Jurnal Sains dan Matematik Vol.5 No.1 (2013) 8-18
ISSN 1985-7918

Data Grid Kabur dalam Sistem Maklumat Geografi (GIS)

Fuzzy Data Grid in Geographic Information System (GIS)

Nurul Ain Abdul Karim & Abdul Fatah Wahab*
Jabatan Matematik, Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Malaysia Terengganu,21030 Kuala Terengganu
*e-mel: fatah@umt.edu.my

Abstrak

Sistem Maklumat Geografi (GIS) merupakan sebuah sistem berasaskan komputer yang direkabentuk untuk menyokong perolehan, penyimpanan, pengolahan, penganalisisan dan pemaparan data ruang yang berbentuk digital. Sistem ini diaplikasikan secara meluas dalam pelbagai bidang termasuklah bidang sains, teknologi, pengurusan dan ekonomi. Kemajuan teknologi membolehkan banyak jenis data disimpan dan diuruskan serentak dengan mudah serta cepat walaupun dalam kuantiti yang sangat banyak. Dalam sistem ini, data merupakan komponen yang paling mahal dan memerlukan masa yang panjang untuk diperolehi. Dalam proses merekodkan data, kadangkala wujud unsur-unsur tidak pasti mengakibatkan data tersebut mempunyai julat. Data yang terlibat dalam situasi begini dikategorikan sebagai data kabur. Oleh yang demikian, teori set kabur perlu diserapkan dalam proses pengurusan data-data ini supaya hasil penganalisaan adalah lebih tepat dan jitu. Kajian ini memperkenalkan pendekatan baru iaitu data grid kabur dalam GIS. Berdasarkan kajian yang dijalankan, data grid kabur dapat diumpamakan sebagai zarah-zarah yang berlegar dalam sebuah kubus. Selain daripada GIS, Rekabentuk Geometri Berbantu Komputer (RGBK) turut digunapakai dalam kajian ini untuk menginterpolasi data yang diperolehi. Secara umumnya kaedah interpolasi digunakan untuk pemodelan data. Daripada pelbagai kaedah interpolasi yang wujud, kaedah interpolasi splin-B telah digunakan dalam kajian ini kerana kaedah ini menghasilkan model lengkung yang lebih licin dan tepat berbanding kaedah lain. Di akhir kertas kerja ini, kita akan mengaplikasikan data grid kabur dalam penjanaan lengkung splin-B tiga dimensi.

Kata Kunci Data Grid Kabur, Sistem Maklumat Geografi (GIS), interpolasi Splin-B Kabur, lengkung splin-B Kabur, Rekabentuk Geometri Berbantu Komputer (RGBK)

Abstract

Geographic Information System (GIS) is a computer-based system which is designed to support the procurement, storage, processing, analyzing and displaying of the spatial data in digital form. This system is widely used in various domains including science, technology, management and economic. The advancement of technology enable many types and large quantity of data to be easily stored and managed simultaneously. In this system, data is the most valuable component and a longer time is required for data collection. In the process of data recording, elements of uncertainty do exist that yields a range of values for the data. The data involved in this situation is categorized as fuzzy data. Hence, we need to combine the fuzzy set theory with the process of data management, so that the analysis results are more accurate and precise. This paper seeks to introduce a model of fuzzy grid data in GIS. Based on this research, we can assume fuzzy grid data as the particles that move freely in a cube. Other than GIS, Computer Aided Geometric Design (CAGD) was used in this study for data interpolation. Generally, the interpolation method is applied for data modelling. Among the various methods of interpolation, the B-spline interpolation method is used in this research because this method produces a smooth and accurate curve compared to other methods. At the end of this paper, we will apply the fuzzy grid data to generate a three dimensional B-spline curve.

