria diperoleh dengan menormalkan nilai wajaran masing-masing dan menjadikan jumlah wajaran ialah satu. Disebabkan tidak wujud satu rumus umum untuk mengira wajaran pendekatan TTP, Jadual berikut (Roberts & Goodwin 2002) boleh digunakan untuk mendapatkan wajaran kriteria melalui pendekatan ini.

		Jumlah kriteria, m							
Pangkat kriteria, j	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.6932	0.5232	0.4180	0.3471	0.2966	0.2590	0.2292	0.2058	0.1867
2	0.3068	0.3240	0.2986	0.2686	0.2410	0.2174	0.1977	0.1808	0.1667
3		0.1528	0.1912	0.1955	0.1884	0.1781	0.1672	0.1565	0.1466
4			0.0922	0.1269	0.1387	0.1406	0.1375	0.1332	0.1271
5				0.0619	0.0908	0.1038	0.1084	0.1095	0.1081
6					0.0619	0.0679	0.0805	0.0867	0.0893
7						0.0344	0.0531	0.0644	0.0709
8							0.0263	0.0425	0.0527
9								0.0211	0.0349
10									0.0173

Jadual 1 Nilai Wajaran Kriteria Menurut Kaedah TTP

Kaedah Pengaggregatan

Kaedah pengaggregatan pemurataan berpemberat tertib, OWA (*Ordered Weighted Average*), ϕ yang diusulkan oleh Yager (1988) merupakan satu kaedah pemurataan yang sangat umum yang boleh dimanfaatkan untuk sebarang pengaggregatan. Kaedah ini sangat lentur kerana ia merangkumi pelbagai jenis pemurataan. Katakan x_1, \dots, x_q ialah q nilai yang ingin diaggregatkan. 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 pengaggregatan terhasil sebagai

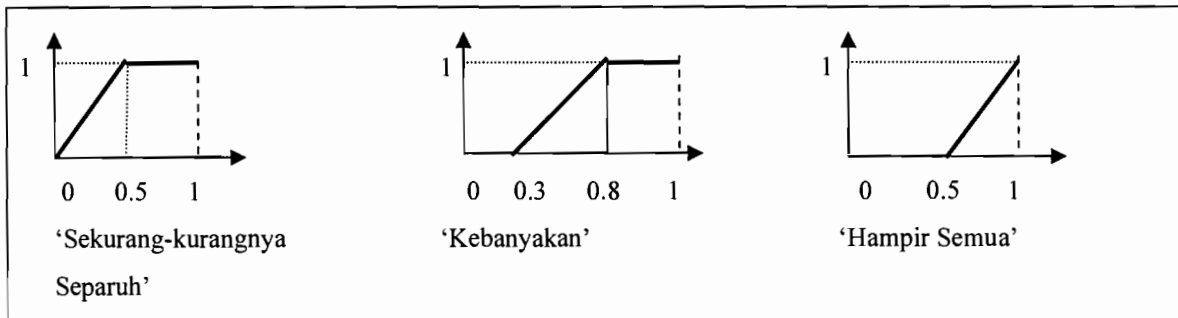
$$\phi(x_1, \dots, x_q) = \sum_{l=1}^q x_{(l)} v_l \quad (5)$$

dengan $x_{(1)}, \dots, x_{(q)}$ ialah x_1, \dots, x_q disusun ikut tertib menurun bagi x_1, \dots, x_q ialah satu set nilai utiliti. Jika x_1, \dots, x_q mewakili tertib keutamaan, $x_{(1)}, \dots, x_{(q)}$ ialah turutan menaik memandangkan nilai lebih rendah mewakili kedudukan yang lebih tinggi manakala nilai lebih tinggi mewakili kedudukan yang lebih rendah.

Pengaggregatan ϕ boleh dikelaskan mengikut nilai vektor pemberat yang diterapkan. Setiap jenis pengaggregatan boleh digunakan kerana Arrow (1968) telah membuktikan bahawa tidak terdapat satupun pengaggregatan yang rasional sepenuhnya menerusi satu teoremnya iaitu *Arrow's Impossibility Theorem*. Oleh itu sebarang jenis pengaggregatan boleh digunakan mengikut keperluan pembuat keputusan atau kesesuaian dengan masalah yang ingin diselesaikan.

