MATEMATIK KABUR PELENGKAP MATEMATIK KLASIK

Nazirah Ramli dan Mazura Mokhtar
Unit Matematik dan Statistik, Universiti Teknologi MARA Pahang
nazirah@pahang.uitm.edu.my

ABSTRAK

Teori kabur, amnya dicirikan dengan fungsi keahlian yang bernilai [0,1] berbanding dengan teori matematik klasik yang hanya mengambil nilai 0 atau 1 sahaja. Kertas kerja ini membincangkan beberapa konsep penting dalam teori kabur serta aplikasinya. Selain daripada itu, turut diperbincangkan perbezaan antara teori kabur dan teori kebarangkalian.

PENDAHULUAN

Teori Kabur merupakan suatu konsep matematik yang telah diperkenalkan secara sistematik oleh Lotfi Zadeh dari Universiti California Berkeley pada tahun 1965. Walaubagaimanapun, sebenarnya idea teori ini telah dibayangkan oleh Russel dan Lukasiewics sebelum 1965 lagi. Berdasarkan daripada Russel: " ... semua mantik klasik lazimnya menganggap hanya simbol yang tepat perlu digunakan. Oleh yang demikian ianya tidak diguna dalam kehidupan manusia tetapi hanya dalam alam kedewaan" (Zimmermann 1984). Lukasiewicz dalam kertasnya yang bertajuk logik bernilai tiga pada 1920 telah mencadangkan penggunaan nilai kebenaran yang ketiga antara logik benar 1 dan logik palsu 0. Nilai ketiga ini dianggap nilai mungkin dengan nilai logik ialah ½.

Walaupun matematik klasik telah berjaya menyelesaikan sebahagian atau seluruh sistem, namun teori kaburlah yang paling ke hadapan menggoncangkan stuktur matematik yang sedia ada jika dibandingkan dengan Teori Set Alternatif. Goncangan ini menyebabkan ramai ahli matematik alah, malahan ada yang telah menyuarakan ketidaksediaan menerima pakai konsep baru yang diketengahkan oleh Zadeh ini secara terangan.

Berdasarkan kajiannya, Zadeh mendapati semakin suatu sistem menjadi bertambah kompleks, semakin sukar untuk menyatakannya secara tepat. Hasil premisnya juga mendapati bahawa adalah mungkin untuk menyatakan sesuatu keadaan sistem dan kawalannya dalam bentuk linguistik selain daripada menyatakannya dalam bentuk numerik.

Sebagai contohnya, jika kita ingin mengungkapkan tinggi seseorang. Seringkali kita akan menyatakan bahawa jika ketinggian seseorang adalah tujuh kaki, dia adalah tinggi dan seseorang yang ketinggiannya tiga kaki adalah rendah. Namun begitu, apakah kategori jika ketinggiannya ialah lima kaki lima inci. Dalam kes ini, set kabur dapat menyelesaikannya dengan memberi darjah keahlian yang bersesuaian.

KONSEP SET KABUR

Dalam mantik klasik, sesuatu pernyataan dikatakan mempunyai nilai kebenaran sama ada benar atau palsu dan bukan kedua-duanya. Nilai kebenaran tersebut juga dikenali sebagai ya atau tidak dan biasanya diwakili oleh angka satu atau sifar. Nilai satu bagi suatu pernyataan membawa maksud bahawa pernyataan pasti benar dan sifar pula bermaksud pernyataan pasti palsu. Ini bererti dalam mantik klasik, hanya perkara-perkara yang pasti, tepat dan tertakrif rapi sahaja yang dipertimbangkan (Zimmermann 1984).

Sebagai contoh, katakan set pensyarah UiTM Cawangan Pahang Kampus Jengka merupakan set semesta U. Kita ingin mentakrifkan dua set dalam U sebagai set pensyarah yang tinggal di Taman Universiti dan set pensyarah cemerlang. Katakan set A dan B masing-masing mewakili set pensyarah yang tinggal di Taman Universiti dan set pensyarah cemerlang. Kita boleh mentakrifkan set A sebagai A = { x ∈ U | u tinggal di Taman Universiti } atau diwakili oleh fungsi keahliannya, $\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & , \; x \in A \\ 0 & , \; x \notin A \end{cases}$

Namun begitu, kita mengalami kesukaran untuk mentakrifkan set B (pensyarah cemerlang). Ini kerana, tahap kecemerlangan seseorang pensyarah bukan sahaja dilihat berdasarkan kecemerlangan pengajaran, tetapi juga mengambil kira kecemerlangan penyelidikan, penulisan, khidmat bakti dan lain-lain lagi. Oleh kerana terdapat beberapa kekaburan ciri pensyarah cemerlang, maka kita sukar untuk mentakrifkan set B dengan tepat.