Keyword Fuzzy Data Grid, Geographical Information System, Fuzzy B-Spline Interpolation, Fuzzy B-spline Curve, Computer Aided Geometric Design (CAGD)

Pengenalan

Data grid merupakan data 3-d yang juga dikenali sebagai data ruang. Suatu data dikatakan data grid sekiranya mempunyai tiga elemen iaitu x, y dan z. Data kebiasaannya disukat atau diukur dengan pelbagai cara seperti menggunakan pita pengukur, pembaris, termometer, penimbang berat dan lain-lain cara. Dalam proses merekodkan data, terdapat pelbagai masalah atau ralat yang mengakibatkan data yang direkod kurang tepat berbanding data sebenar. Para ilmuwan matematik mengkategorikan data ini sebagai data kabur. Bagi memudahkan proses analisis data, data dimodelkan dalam bentuk graf. Dalam kajian ini, pemodelan data dibuat dengan mengaplikasikan kaedah interpolasi splin-B untuk menjana lengkung daripada data yang diperolehi. Pemodelan lengkung interpolasi splin-B kabur bagi data grid kabur ini boleh diaplikasikan untuk menjana lengkung 3-d atau lengkung dalam ruang.

Teori Set Kabur

Teori set kabur adalah perluasan daripada teori set rangup atau klasik (Buckley & Eslami, 2002) dan telah diperkenalkan pada tahun 1965 oleh L.A. Zadeh (Zadeh, 1965). Teori ini digunakan untuk menyelesaikan pelbagai masalah dan situasi yang terdapat unsur ketakpastian dalam kehidupan seharian.

Takrif: Diberi X ialah set semesta, manakala A merupakan subset bagi X. Darjah keahlian bagi setiap unsur x dalam set A diberikan oleh $\mu_A(x)$, μ_A memetakan semua unsur dalam kepada set dengan suatu nilai dalam selang yang selanjar antara sifar hingga satu, $\mu_A\!: X \rightarrow [0,1]$. Secara matematik, set kabur didefinisikan sebagai

$$\overleftrightarrow{A} = \{(x, \mu_A(x)) : x \in X\} \tag{1}$$

Takrif: Diberi x merupakan unsur kepada set X. Sekiranya x mempunyai keahlian penuh (merupakan unsur kepada) set A, maka fungsi keahlian bernilai satu, $\mu_A(x) = 1$. Manakala bagi x yang mempunyai keahlian separa, fungsi keahliannya adalah nilai dalam selang terbuka (0,1). Tetapi jika unsur x bukan ahli kepada set A, maka fungsi keahlian bagi x tersebut ialah sifar, $\mu_A(x) = 0$. Secara amnya, fungsi keahlian bagi set kabur A boleh

Jurnal Sains dan Matematik Vol.5 No.1 (2013) 8-18
ISSN 1985-7918

diringkaskan sebagai:

$$\mu A(x) = \begin{cases} 0 & jika\ x \notin A \\ (0,1) & jika\ x\ \tilde{\in}\ A \\ 1 & jika\ x \in A \end{cases} \tag{2}$$

Nombor Kabur

Set kabur dikatakan sebagai nombor kabur sekiranya memenuhi dua syarat penting (Buckley & Eslami, 2002). Pertama, $x \in R$ wujudnya , yang mana fungsi keahlian bagi unsur bernilai satu, $\mu_A(x) = 1$. Manakala syarat kedua ialah, set $\{x{:}\mu_A(x) \geq 0\}$ adalah selang tertutup ditulis sebagai $\langle \vec{A}_\alpha^-, A, \vec{A}_\alpha^+ \rangle$ bagi setiap aras potongan-$\alpha \in [0,1]$, yang mana $\vec{A}_\alpha^-$ adalah nombor kabur kiri, A adalah $\vec{A}_\alpha^+$ nombor rangup, manakala adalah nombor kanan.Nombor kabur jenis segitiga digunakan dengan sangat meluas bagi masalah yang melibatkan data jenis singular.