Jika $v_q = 1$, pengaggregatan operator ϕ menjadi pengaggregatan minimum kerana memilih nilai terendah sahaja dan mewakili pemilihan yang bersifat pesimistik. Sebaliknya jika $v_1 = 1$, jenis pengaggregatan operator ϕ maksimum berlaku kerana nilai yang tertinggi atau maksimum sahaja yang akan terpilih. Pengaggregatan ϕ ini boleh ditafsirkan sebagai pemilihan yang bersifat optimistik kerana memilih yang terbaik sahaja. Jika $v_l = 1/q$ untuk semua l , maka pengaggregatan operator ϕ yang dilaksanakan bersamaan dengan kaedah pengaggregatan secara purata aritmetik. Pengaggregatan yang dibuat mewakili pemilihan bersifat demokrasi kerana setiap nilai mempunyai wajaran penggabungan yang sama. Pengaggregatan operator ϕ median berlaku apabila $v_{(q+1)/2} = 1$ jika q ialah angka ganjil dan $v_{q/2} = v_{(q/2)+1} = 1/2$ jika q ialah angka genap. Pengaggregatan ϕ jenis ini hanya memilih nilai penengah. Pengaggregatan operator ϕ kuartil satu atau kuartil tiga umumnya boleh dilaksanakan dengan $v_{(q+1)/4} = 1$

atau $v_{3(q+1)/4} = 1$. Nilai sukuan pertama terpilih bagi pengagregatan ϕ kuartil satu, manakala pengagregatan ϕ kuartil ketiga hanya memerlukan nilai sukuan ketiga bagi sesuatu set penilaian yang perlu diagregatkan. Satu lagi cara pengagregatan ϕ yang boleh dilaksanakan ialah pengagregatan yang berteraskan konsep kesepakatan di kalangan penilai terbabit. Pengagregatan operator ϕ kesepakatan kabur bermaksud menggabungkan beberapa set penilaian mengikut darjah kesepakatan tertentu. Kesepakatan kabur ialah satu konsep yang kabur kerana tidak terdapat batas pemisah yang nyata. Pada amalan kebiasaan batas pemisah ditetapkan dengan mengambil satu nilai tertentu, misalnya sepakat mungkin bermaksud penilaian lebih daripada 80% hakim. Tetapi 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 $\cdot = (v_1, \dots, v_q)$, $l = 1, \dots, q$ yang sepadan dengan darjah kesepakatan kabur terpilih, hubungan berikut boleh digunakan

$$v_l = Q\left(\frac{l}{q}\right) - Q\left(\frac{l-1}{q}\right) \quad (6)$$

dengan darjah kesepakatan diukur menerusi pengkuantiti

$$Q(s) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } s < a \\ \frac{s-a}{b-a} & a \leq s \leq b \\ 1 & s > b \end{cases} \quad (7)$$

dengan a, b dan $s \in [0,1]$, nilai parameter (a,b) masing-masing ialah $(0,0.5)$, $(0.3,0.8)$, dan $(0.5,1)$ bagi sekurang-kurangnya separuh, kebanyakan dan hampir semua. Berdasarkan Rajah 1, jika darjah kesepakatan kabur kebanyakan dipilih, maka penilaian yang berada di kedudukan tengah pada tertib menurun akan diagregatkan. Bagi darjah kesepakatan kabur sekurang-kurangnya separuh pula, hanya penilaian yang berada pada kedudukan separuh pertama pada set penilaian dalam tertib menurun yang akan digabungkan. Jadual 2 menunjukkan beberapa nilai $\cdot = (v_1, \dots, v_q)$, $l = 1, \dots, q$ dengan dua nilai q yang berbeza untuk beberapa jenis pengagregatan.