Dalam dunia nyata sebenar, wujud pelbagai lagi fenomena ketidakpastian yang melibatkan perkara-perkara subjektif dan tidak boleh ditakrif secara rapi dengan syarat-syarat tertentu. Pemerihalan perkara-perkara subjektif seperti keadaan cuaca, kelajuan kereta, bentuk tubuh badan dan tahap kesihatan adalah berdasarkan penilaian seseorang individu. Contohnya, keadaan cuaca pada sesuatu hari itu mungkin dikatakan tidak panas, kurang panas, panas, sangat panas dan tersangat panas. Maka terdapat pelbagai kemungkinan untuk memerihalkan keadaan cuaca dan pemerihalannya bukan setakat panas atau tidak panas sahaja.

Oleh itu, untuk mengatasi masalah ketidakpastian yang melibatkan perkara-perkara yang tidak boleh ditakrif rapi maka pada tahun 1965 Lotfi Zadeh telah memperkenalkan Teori Set Kabur secara sistematik

Takrif Set Kabur

Set Kabur A dalam set semesta U dicirikan dengan fungsi keahlian $\mu_A(u)$ yang mengambil nilai dalam selang [0,1]. Set kabur juga merupakan generalisasi daripada set klasik kerana fungsi keahliannya boleh mengambil sebarang nilai dalam [0,1] sedangkan bagi set klasik fungsi keahliannya hanya mengambil nilai sifar dan satu sahaja.

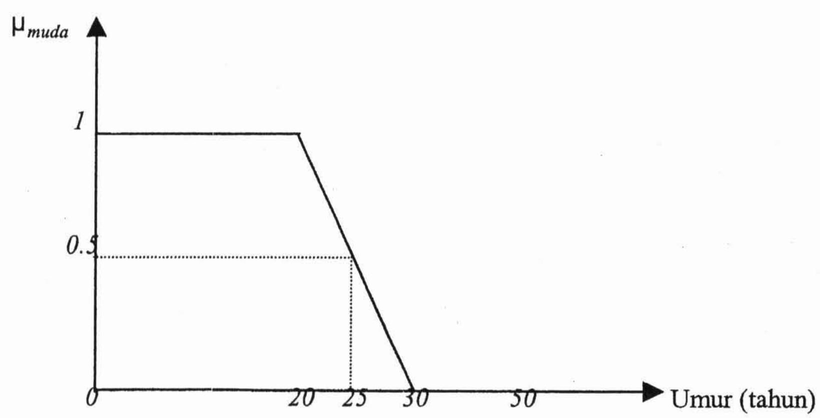
Fungsi keahlian yang bernilai sifar membawa maksud bahawa ia bukan merupakan ahli bagi set A. Jika fungsi keahlian bernilai satu bermakna ia adalah sepenuhnya ahli bagi set kabur A. Manakala nilai fungsi keahlian antara sifar dan satu itu, menggambarkan darjah keahliannya dalam set kabur tersebut. Semakin besar nilai $\mu_A(u)$ bermakna semakin tinggi darjah keahlian u dalam A.

Contoh Set Kabur

Set kabur wujud dalam pelbagai situasi dalam kehidupan seharian kita. Pertimbangkan set kabur untuk orang muda. Secara amnya, diandaikan orang muda ialah mereka yang berumur 20 tahun dan ke bawah. Jika kita menggunakan andaian tersebut, maka bagi mereka yang menyambut hari jadi yang ke-20 masih boleh dikategorikan sebagai muda. Tetapi bagaimana pula dia dikategorikan sehari selepas hari jadinya yang ke-20?

Melalui set kabur, kita boleh mengklasifikasikannya sebagai berada dalam set kabur muda atau tua. Rajah 1 menunjukkan set kabur muda.