Takrif: Nombor kabur segitiga $\vec{A}$ ditulis dalam bentuk $\langle a^-, a, a^+ \rangle$, yang mana fungsi keahlian bagi nombor kabur tersebut diberikan oleh

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \dfrac{x - a^-}{a - a^-} & jika\ a^- \leq x \leq a \\ \dfrac{a^+ - x}{a^+ - a} & jika\ a \leq x \leq a^+ \\ 0 & selainnya \end{cases} \tag{3}$$

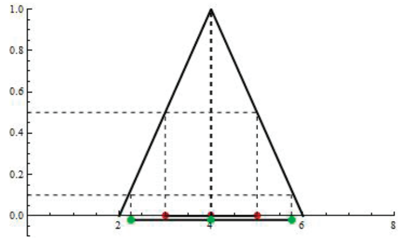
Dalam kajian ini, selain daripada nombor kabur jenis segitiga, nombor kabur jenis trapezoidal turut digunakan. Ini disebabkan sesetengah kes lebih sesuai diaplikasikan nombor kabur jenis trapezoidal berbanding segitiga (Uthra & Sattanathan, 2009). Nombor kabur trapezoidal juga disebut sebagai selang kabur.

Takrif: Nombor kaburtrapezoidal atau selang kabur ditandai dengan $\vec{A}$ dan ditulis dalam bentuk $\langle a^-, a_1, a_2, a^+ \rangle$. Fungsi keahlian nombor kabur trapezoidal ditakrif sebagai $a_1 = a_2$.

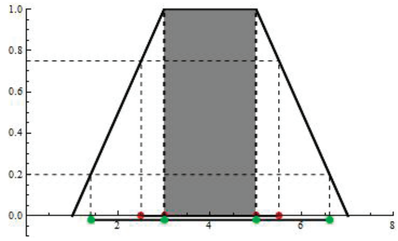
$$\mu_A(x) = \begin{cases} \dfrac{x - a^-}{a_1 - a^-} & jika\ a^- \leq x \leq a_1 \\ 1 & jika\ a_1 \leq x \leq a_2 \\ \dfrac{x - a^+}{a_2 - a^+} & jika\ a_2 \leq x \leq a^+ \\ 0 & selainnya \end{cases} \tag{4}$$

Jika diperhatikan takrif kedu-dua jenis nombor kabur, dapat disimpulkan bahawa nombor kabur segitiga adalah kes istimewa bagi selang kabur (Uthra & Sattanathan, 2009) jika dan hanya jika $a_1 = a_2$.

Nombor kabur yang berbeza boleh dihasilkan bergantung kepada nilai araspotongan-α. aras potongan-α adalah kaedah untuk mencari nombor kabur pada nilai α tertentu. Jika nilai aras potongan-α menghampiri satu, maka nombor kabur tersebut semakin hampir dengan nombor rangupnya (Li & Yen, 1995).



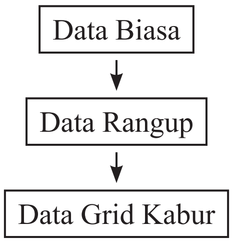
Rajah 1 Fungsi keahlian nombor kabur segitiga



Rajah 2 Selang kabur

Data Grid Kabur

Data grid kabur merupakan perluasan daripada data biasa dan data rangup.

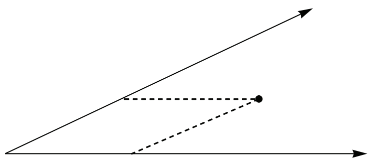


Rajah 3 Carta aliran asas bagi data grid kabur

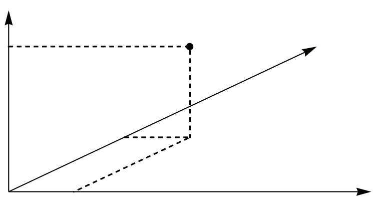
Data Biasa

Suatu data dikatakan data biasa sekiranya data tersebut tidak mempunyai sebarang nilai keahlian. Data biasa diilustrasikan dalam Rajah 4, Rajah 5 dan Rajah 6.