Nilai q	Jenis Pengaggregatan	v_1, \dots, v_q
4	Pesimistik	0, 0, 0, 1
	Optimistik	1, 0, 0, 0
	Demokrasi	0.25, 0.25, 0.25, 0.25
	Median	0.0, 0.5, 0.5, 0.0
	Kesepakatan Kabur Sekurang-kurangnya Separuh	0.5, 0.5, 0.0, 0.0
	Kesepakatan Kabur Kebanyakan	0.0, 0.4, 0.5, 0.1
	Kesepakatan Kabur Hampir Semua	0.0, 0.0, 0.5, 0.5
5	Pesimistik	0, 0, 0, 0, 1
	Optimistik	1, 0, 0, 0, 0
	Demokrasi	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

Jadual 2: Beberapa Contoh Nilai Vektor Berpemberat

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 mana-mana proses pengaggregatan prestasi alternatif seperti kaedah purata aritmetik berwajaran, kaedah purata geometrik berwajaran, TOPSIS (Hwang & Yoon 1981), dan VIKOR (Opricovic & Tzeng 1994).

Andaikan terdapat satu masalah MK dengan keadaan matriks keputusan yang mewakili prestasi bagi setiap alternatif telahpun 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, $\Psi_i, i = 1, \dots, 4$, untuk menghasilkan wajaran kriteria, w_j . Seterusnya, pembuat keputusan perlu menggabungkan w_1, \dots, w_m dan prestasi ternormal bagi alternatif i iaitu z_{i1}, \dots, z_{im} untuk mendapatkan prestasi keseluruhan alternatif tersebut. Katakan sebarang bentuk gabungan antara wajaran dan prestasi alternatif diwakilkan sebagai fungsi P , dengan keadaan

$$pres_i = P(z_i, w) \quad (8)$$

dan $P(z_i, w) = \sum_{j=1}^m z_{ij} w_j$ dengan $pres_i$ mewakili prestasi keseluruhan bagi alternatif i . Gabungan ini perlu diulang untuk mendapatkan pencapaian keseluruhan alternatif lain. Berdasarkan nilai prestasi setiap alternatif, $pres_i$, 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 dalam Rajah 2.

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

Rajah 2: Ringkasan proses mendapatkan pangkat alternatif jika hanya seorang penilai terlibat.

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 ada kaedah tertentu yang dapat menangani masalah yang dihadapi. Dalam hal ini proses pengaggregatan ϕ yang diketengahkan dapat diterapkan.

Kewibawaan penilai yang terlibat lazimnya tidak sama. Penilai yang lebih berpengalaman akan mempunyai kemampuan yang lebih tinggi daripada penilai yang masih baru dalam memberi pandangan atau membuat penilaian. Oleh yang demikian, kewibawaan penilai juga perlu diambil kira. Dua bahagian berikut akan menumpukan perbincangan tentang penilaian tentang kepentingan kriteria yang dibuat oleh satu panel penilai yang mempunyai kewibawaan yang sama dan berbeza.

Mendapatkan Wajaran Subjektif Teraggregat Membabitkan Penilai Berkewibawaan Yang Sama

Jika satu panel penilai yang mempunyai kewibawaan yang sama ditugaskan untuk menilai pangkat kepentingan kriteria, maka setiap penilaian yang dibuat akan dianggap mempunyai darjah ketepatan yang sama. Terdapat dua cara mendapatkan wajaran teraggregat sebelum menyelesaikan masalah MK yang terpilih. Dua cara tersebut akan dikenali sebagai kaedah 1 dan kaedah 2.

Pengaggregatan kaedah 1

Katakan terdapat q orang penilai yang menilai pangkat kepentingan m kriteria, dan r_1^l, \dots, r_m^l ialah penilaian pangkat kepentingan m kriteria yang dinilai oleh penilai l , $l = 1, \dots, q$. Penilaian pangkat kriteria j yang dinilai oleh panel penilai ini iaitu r_j^1, \dots, r_j^q perlu diaggregatkan menerusi operator ϕ untuk menghasilkan nilai pangkat teraggregat, r_j^A . Kemudian, w_j akan dapat dikira berasaskan nilai pangkat teraggregat ini menggunakan mana-mana operator wajaran Ψ_i . Nilai wajaran bagi setiap kriteria, w_1, \dots, w_m ini digabungkan dengan prestasi ternormal setiap alternatif i , z_{i1}, \dots, z_{im} , $i = 1, 2, \dots, n$ menerusi fungsi P supaya prestasi keseluruhan setiap alternatif, $pres_i$, ditentukan. Berasaskan $pres_i$, proses T dapat dilaksanakan yang akan memberikan kedudukan alternatif.

