PENDEKATAN FUZZY KRIGING PADA ANALISIS DATA SPASIAL

Bambang Suharjo
E-mail: bambangs005@telkom.net

Abstrak

Paper ini akan menunjukkan perluasan aplikasi logika Fuzzy pada data spasial pada tingkat pencemaran udara di Surabaya dengan melakukan modifikasi metoda kriging (Cressie, 1993). Data spasial dapat dipandang sebagai himpunan fuzzy dengan batasan yang tidak terbatas dengan tegas yang merefleksikan karakter asli. Himpunan Fuzzy digunakan untuk merepresentasikan data yang kurang pasti serta logika fuzzy untuk merepresentasikan alasan yang kurang eksak. Sehingga dapat diperoleh hasil analisis data spasial yang baik walaupun ada data-data yang kabur.

Kata Kunci: *Fuzzy Kriging, Data Spasial*

1. Ketidakpastian dan Heterogenitas data Spasial

Ada beberapa sifat karakteristik dari data spasial terutama pada data lingkungan (environmental data) yang kontinu dari satu tempat ke tempat lain dan saling adanya ketergantungan dari satu data dengan data lain (Cressie, 1993 dan Salski, 1997), yaitu:

a. Himpunan Data yang besar (*Large Data Sets*)
b. Heterogenitas yang dihasilkan
c. Sumber data yang berbeda
d. Struktur data dan format yang berbeda
e. Tipe data yang berbeda
f. Ketidakpastian yang tinggi

Sehingga dari karakteristik di atas, maka diperlukan estimasi dengan metode yang mampu menampung berbagai perbedaan baik himpunan data, heterogenitas, sumber data maupun struktur data dan tipe datanya. Dengan demikian diharapkan hasil estimasi spasialnya tidak menghasilkan variasi yang besar.

2. Himpunan Fuzzy dan Logika Fuzzy

Bilangan Fuzzy (*Fuzzy numbers*), didefinisikan sebagai bilangan-bilangan yang ada pada himpunan fuzzy. Sedangkan Himpunan Fuzzy (*fuzzy set*) dari suatu himpunan X didefinisikan sebagai anggota fungsi m yang memetakan setiap nilai X dalam rentang [0,1]. Sehingga setiap elemen x dalam X tidak hanya akan bernilai m(x)=1 atau m(x)=0, tetapi juga dapat bernilai 0<m(x)<1. (Bartels, 1995 dan Sri Kusumadewi, 2002).

Sehingga secara matematis dapat dituliskan himpunan fuzzy dituliskan sebagai $\left\{\forall x \in X, 0 \le m(x) \le 1\right\}$.

Suatu himpunan fuzzy dari $\Re$ (bilangan real) disebut bilangan fuzzy jika anggota dari fungsi m adalah konveks dan m(x)=1 untuk hanya satu titik $x \in \Re$. (Konveks artinya bahwa fungsi monoton turun pada semua sisi diluar titik x dimana fungsi m bernilai 1) (Bartels, 1995).

3. Fuzzy Kriging

Kriging merupakan metode yang paling popular dari interpolasi data spasial (Cressie, 1992). Namun memiliki kendala apabila data yang akan dianalisis mengandung ketidakpastian nilai data yang diperoleh.

Fuzzy kriging dikembangkan sebagai modifikasi dari prosedur kriging konvensional dengan ciri utama adanya input data yang tidak presisi (Imprecise data) (Salski, 1997).

Fuzzy kriging didasarkan pada variogram teoritis yang merupakan hasil dari analisis statistik dari parameter.

Eksperimental variogram digunakan sebagai tools untuk menemukan variogram teoritis. Meskipun variogram teoritis hanya dapat berbentuk crisp. Alasannya adalah bahwa pengguna dapat mengambil dalam perhitungan ketika melakukan penggambaran kurva variogram secara teoritis.

Variogram eksperimental dapat dirumuskan sebagai berikut (Bartels, 1995 dan Hobbs, Knight dan Ludsin, 2000):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{x_i - x_j = h} \left(Z(x_i) - Z(x_t) \right)^2 \quad (1)$$

dengan x_i koordinat input, $Z(x_i)$ adalah input nilai yang dapat diambil dari suatu bentuk bilangan fuzzy dan h adalah vector jarak antar titik.

Selanjutnya persamaan kriging utama dapat dirumuskan sebagai berikut (Cressie, 1993 dan Bartels, 1995).

$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^{n} \delta_i(x) Z(x_i) \quad (2)$$

Perhitungan $\delta_i(x)$ dihitung menggunakan asumsi dengan variogram teoritik. Yaitu $\delta_i(x)$ diasumsikan berdasarkan dua persamaan