Rajah 4 Data 1-d biasa.



Rajah 5 Data 2-d biasa



Rajah 6 Data 3-d biasa

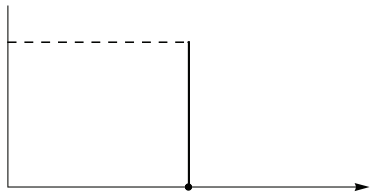
Jurnal Sains dan Matematik Vol.5 No.1 (2013) 8-18
ISSN 1985-7918

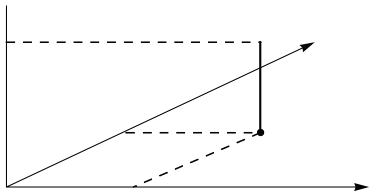
Data rangup

Data biasa merupakan asas kepada data rangup. Data biasa dikatakan rangup sekiranya mempunyai nilai keahlian bersamaan sifar atau satu.

Takrif: Misalkan bahawa set $D = \{D_i\}$ ialah set rangup dalam $\varphi(D_i)$, yang mana i = 0,1,2, ..., n. Fungsi keahliannya ditakrifkan sebagai:

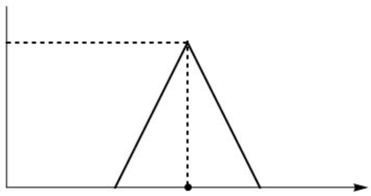
$$\mu_D(D_i) = \begin{cases} 0 & jika\ D_i < d \\ 1 & jika\ D_i = d \\ 0 & jika\ D > d \end{cases} \tag{5}$$


Rajah 7 Data 1-d rangup

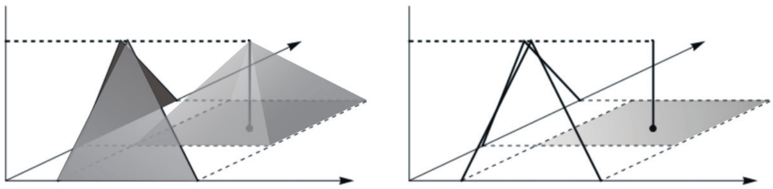

Rajah 8 Data 2-d rangup

Data Kabur

Dalam bahagian ini, data kabur diperolehi dengan mengaplikasikan nombor kabur segitiga. Bagi data kabur 1-d, ia sangat mudah untuk dijana. Namun, bagi nombor kabur 2-d atau 3-d, satah tersebut akan kelihatan lebih kompleks akibat pengkaburan yang berlaku pada setiap satah.


Rajah 9 Data 1-d kabur

Bagi data 2-d, iaitu (x,y) konsep hubungan kabur digunapakai bagi menjana nombor kaburnya. Data ini melibatkan dua paksi, maka proses pengkaburan berlaku di kedua-dua paksi x dan y. Dalam Rajah 10, persilangan segitiga yang berpusat di kedua-dua paksi dapat menghasilkan bentuk piramid, yang mana data 2-d kabur adalah tapak bagi piramid tersebut. Dalam Rajah 10, data kabur 2-d ditandakan dengan warna kelabu.

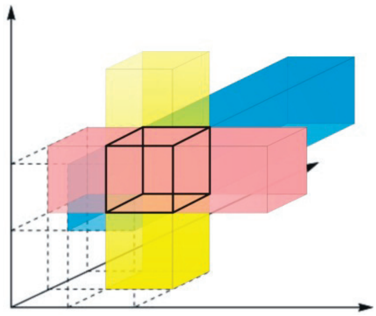

Rajah 10 Data 2-d kabur

Data Grid Kabur

Data grid kabur adalah perluasan kepada data grid rangup.Data grid rangup merupakan data 3-d, (x,y,z) yang terdiri daripada tiga paksi, yang mempunyai nilai keahlian sifar atau satu.Manakala data grid kabur pula mempunyai nilai keahlian antara sifar hingga satu. Pengkaburan data grid rangup menggunakan konsep yang sama seperti pengkaburan data 1-d dan 2-d rangup, yang mana data grid kabur yang terhasil hanya berada dalam ruangan kubus yang digambarkan seperti dalam Rajah 11 berikut.