Pengaggregatan kaedah 2

Pada kaedah ini, r_1^l, \dots, r_m^l perlu terlebih dahulu melalui mana-mana operator wajaran Ψ bagi mendapatkan w_1^l, \dots, w_m^l . Kemudian, wajaran tersebut akan diaggregatkan menerusi ϕ untuk mendapatkan w_1^A, \dots, w_m^A . Wajaran teraggregat ini akan digabungkan dengan z_{i1}, \dots, z_{im} oleh fungsi P untuk membentuk $pres_i$, $i = 1, \dots, n$. Akhirnya, pemangkatan alternatif R_i dapat ditentukan berasaskan nilai $pres_i$ ini.

Mendapatkan Wajaran Subjektif Teraggregat Membabitkan Penilai Berkewibawaan Yang Berbeza

Jika kewibawaan penilai yang terlibat diambil kira, satu set nilai yang baru perlu diperkenalkan yang akan mewakili darjah kewibawaan penilai yang berbeza. Katakan u^l , $l = 1, \dots, q$ mewakili kewibawaan penilai l , dengan $\sum_{l=1}^q u^l = 1$, dan $0 \leq u^l \leq 1$. Penilai yang lebih tinggi kewibawaannya sepatutnya mempunyai nilai u yang lebih tinggi berbanding dengan penilai yang lebih rendah kewibawaannya. Misalnya jika penilai A mempunyai darjah kewibawaan 0.1, manakala penilai B dengan darjah kewibawaan 0.3, maka penilai B berkewibawaan tiga kali ganda lebih tinggi daripada penilai A dan beliau mampu mewakili tiga orang penilai yang setara dengan penilai A . Terdapat hanya satu kaedah untuk mengaitkan kewibawaan penilai dengan penilaian yang dibuatnya tentang tahap kepentingan kriteria yang akan menghasilkan wajaran subjektif teraggregat kriteria.

Pada kaedah ini, akan dikenali sebagai kaedah 3, darjah kewibawaan penilai didarabkan dengan wajaran kriteria yang dijelmakan melalui operator wajaran subjektif kriteria sebagai $(u^l w_1^l, \dots, u^l w_m^l)$ yang kemudiannya diaggregatkan menerusi operator pengaggregatan ϕ untuk menghasilkan wajaran teraggregat (w_1^A, \dots, w_m^A) . Setelah nilai wajaran teraggregat terhasil, proses penggabungan wajaran tersebut dan prestasi alternatif melalui fungsi P dapat dilaksanakan untuk menghasilkan $pres_i$ iaitu prestasi keseluruhan setiap alternatif. Seterusnya pemberian pangkat pada alternatif iaitu T boleh dilaksanakan berasaskan nilai $pres_i$ ini. Rajah berikut merumuskan ketiga-tiga kaedah pengaggregatan yang boleh dilakukan untuk mendapatkan wajaran subjektif teraggregat kriteria yang dibincangkan.

Kaedah 1 (sama kewibawaan)

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

Kaedah 2 (sama kewibawaan)

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

Kaedah 3 (berbeza kewibawaan)

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

Rajah 3: Rumusan Kaedah Pengaggregatan Untuk Mendapatkan Wajaran Subjektif Teraggregat Kriteria

Ujian Simulasi

Oleh kerana terdapat lebih daripada satu operator wajaran subjektif kriteria dan lebih daripada satu kaedah pengaggregatan yang boleh diterapkan, ujian perlu dilaksanakan untuk membandingkan operator manakah yang lebih konsisten dalam rangka untuk mendapatkan wajaran teraggregat menerusi proses pengaggregatan tertentu yang dipilih. Tiga operator wajaran subjektif kriteria yang akan dikaji ialah operator JP, SP dan STP. Dalam ujian simulasi yang dijalankan, wajaran sebenar kriteria dianggap tersedia. Kemudian satu kumpulan penilai ditugaskan membuat penilaian tentang kepentingan beberapa kriteria terpilih. Kewibawaan penilai yang terlibat dianggap sama dalam ujian simulasi yang dijalankan.