Rajah 1: Set Kabur Muda



Berdasarkan Rajah 1, $\mu_{muda}(x)=\begin{cases} 1 & , \quad 0 \le x \le 20 \\ 3-0.1x, & 20 < x < 30 \\ 0 & , \quad x \ge 30 \end{cases}$

Jadual 1: Beberapa Contoh Umur dan Darjah Kemudaan

Nama	*Umur*	*Darjah Kemudaan*
Aishah	*20*	*1*
Omar	*25*	*0.5*
Abu	*28*	*0.2*
Rokiah	*30*	*0*
Ahmad	*38*	*0*

Pertimbangkan juga tentang warna pelangi yang terdiri gabungan tiga warna asas iaitu merah, kuning dan biru. Tiga warna asas ini sebenarnya merupakan set klasik yang mana warna merah bukan merupakan keahlian bagi warna kuning dan biru, biru bukan merupakan keahlian bagi kuning dan merah manakala kuning pula bukan merupakan keahlian bagi biru dan merah.

Namun begitu, warna asas ini bila digabungkan akan membentuk warna-warna yang lain. Sebagai contohnya, dengan menggabungkan warna merah dan biru sama banyak, akan diperolehi warna violet (ungu kebiru-biruan). Ini bermaksud warna violet tersebut mempunyai darjah keahlian merah sebanyak 0.5 dan darjah keahlian biru juga 0.5. Pelbagai jumlah amaun campuran merah dan biru akan menghasilkan pelbagai warna lain yang berbeza dari segi darjah keahlian warna merah dan biru.

SISTEM PAKAR KABUR

Sistem pakar kabur ialah suatu sistem pakar yang tidak menggunakan logik Boolean tetapi sebaliknya menggunakan fungsi keahlian kabur dan hukum inferens. Hukum inferens yang biasa digunakan ialah seperti dalam bentuk: jika x rendah dan y tinggi, maka z adalah sederhana yang mana x dan y ialah pembolehubah input, z ialah pembolehubah output , manakala rendah, tinggi dan sederhana ialah nilai linguistik bagi x, y dan z masing-masing.

Andaikan x ialah kelajuan kereta, y pecutannya dan z ialah daya yang dikenakan ke atas pedal. Pertimbangkan hukum kabur Jika-Maka iaitu: Jika x perlahan dan y kecil, maka z adalah besar.

Fungsi kabur bagi perlahan dalam domain kelajuan kereta, kecil dalam domain pecutan dan besar dalam daya ke atas pedal diberi sebagai,

$$\mu_{perlahan}(x)=\begin{cases} 1 & , \quad x \le 35 \\ \dfrac{55-x}{20} & , \quad 35 < x \le 55 \\ 0 & , \quad x > 55 \end{cases} ,$$

$$\mu_{kecil}(y)=\begin{cases} \dfrac{10-y}{10} & , \quad 0 \le y \le 10 \\ 0 & , \quad y > 10 \end{cases}$$

$$\text{dan } \mu_{besar}(z)=\begin{cases} 0 & , \quad z \le 1 \\ z-1 & , \quad 1 < z \le 2 . \\ 1 & , \quad z > 2 \end{cases}$$

Menggunakan implikasi Dienes-Rescher, diperolehi pernyataan kabur

Jika x perlahan dan y kecil, maka z adalah besar, sebagai

$$\mu_{x\cap y\to z}(x,y,z)=\begin{cases} 1 & ,\ x\geq 55 \quad atau \quad y>10 \quad atau \quad z>2 \\ \dfrac{y}{10} & ,\ x\leq 35,\ y\leq 10,\ z\leq 1 \\ 1-\dfrac{(55-x)(10-y)}{200} & ,\ 35<x\leq 55,\ y\leq 10,\ z\leq 1 \\ max\left[z-1,\dfrac{y}{10}\right] & ,\ x\leq 35, y\leq 10, 1<z\leq 2 \\ max\left[z-1,1-\dfrac{(55-x)(10-y)}{200}\right] & ,\ 35<x\leq 55,\ y\leq 10, 1<z\leq 2 \end{cases}$$

Jadual 2: Beberapa kombinasi x(kelajuan kereta), y (pecutan kereta) dan z (daya yang dikenakan ke atas pedal)

x	y	z	$\mu_{x\cap y\to z}$
60	*20*	*1*	*1*
30	*5*	*1*	*0.5*
40	*5*	*1*	*0.625*
60	*20*	*1.5*	*1*
30	*5*	*1.5*	*0.5*
40	*5*	*1.5*	*0.625*
40	*20*	*3*	*1*

PENGGUNAAN LOGIK KABUR SEHARIAN

Penggunaan logik kabur yang terawal adalah dalam sistem kawalan ketuhar simen yang dibina di Denmark pada tahun 1982 dan kawalan operasi terowong keretapi Sendai yang dibina oleh Hitachi di Jepun pada 1986. Pada masa kini, logik kabur telah digunapakai secara meluas dalam beberapa lagi bidang termasuklah kawalan automobil, perubatan dan perkakasan elektrik rumah seperti mesin basuh, penyedut hampagas, penyaman udara dan periuk nasi.