Takrif: Misalkan diberi $S = X \times Y \times Z$ adalah set semesta manakala $A = A_1 \times A_2 \times A_3$ adalah subset kabur bagi set semesta, $A \subset S$. Data grid kabur ialah titik data dalam bentuk (x,y,z) diwakili oleh tatatanda $\overleftrightarrow{D}$, yang mana $\overleftrightarrow{D}$ merupakan unsur bagi A. Secara matematiknya, takrif bagi data grid kabur ialah

$$\overleftrightarrow{D} = \{(x, y, z) \in A \subset S \mid \mu_A(x, y, z) \in (0,1)\} \tag{6}$$



Rajah 11 Data grid kabur

Lengkung Interpolasi Splin-B Kabur

Dalam bab ini, penulis akan menerangkan secara ringkas dan padat berkenaan lengkung interpolasi splin-B kabur yang berasaskan lengkung splin-B kabur.

Lengkung Splin-B Kabur

Splin-B kabur terhasil dengan mengaplikasikan teori set kabur terhadap kaedah splin-B rangup. Sila lihat (Farin & Hansford, 2000) dan (Boor, 1972) untuk lebih terperinci berkenaan splin-B rangup.Gabungan kedua-dua konsep ini menyelesaikan masalah yang melibatkan titik data yang banyak dan bersifat kompleks (Wahab A. F., 2008). Dengan menggunakan splin-B kabur, sekurang-kurangnya tiga lengkung akan dijana bergantung kepada pemilihan nilai aras-α.

Takrif: Lengkung splin-B kabur disimbolkan sebagai $\overleftrightarrow{S}$ dan ditakrif sebagai:

$$\overleftrightarrow{S}(u) = \sum_{i=0}^{n} \overleftrightarrow{P}_i N_{i,k}(u) \tag{6}$$

Jurnal Sains dan Matematik Vol.5 No.1 (2013) 8-18
ISSN 1985-7918

yang mana,

- $\overleftarrow{S}(t)$ ialah fungsi berparamater, $\overleftarrow{S}(t)=\langle\overleftarrow{S}^{+}(t),S(t),\overleftarrow{S}^{+}(t)\rangle$. $\overleftarrow{S}^{-}(t)$ mewakili lengkung splin-B kabur kiri, $S(t)$ ialah lengkung splin-B rangup dan mewakili lengkung splin-B kabur kanan.
- $N_{i,k}$ adalah fungsi asas bedarjah k, ditakrifkan secara rekursif oleh rumus rekursif Cox-de Boor (Farin & Hansford, 2000) sebagai:

$$N_{i,0}(u)=\begin{cases}1 \; jika \in [t_i,t_{i+1}) \\ 0 \quad sebagainya\end{cases} \tag{7}$$

$$N_{i,0}(u)=\frac{u-t_i}{t_{i+k}-t_i}N_{i,k-1}(u)+\frac{t_{i+k+1}-u}{t_{i+k+1}-t_{i+k}}N_{i+1,k-1}(u) \tag{8}$$

- $\overleftarrow{P}$ ialah titik kawalan kabur, $\overleftarrow{P}=\langle\overleftarrow{P}^{-},P,\overleftarrow{P}^{+}\rangle$ yang mana setiap satunya dalam bentuk set $\{p_0,p_1,p_2,...,p_n\}$ dan mengandungi sebanyak $n+1$ titik kawalan.
- t adalah set knot yang mempunyai $m+1$ knot rangup dalam keadaan menokok, $t=\{t_0,t_1,t_2,...,t_m\}$.