Penilaian akan digabungkan atau diaggregatkan untuk mendapatkan wajaran teraggregat menerusi pengaggregatan OWA, ϕ jenis demokrasi. Pengaggregatan dilaksanakan sama ada menerusi kaedah 1 iaitu pada nilai pangkat yang diberikan atau menerusi kaedah 2 iaitu pada nilai wajaran terhasil melalui tiga operator wajaran subjektif asas pangkat yang dibincangkan. Wajaran teraggregat akan dibandingkan dengan wajaran sebenar dengan mendapatkan nilai perbezaan mutlak bagi setiap kriteria terlibat. Oleh kerana pelbagai bilangan kriteria yang dipertimbangkan, purata perbezaan mutlak wajaran akan dikira.

Langkah pertama membabitkan penjanaan wajaran sebenar bagi kriteria terpilih daripada sekumpulan kriteria. Ini dilakukan dengan memilih n nombor rawak daripada sekumpulan s nombor rawak dengan keadaan $n \leq s$. Nombor terpilih akan disusun mengikut turutan menaik. Disebabkan nombor-nombor ini bernilai di antara sifar dan satu, jarak di antara dua nombor akan mewakili wajaran sebenar kriteria terlibat (Jia et al. 1998). Langkah kedua pula membabitkan penjanaan penilaian sekumpulan penilai tentang kepentingan kriteria terlibat. Ia dilaksanakan dengan menjana beberapa nombor rawak daripada taburan Gamma $f(x, \alpha, \lambda) = (1/\lambda)^\alpha x^{\alpha-1} e^{-x/\lambda}$ bagi $x > 0$, dan $\alpha, \lambda > 0$. Bilangan nombor rawak yang disampel mewakili bilangan kriteria manakala bilangan set nombor rawak yang dijana daripada taburan tersebut mewakili bilangan penilai.

Langkah ketiga membabitkan pengaggregatan menerusi operator pengaggregatan OWA, jenis demokrasi iaitu menerusi kaedah pengaggregatan kaedah 1 pada pangkat kepentingan kriteria yang diberikan oleh penilai, dan pada kaedah 2 iaitu pada wajaran kriteria diterbitkan daripada pangkat kepentingan kriteria yang dinyatakan penilai. Dalam ujian simulasi ini, kepelbagaian bilangan kriteria dan bilangan penilai dikaji. Bilangan penilai lazimnya tidak ramai dan dalam bilangan ganjil, manakala bilangan kriteria juga tidak banyak bagi mengelakkan kekangan kos dalam kerja-kerja di lapangan. Kajian dijalankan terhadap lima kes bilangan kriteria iaitu 3, 4, 5, 6, dan 7 kriteria serta lima jenis kumpulan penilai yang terdiri daripada 3, 5, 7, 9 dan 11 orang penilai. Untuk setiap gabungan masalah, ulangan dijalankan sebanyak 50 kali.

Sebagai langkah terakhir, bagi setiap kes yang dikaji, setiap set wajaran sebenar dibandingkan dengan set wajaran teraggregat sepadan sebagai purata perbezaan mutlak (PPP). Misalnya, jika kes 3 kriteria yang dikaji, nilai PPP akan dikira daripada purata 3 nilai perbezaan mutlak antara 3 pasang nilai wajaran. Ukuran ini akan mewakili ukuran ketekalan kaedah asas pangkat yang dikaji dengan keadaan ukuran PPP yang rendah menunjukkan nilai wajaran teraggregat lebih hampir kepada wajaran sebenar. Dengan yang demikian kaedah yang lebih tekal akan mempunyai ukuran PPP yang rendah daripada kaedah yang kurang tekal.