Mesin Basuh Kabur

Mesin basuh merupakan produk pengguna yang pertama menggunakan sistem logik kabur. Ia dihasilkan pada tahun 1990 oleh Matshusita Electric Industrial Company di Jepun. Mesin basuh ini menggunakan sistem kabur untuk menetapkan putaran mengikut jenis kotoran serta saiz muatan secara automatik. Proses ini menggunakan tiga pembolehubah input iaitu kotoran, jenis kotoran serta saiz muatan dan satu pembolehubah output iaitu putaran yang betul.

Dalam proses ini sensor akan menyokong sistem kabur dengan inputnya. Sensor optik menghantar cahaya dan menyukat kekotoran. Jika lebih kotoran, maka sedikit cahaya dikeluarkan. Selain daripada itu, sensor optik juga memberitahu samada kotoran berlumpur atau berminyak. Jika bacaan cahaya mencapai tahap minimum pada kadar yang cepat, jenis kotoran adalah berlumpur. Jika bacaan cahaya mencapai tahap minimum adalah lambat, maka jenis kotoran adalah berminyak.

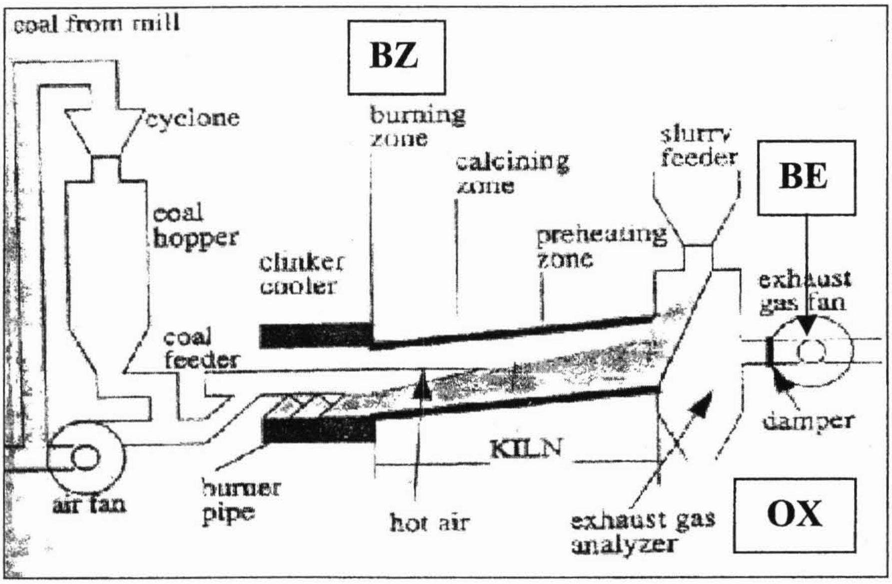
Mesin basuh ini juga mempunyai sensor muatan yang memberitahu muatan pakaian. Semakin banyak muatan, semakin banyak masa diperlukan.

Kawalan Ketuhar Simen

Antara bidang utama penggunaan logik kabur ialah dalam sistem kawalan ketuhar membuat simen. Simen terhasil dari campuran batu-batu kerikil, tanah liat dan pasir yang diproses melalui pemanasan dalam ketuhar. Pengawalan ketuhar ini melalui kaedah biasa adalah agak sukar. Oleh itu, pada penghujung tahun

1970-an, Holmblad dan Ostergaard dari Denmark telah membina sistem kabur bagi mengawal ketuhar simen ini. Rajah 2 menunjukkan proses yang berlaku dalam ketuhar simen.

Rajah 2: Gambaran Ketuhar Simen



Dalam proses ini, terdapat tiga pembolehubah input iaitu suhu di zon pembakaran (BZ), peratus oksigen dalam gas ekzos (OX) dan suhu di penghujung ketuhar (BE). Manakala dua pembolehubah kawalan ialah kadar bekalan arang (CR) dan aliran udara (DP).