Interpolasi Lengkung Splin-B Kabur

Kaedah interpolasi dapat meghasilkan lengkung yang lebih tepat dan licin berbanding lengkung biasa. Dengan menggabungkan teori set kabur, kejituan lengkung yang terhasil adalah lebih diyakini.

Takrif: Lengkung interpolasi splin-B kabur ditakrifkan sebagai:

$$FBI=\{\overleftarrow{S}_\alpha \mid \overleftarrow{S}_\alpha,\alpha\in(0,1]\} \tag{9}$$

dengan $\overleftarrow{S}_\alpha=\langle\overleftarrow{S}_\alpha^{-},S_\alpha,\overleftarrow{S}_\alpha^{+}\rangle$, yang mana $\overleftarrow{S}_\alpha^{-}$ adalah interpolasi lengkung splin-B kabur kiri, S_α adalah interpolasi lengkung splin-B rangup dan $\overleftarrow{S}_\alpha^{+}$ adalah interpolasi lengkung splin-B kabur kanan. Setiap lengkung ditakrif sebagai:

$$\langle\overleftarrow{S}_\alpha^{-},S_\alpha,\overleftarrow{S}_\alpha^{+}\rangle=\left\langle\sum_{i=0}^{n}\overleftarrow{P}_i^{-}(N_{i,k}),S_\alpha(t)=\sum_{i=0}^{n}P_i(N_{i,k}),\overleftarrow{S}_\alpha^{+}(t)=\sum_{i=0}^{n}\overleftarrow{P}_i^{+}(N_{i,k})\right\rangle \tag{10}$$

Interpolasi lengkung splin-B mempunyai algoritmanya tersendiri. Selepas proses pengkaburan titik data, algoritma tersebut diaplikasikan satu persatu mengikut urutan bagi menghasilkan titik kawalan kabur seterusnya penjanaan lengkung dilakukan.

Langkah 1: Mencari jarak antara setiap dua titik

$$d(\overline{b}_i,\overline{b}_{i+1})=d(\overline{b}_{i+1},\overline{b}_i)=d_i=\sqrt{(x_{i+1}-x_i)^2+(y_{i+1}-y_i)^2} \tag{11}$$

Langkah 2: Menentukan parameter lengkung splin-B dengan menggunakan rumus berikut

$$c_i=\begin{cases}0 & jika\; i=1\\ \dfrac{\sum_{i=1}^{k}(d_i)}{L} & jika\; 1<i<n\\ 1 & jika\; i=n\end{cases} \tag{12}$$

ialah hasil tambah jarak yang diperolehi dalam langkah 1

$$L = \sum_{i=1}^{n} (d_i) \tag{13}$$

Langkah 3: Tentukan jujukan knot bagi lengkung.
Langkah 4: Tetapkan matriks berdasarkan fungsi asas splin-B dan hasil pengiraan daripada langkah 2. Kemudian tetapkan matriks berdasarkan titik data.

$$A = B \times B \ matriks = \begin{bmatrix} a_{1,1} & \cdots & a_{1,B} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{B,1} & \cdots & a_{B,B} \end{bmatrix} \tag{14}$$

$$Q_x = B \times 1 \ matriks \ (koordinat \ x \ bagi \ setip \ titik) = \begin{bmatrix} q_{1,1} \\ \vdots \\ q_{B,1} \end{bmatrix} \tag{15}$$

$$Q_y \colon B \times 1 \ matriks \ (koordinant \ y \ bagi \ setip \ titik = \begin{bmatrix} q_{1,1} \\ \vdots \\ q_{B,1} \end{bmatrix} \tag{16}$$