Keputusan Simulasi

Jadual 3 meringkaskan keputusan PPP untuk proses pengagregatan kaedah 1 kaedah 2 yang dijalankan oleh operator ϕ jenis demokrasi. Pada jadual tersebut, nilai PPP 1 merujuk kepada nilai PPP yang dikira daripada perbezaan mutlak antara wajaran sebenar dan wajaran yang dikira daripada pangkat teraggregat yang diaggregat secara demokrasi. Nilai PPP 2 pula merujuk kepada nilai PPP yang diperolehi daripada perbezaan mutlak antara wajaran teraggregat dan wajaran sebenar.

Bil. Kriteria	Bil. Hakim	Nilai PPP 1			Nilai PPP 2		
		Ψ_1	Ψ_2	Ψ_3	Ψ_1	Ψ_2	Ψ_3
3	3	0.147	0.142	0.151	0.145	0.139	0.122
	5	0.151	0.151	0.159	0.151	0.149	0.132
	7	0.139	0.134	0.157	0.139	0.134	0.110
	9	0.136	0.130	0.158	0.136	0.131	0.108
	11	0.143	0.140	0.168	0.143	0.138	0.112
4	3	0.102	0.097	0.108	0.102	0.095	0.088
	5	0.100	0.096	0.103	0.100	0.098	0.087
	7	0.101	0.096	0.095	0.101	0.096	0.080
	9	0.100	0.095	0.097	0.100	0.097	0.081
	11	0.105	0.102	0.096	0.105	0.102	0.086
5	3	0.093	0.091	0.081	0.093	0.089	0.079
	5	0.085	0.079	0.071	0.084	0.082	0.070
	7	0.094	0.089	0.079	0.094	0.089	0.078
	9	0.090	0.084	0.078	0.089	0.082	0.072
	11	0.091	0.087	0.073	0.091	0.086	0.074
6	3	0.073	0.069	0.064	0.073	0.073	0.066
	5	0.071	0.066	0.061	0.070	0.068	0.061
	7	0.075	0.072	0.064	0.075	0.073	0.065
	9	0.073	0.068	0.061	0.073	0.069	0.061
	11	0.072	0.067	0.056	0.072	0.067	0.052
7	3	0.059	0.058	0.054	0.059	0.058	0.053
	5	0.060	0.057	0.051	0.060	0.059	0.052
	7	0.062	0.061	0.054	0.062	0.059	0.052
	9	0.059	0.055	0.047	0.059	0.054	0.048
	11	0.058	0.054	0.046	0.058	0.052	0.045

Jadual 3: Nilai PPP bagi Pengagregatan Kaedah 1 dan 2 Menerusi ϕ Jenis Demokrasi

Berpandukan keputusan pada Jadual 3, pengagregatan ϕ kaedah 1 dan 2 tidak memberi kesan pada Ψ_1 . Ini ditunjukkan pada pada lajur ke 3 dan ke 6, yang mana nilai PPP pada kedua-dua lajur tersebut adalah sama. Keseluruhannya, nilai PPP bagi setiap operator wajaran menerusi kedua-dua kaedah pengagregatan berkurangan apabila bilangan kriteria bertambah. Pengagregatan kaedah 2 menghasilkan nilai PPP yang lebih rendah berbanding pengagregatan kaedah 1. Tidak terdapat perbezaan PPP yang ketara di antara tiga operator wajaran asas pangkat yang dikaji. Namun Ψ_2 lebih baik prestasinya apabila bilangan kriteria adalah rendah pada pengagregatan kaedah 1, manakala Ψ_3 lebih baik pada pengagregatan kaedah 2. Setelah bilangan kriteria ditambah kepada 5, 6 atau 7, Ψ_3 sentiasa menunjukkan prestasi lebih baik sama ada pengagregatan kaedah 1 mahupun kaedah 2, dan diikuti oleh Ψ_2 dan Ψ_1 .