Jadual 3: Kawalan Dalam Ketuhar Simen

Kes	Syarat	Tindakan	Alasan
1	BZ ok OX rendah BE rendah	a. Tingkatkan kelajuan udara b. Tingkatkan bahan bakar	Untuk meningkatkan BE dan meningkatkan oksigen bagi tindakan (b) Untuk mengekalkan BZ
2	BZ ok OX rendah BE ok	Kurangkan sedikit bahan bakar	Untuk meningkatkan oksigen.
3	BZ ok OX rendah BE tinggi	a. Kurangkan bahan bakar b. Kurangkan aliran udara	Untuk meningkatkan oksigen bagi tindakan (b) Untuk merendah BE dan mengekalkan BZ
4	BZ ok OX ok BE rendah	a. Tingkatkan aliran udara b. Tingkatkan bahan bakar	Untuk meningkatkan BE Untuk mengekalkan BZ
5	BZ ok OX ok BE ok	Tiada	Walaubagaimanapun perlu berhati-hati dan pastikan semua syarat dalam kawalan
6	BZ ok OX ok BE tinggi	a. Kurangkan aliran udara b. Kurangkan bahan bakar	Untuk mengurangkan BE Untuk meningkat oksigen
7	BZ ok OX tinggi BE rendah	a. Tingkatkan aliran udara b. Tingkatkan bahan bakar	Untuk meningkatkan BE Untuk mengekalkan BZ dan mengurangkan oksigen
8	BZ ok OX tinggi BE ok	Kurangkan sedikit aliran udara	Untuk mengurangkan oksigen

Berdasarkan Jadual 3, Kes 1, pernyataan tersebut boleh ditulis dalam bentuk Petua Hukum Kabur Jika-Maka berikut iaitu : Jika BZ ok dan OX rendah dan BE rendah, maka CR tinggi dan DP tinggi.

Pembuatan Keputusan Kabur Dalam Bidang Perubatan

Dalam bidang perubatan, ketidakpastian wujud dalam mengesan penyakit yang mana ia merupakan fokus utama dalam penggunaan teori set kabur. Sebagai contoh, katakan terdapat lima kriteria atau simpton untuk mengesan sesuatu jenis penyakit. Jika wujud dua simpton, maka seseorang itu dikatakan mengidap penyakit tersebut. Jika pesakit A mempunyai dua simpton yang pertama dan pesakit B mempunyai dua simpton yang terakhir, maka kedua-dua pesakit ini mempunyai penyakit yang sama. Walaubagaimanapun, kaedah yang digunakan untuk merawat kedua-dua pesakit ini adalah berbeza. Oleh itu wujud ketidakpastian dalam mendiagnosis sesuatu jenis penyakit.

Dalam perubatan, apabila berlaku perubahan dalam paras otak peneuropancar iaitu peningkatan dopamine, serotonin dan norepinefirina serta penurunan asid amino butirik Gamma (GABA), maka ini diklasifikasikan sebagai skizofrenia iaitu kecacatan mental.

Berdasarkan pembuatan keputusan kabur, katakan
x_1 = paras otak dopamine
x_2 = paras otak serotonin
x_3 = paras otak norepinefirina
x_4 = paras otak GABA
$E = \{ x_1, x_2, x_3, x_4 \}$ set neuro-transmiter

Andaikan A ialah subset kabur bagi E yang merupakan set kabur paras otak normal bagi keempat-empat peneuropancar iaitu
$A = \{ (x_1 | 0.4), (x_2 | 0.3), (x_3 | 0.7), (x_4 | 0.6) \}$