Langkah 5: Selesaikan sistem persamaan matriks untuk mendapatkan titik kawalan dengan mencari koordinat *x* dan *y* untuk setiap titik data

$$A \cdot X = Q_x \rightarrow X = A^{-1} Q_x = \begin{bmatrix} x_{1,1} \\ \vdots \\ x_{B,1} \end{bmatrix} \tag{17}$$

$$A \cdot Y = Q_y \rightarrow X = A^{-1} Q_y = \begin{bmatrix} y_{1,1} \\ \vdots \\ y_{B,1} \end{bmatrix} \tag{18}$$

A^{-1} ialah matriks songsang bagi A. Akhir sekali, titik kawalan bagi lengkung akan terhasil:-

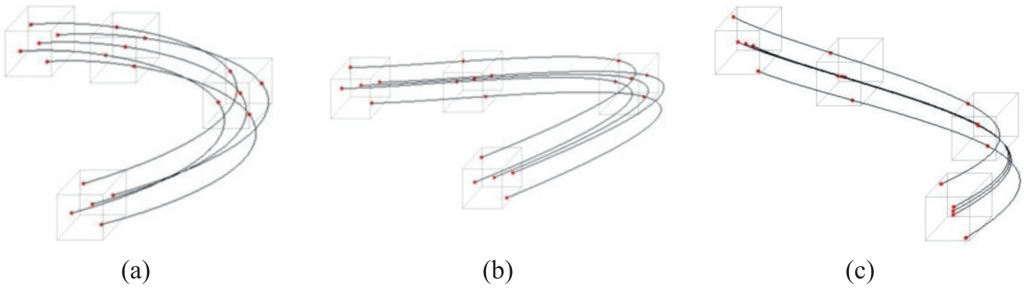
$$P = (x_{1,1}, y_{1,1}), (x_{2,1}, x_{2,1}), \ldots, (x_{B,1}, y_{B,1}) \tag{19}$$

Langkah 6: Gunakan fungsi lengkung splin-B untuk menjana lengkung interpolasi.

Pemodelan Lengkung Interpolasi Splin-B Kabur bagi Data Grid Kabur

Dengan mengaplikasikan algoritma dalam Seksyen 4.2, model lengkung interpolasi splin-B kabur dibangunkan menggunakan beberapa data grid secara rawak, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 12.

Jurnal Sains dan Matematik Vol.5 No.1 (2013) 8-18
ISSN 1985-7918



Rajah 12 Lengkung interpolasi splin-B pada (a) pandangan atas, (b) pandangan sisi dan (c) pandangan hadapan

Sistem Maklumat Geografi (GIS)

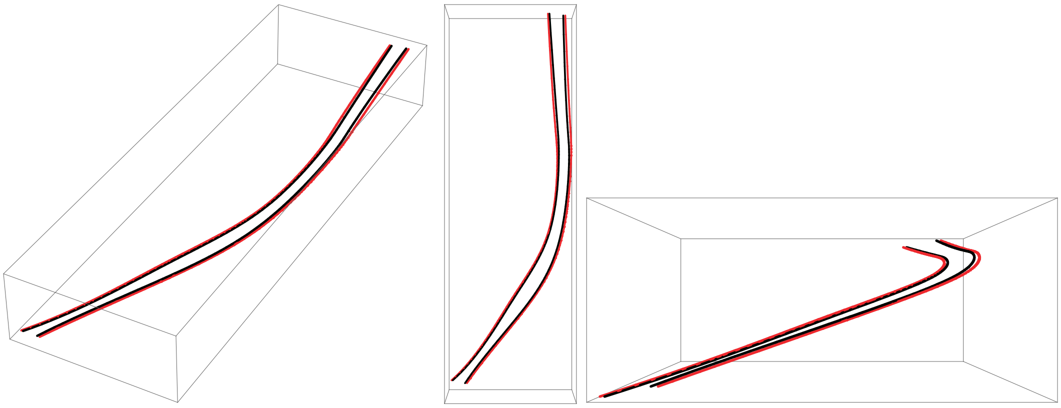
GIS pertama telah dibina oleh kerajaan Canada pada hujung 1960-an (Bernhardsen, 2002). GIS ditakrifkan sebagai satu sistem (perkakasan dan pangkalan data) yang telah direkabentuk dengan cekap untuk mengumpul, menyimpan, mengemaskini, menganalisa, memanipulasi dan memaparkan maklumat yang dirujuk secara geografi (data dikenalpasti secara lokasinya). Terdapat empat komponen utama GIS, iaitu perkakasan, perisian, data dan institusi.Salah satu contoh data GIS ialah koordinat sesuatu kawasan. Oleh kerana data dalam GIS berbentuk reruang, maka data GIS juga termasuk dalam kategori data grid. Pemodelan matematik sangat berkait rapat dengan GIS terutama untuk memodelkan data. Penggunaan data GIS dalam pemodelan matematik ditunjukkan dalam bahagian contoh berangka.