Kesimpulan

Kertas kerja ini membahaskan tentang proses pengagregatan yang boleh dilaksanakan untuk mendapatkan wajaran subjektif teragregat kriteria. Tumpuan kajian ialah tiga penilaian subjektif asas pangkat iaitu jenis jumlah pangkat, JP, salingan pangkat, SP dan sentroid tertib pangkat, STP. Pengagregatan menerusi operator OWA boleh dilaksanakan menerusi dua kaedah apabila membabitkan penilaian oleh penilai yang berkewibawaan yang sama dan hanya satu kaedah bagi penilaian oleh penilai berkewibawaan yang berbeza.

Ujian simulasi yang dijalankan bagi pengagregatan penilaian oleh penilai yang berkewibawaan yang sama menunjukkan pengagregatan kaedah 2, iaitu pada wajaran adalah lebih konsisten daripada pengagregatan kaedah 1, iaitu pada pangkat kepentingan kriteria. Secara keseluruhannya, kaedah STP paling konsisten, diikuti kaedah JP dan STP. Hasil ujian simulasi yang dijalankan adalah selari dengan penemuan ujian simulasi yang dijalankan oleh Barron dan Barrett (1996). Di samping itu, kajian yang dijalankan telah berjaya menunjukkan hujah matematik penentuan wajaran subjektif teragregat kriteria. Oleh kerana kajian yang dijalankan hanya terhad kepada perwakilan pangkat kepentingan kriteria dan wajaran kriteria dalam nilai krisps sahaja, kajian lanjutan boleh dilaksanakan dengan membabitkan penilaian yang diungkapkan sebagai nombor kabur.

Rujukan

- Arrow K.J. 1968. *Social Choice and Individual Values*. 2nd edition Yale University Press, New Haven.
- Barron F.H & Barrett B.E. 1996. Decision quality using ranked attributes weights. *Management Science*. 42(9): 1515-1523.
- Diakoulaki D. & Koumoutos N. 1991. Cardinal ranking of alternatives actions: extension of the PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research* 53: 337-347
- Dodd F.J, Donegan H.A & McMaster T.B.M. 1995. Inverse inconsistency in analytic hierarchies. *European Journal of Operational Research* 80: 86-93.
- Dyer J.S. 1990. Remarks on the analytic hierarchy process. *Management Science*. 36(3): 249-258.
- Filev D & Yager R.R. 1998. On the issue of obtaining OWA operator weights. *Fuzzy Sets and Systems* 94: 157-169.
- Honert R.C. Ven & Lootsma F.A 1997. Group preference aggregation in multiplicative AHP. The model of the group decision process and Pareto optimality. *European Journal of Operational Research* 96(2): 363-370.
- Hwang C.L & Yoon K. 1981. *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Springer, Berlin 1981.
- Jia J, Fischer G.W & Dyer J.S. 1998. Attribute weighting methods and decision quality in the presence of response error: a simulation study. *Journal of Behavioral Decision Making* 11: 85-105.
- 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.
- Noghini V.D. 1997. relative importance of criteria: a quantitative approach. *Journal of Multi-Criteria Decision Making Analysis* 6: 355-363.
- Opricovic S & Tzeng G.H. 2004. The Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research* 156(2): 445-455.
- Ray A.M. 1989. On the measurement of certain aspects of social development. *Social Indicators Research* 21: 35-92.
- Roberts R & Goodwin P. 2002. Weight approximation in multi-attribute decision models. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* 11: 291-303.
- Saaty T.L. 1980. *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill, New York.
- Saaty T.L. 1990. How to make decision: the analytical hierarchy process. *Journal of Operational Research Society* 41: 9-26.
- Schenkerman S. 1994. Avoiding rank reversal in AHP decision-support models. *Journal of Operational Research Society* 45: 407-419.
- Vargas L.G. 1994. Reply to Schenkerman's avoiding rank reversal in AHP decision support models. *European Journal of Operational Research* 74: 420-425.
- Yager R.R. 1988. On ordered weighted averaging aggregation operators in multi-criteria decision making *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics* 18: 183-190.
- Yager R.R. 1996. Quantifiers guided aggregation under OWA operators. *International Journal of Intelligence Systems* 11: 49-73.
- Zeleny M. 1982. *Multiple Criteria Decision Making*: McGraw-Hill Book Company. New York.