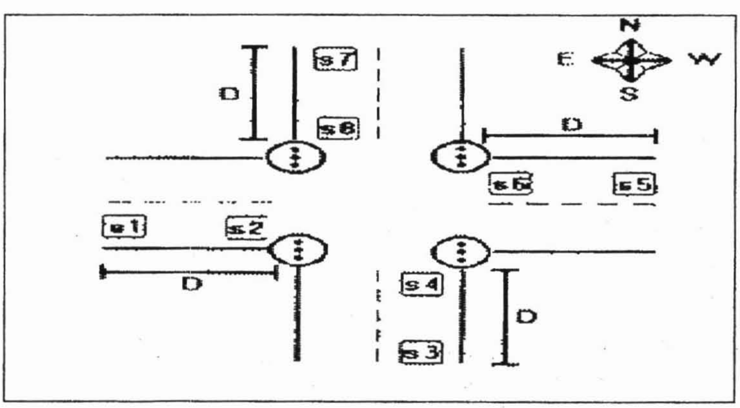
Peningkatan dalam x_1, x_2, x_3 dan pengurangan x_4 dikategorikan sebagai kes skizofrenia. Peningkatan atau pengurangan ini dikira menggunakan formula tertentu. Tahap penyakit ini boleh dihitung dengan mencari indeks kekaburan melalui $N(A) = \sum_{i=1}^{4} \mu\left[\left(A.A'\right)(x_i)\right]$.

Kawalan Lampu Isyarat Kabur

Dalam proses kawalan lampu isyarat konvensional, lampu isyarat akan berubah warna pada selang masa yang sama yang mana ia bukanlah suatu penyelesaian yang optima. Keadaan lalu lintas akan menjadi lebih baik sekiranya lebih banyak kenderaan dilepaskan semasa lampu hijau dan pada masa yang sama tidak banyak kenderaan yang menunggu di laluan lampu merah. Bagi membuat keputusan ini, penggunaan logik kabur adalah lebih mudah berbanding dengan model-model yang lain.

Dalam rekabentuk lampu isyarat kabur, lapan pengesan diletakkan di beberapa posisi tertentu seperti dalam Rajah 3. Pengesan pertama yang terletak di belakang setiap lampu isyarat akan membilang jumlah kenderaan yang sedang menuju ke persimpangan dan mengira kenderaan yang melintasi lampu-lampu isyarat berkenaan. Jumlah kenderaan di antara lampu-lampu isyarat ditentukan oleh perbezaan bacaan dua pengesan tersebut.

Rajah 3: Rekabentuk Lampu Isyarat Kabur



Sebagai contoh, jumlah kenderaan di belakang lampu isyarat utara ialah s7 – s8. Jarak D bersamaan dengan 200 kaki dipilih bagi menentukan kepadatan maksima kenderaan yang dibenarkan menunggu dalam situasi yang paling sesak. Ini dilakukan dengan menambahkan bilangan kenderaan di antara dua laluan dan membahagikannya dengan jumlah jarak. Sebagai contoh, bilangan kenderaan antara jalan timur dan barat ialah $\frac{(s1-s2)+(s5-s6)}{400}$.

Andaikan lampu merah ditunjukkan di laluan sebelah utara dan selatan serta jarak D adalah malar dengan input-input model ialah bilangan kenderaan di belakang lampu merah, bilangan kenderaan di belakang lampu hijau dan masa pusingan. Kenderaan dibelakang lampu adalah bilangan maksimum kenderaan dalan kedua-dua arah. Parameter output adalah kemungkinan menukar masa pusingan lampu isyarat. Bagi input pertama dan kedua, paras dan selang yang berkaitan adalah sifar (0,1), kurang (0,7), sedang (4,11), banyak (7,18) dan sesak (14,20). Bagi input 3, paras-parasnya adalah sangat pendek (0,14), pendek (0,34), sedang (14,60), panjang (33,88), sangat panjang (65,100) dan had maksimum (85,100). Paras-paras output adalah tidak (0), mungin tidak (0.25), mungkin (0.5), mungkin ya (0.75) dan ya (1.0).

Peraturan-peraturan diformulasi menggunakan hukum inferens jika-maka dan pernyataan digabungkan dengan operator DAN serta ATAU. Sebagai contoh, jika masa pusingan ialah pada tahap sedang DAN kereta di belakang lampu merah pada tahap kurang DAN kereta di belakang lampu hijau pada tahap sedang, maka masa pusingan lampu isyarat mungkin tidak berubah. Dengan tiga input yang masing-masingnya mempunyai 5, 5 dan 6 fungsi keahlian, terdapat 150 gabungan peraturan.