Contoh Berangka

Dalam kajian ini, penulis akan mengaplikasikan pemodelan lengkung interpolasi splin-B kabur bagi data grid kabur ini untuk menghasilkan model jalan raya yang tidak rata contohnya jalan raya yang berbukit, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 13.

Rajah 13 Jalan raya berbukit

Data grid bagi jalan raya dalam Rajah 13 dicerap dan kemudiannya data tersebut dimodelkan sebagai lengkung interpolasi splin-B kabur.Bagi mendapatkan lengkung penyelesaian, model tersebut dinyahkaburkan, seperti dalam Rajah 14.



Rajah 14 Perbandingan antara model jalan raya rangup dengan model jalan raya penyahkaburan (a) pandangan perspektif, (b) pandangan atas dan (c) pandangan hadapan

Kesimpulan

Data grid dalam GIS boleh dimodelkan menggunakan kaedah interpolasi splin-B kabur. Sebagai cadangan untuk kajian akan datang, kita mungkin dapat mengenalpasti bahagian selekoh paling tajam menggunakan profil kelengkungan model jalan raya yang dijana. Dengan itu, pihak berwajib dapat meletakkan papan tanda amaran di tempat yang betul. Seterusnya, kemalangan di selekoh dapat dikurangkan.

Penghargaan

Penulis mengucapkan ribuan terima kasih kepada pihak Universiti Malaysia Terengganu (UMT) atas segala kemudahan yang disediakan untuk menjayakan kajian ini.

Rujukan

Akhiruddin, M. A.A., & Wahab, A. F. (2009). Cubic fuzzy B-spline fat curve. *4th International Conference on Research and Education in Mathematics*. Kuala Lumpur, Malaysia.

Bernhardsen, T. (2002). *Geographic Information Systems: An Introduction*. *Edisi Ketiga. New York: John*, Wiley & Sons.

Boor, C. D. (1972). On calculating with B-splines. *Journal of Approximation Theor, 6* , 50–62.

Buckley, J. J., & Eslami, E. (2002). *An introduction to fuzzy logic and fuzzy sets.* Heidelberg, New York: Springer-Verlag.

Farin, G., & Hansford, D. (2000). *The essentials of CAGD.* A K Peters Ltd.

Li, H.-X., & Yen, V. C. (1995). *Fuzzy sets and fuzzy decision-making.* CRC Press.

ISSN 1985-7918

Uthra, G., & Sattanathan, R. (2009). Confidence analysis for fuzzy multi criteria decision making using trapezoidal fuzzy numbers. *International Journal of Information Technology and Knowledge Management,* 2, 333-336.

Wahab, A. F. (2008). Pemodelan Geometri Menggunakan Teori Set Kabur [QA445. F252 2008 f rb]. PhD thesis, Universiti Sains Malaysia.

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

Zamani, M. (2009). An investigation of Bspline and Bezier Methods for interpolation of data. *Contemporary Engineering Sciences,* 2, 361-371.