PERBANDINGAN TEORI KABUR DAN TEORI KEBARANGKALIAN

Teori kabur telah mencetuskan pelbagai kontroversi di kalangan ahli matematik dan statistik pada mula ia diperkenalkan oleh Lotfi Zadeh. Bagi mereka, teori kebarangkalian adalah cukup untuk menyelesaikan masalah ketidakpastian serta dapat menyelesaikan masalah sama baik atau lebih baik daripada penyelesaian melalui teori kabur. Nilai kabur juga seringkali disalahanggap sebagai nilai kebarangkalian atau kadangkala dianggap sebagai suatu kaedah baru dalam teori kebarangkalian.

Secara amnya, biarpun kedua-dua bidang ini adalah bertujuan untuk menyelesaikan masalah ketidakpastian atau kemungkinan, namun begitu bidang masalah yang diselesaikan adalah berbeza. Teori kabur, umumnya menyelesaikan masalah taakulan mantik dan persepsi manusia dan oleh kerana itu, ia digunakan dengan meluas dalam proses kawalan industri, pembuatan keputusan dan pencaman pola. Teori kebarangkalian pula, amnya menumpukan kepada bidang statistik mekanik, analisis data dan sistem komunikasi iaitu di mana logik taakulan dan persepsi tidak memainkan peranan penting.

Selain daripada itu, output pengiraan algoritma untuk menyelesaikan sesuatu masalah adalah berbeza bagi kedua-dua teori biarpun masalah yang diselesaikan adalah sama. Sebagai contohnya, kebanyakan masalah yang diselesaikan dalam sistem kecerdasan buatan menggunakan teori kebarangkalian dengan peristiwa-peristiwanya mestilah tidak bersandar. Namun begitu, dalam teori kabur, ketidakbersandaran peristiwa tidak diperlukan.

Pertimbangkan $\mu_{kacak}(Abu) = 0.9$ dan $\mu_{tinggi}(Abu) = 0.9$. Menggunakan teori kebarangkalian $\mu_{kacak \cap tinggi}(Abu) = \mu_{kacak}(Abu) \times \mu_{tinngi}(Abu) = 0.81$. Manakala, melalui teori kabur $\mu_{kacak \cap tinggi}(Abu) = min[\mu_{\text{kacak}}(Abu),\ \mu_{tinggi}(Abu)] = 0.9$.

Walaubagaimanapun, dalam teori kabur, berdasarkan fungsi keahlian 0.9 bagi kacak dan tinggi, dapat dikatakan bahawa Abu adalah sangat kacak dan Abu adalah sangat tinggi. Jika dianggap bahawa pengubahsuai sangat adalah ungkapan yang kuat, maka kita boleh memberi nilai pengubahsuai agak bagi fungsi keahlian 0.81. Oleh itu berdasarkan pengiraan menggunakan teori kebarangkalian, akan menghasilkan pernyataan Jika Abu sangat kacak dan Abu sangat tinggi, maka Abu agak kacak dan tinggi. Melalui teori kabur pula diperolehi pernyataan, Jika Abu sangat kacak dan Abu sangat tinggi, maka Abu sangat kacak dan tinggi.

RUMUSAN

Sistem kabur yang merangkumi logik kabur dan teori kabur menghasilkan penambahbaikan yang sangat bermakna kepada logik klasik. Perkembangan teknologi yang rancak menggunakan konsep logik kabur dan teori matematik kabur ini sebenarnya bukanlah saingan kepada logik dan matematik klasik tetapi sebagai suatu alternatif untuk mendapatkan penyelesaian yang terbaik atau yang paling optima. Oleh itu, adalah sewajarnya bidang teori kabur ini menjadi pelengkap kepada yang klasik. Kita seharusnya mampu menguasai kedua-duanya agar dapat mengenalpakai sesuai dengan sistem yang ingin diselesaikan.

RUJUKAN

Dubois, D. & Prade, H. (1980). *FuzzySets and Systems: Theory and Applications*. London: Academic Press, Inc.

Kaufmann, A. (1975). *Intoduction to the Theory of Fuzzy Subsets*. New York: Academic Press, Inc.

Wang, L.X. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.

Zimmermann, H.J. (1984). *Fuzzy Set Theory and Its Application*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

____________. Fuzzy Logic Introduction. *http://www.dementia.org/julied/logic/intro.html. Accessed July 2004.*

____________. Why Use Fuzzy Logic. *http://www.aptronix.com/fide/whyfuzzy.html. Accessed July 2004.*

____________. Designing Fuzzy Logic Machine. *http://www.doc.ic.ac.uk/nd/surprise_96/journal/vol2/sbaa/article2.html. Assessed July 2004.*