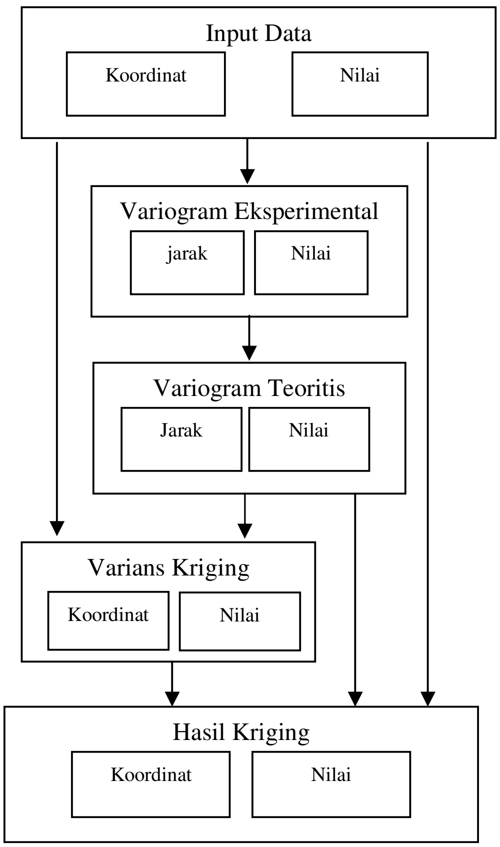
(1) $\sum_{i=1}^{n} \delta_i(x) = 1$ dan

(2) $\sigma(x)^2 = 2\sum_{i=1}^{n}\delta_i(x)\gamma(x,x_i) - \gamma(x,x_i) - \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{n}\delta_j(x)\delta_i(x)\gamma(x_j,x_i)$

dengan $E(Z(x) - Z^*(x)) = 0\cdot$

Dan $\delta_i(x)$ dipilih sehingga meminimalkan estimasi varians (2).

Secara umum, stuktur logika penerapan fuzzy kriging adalah sebagai berikut (Salski, 1997):



Gambar 1. Struktur Logika Prosedur Fuzzy Kriging.

4. Contoh Aplikasi

Contoh aplikasi pada pembahasan ini diambil dari manual program aplikasi Fuzzeks 1.0. Misalnya pada daerah dengan koordinat (0,0) sampai dengan (1800,0) secara horizontal dan (0,1800) secara vertical dengan parameter:

X dan Y koordinat, Konsentrasi C (Ccon), Kandungan Udara Kotor (CCont), adalah Konduktifitas Hidrolik (HC), (log10), Curah hujan (WD), diperoleh data sebagai berikut:

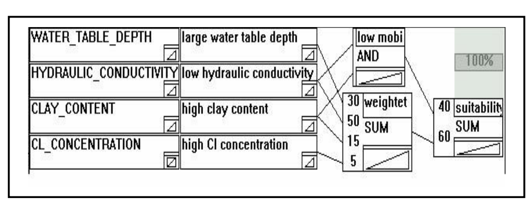
Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

X	Y	WD	HC	CCont	CCon
165	1630	3.9	0.000003000	12	20
460	1690	4.0	0.000001000	13	30
435	1500	4.5	0.000000600	17	40
105	1265	4.5	0.000001000	15	40
300	1080	5.0	0.000000400	17	75
560	1240	**5.4/0:4.4-6.4**	**0.7e-7/0:0.7e-8-0.7e-6**	**22/0:17-27**	**80/0:50-130**
1010	1600	3.8	0.000000100	14	65
1400	1600	3.4	0.000000200	13	85
1200	1260	4.8	0.000000009	19	130
1510	950	5.2	0.000000300	14	175
1710	650	4.9	0.000003000	10	150
540	530	**4.2/0:3.6-4.9**	0.000000700	10	**145/ 0:95-195**
225	755	4.3	0.000000800	12	90
70	590	3.6	0.000004000	8	70
210	130	2.8	0.000010000	3	65
435	130	3.0	0.000009000	4	100
930	45	**3.3/0:2.3-4.3**	0.000010000	4	**105/ 0:55-155**
1010	275	4.1	0.000004000	8	160
1135	175	3.9	0.000007000	7	130
1185	360	4.5	0.000003000	9	170
1705	415	4.4	0.000007000	8	125
1625	160	3.8	0.000020000	5	85
915	1270	5.4	0.000000008	22	101
1000	1165	5.7	0.000000002	21	130
860	1100	6.2	0.000000007	21	130
1670	1745	2.9	0.000001000	10	85
1135	1070	5.8	0.000000020	18	155
705	870	6.1	0.000000060	16	145
1190	750	6.0	0.000000400	14	220
1055	545	4.8	0.000000700	12	210

Data dengan penulisan tebal menunjukkan data dengan nilai Fuzzy. Misalnya 3.3/0:2.3-4.3 adalah data yang diperkirakan bernilai 3.3, pada interval 2.3 sampai dengan 4.3.

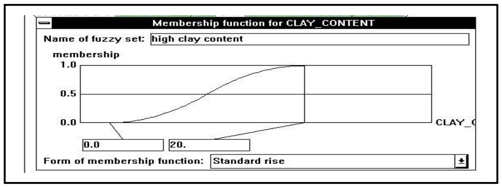
Dari data pada contoh di atas, kemudian dibuat struktur logika fuzzy untuk menyelesaikan permasalahan yang dikerjakan dengan program aplikasi Fuzzeks 1.0 versi demo yang dapat didownload secara gratis dari internet melalui alamat oekoalpha.pz-oekosys.uni-kiel.de/~frank-b/

Langkah pertama yang dilakukan adalah menyusun struktur logika fuzzy dari data yang telah ada yang meliputi 4) variabel. Logika fuzzy yang digunakan sebagaimana logika fuzzy pada data nonspasial, yang nampak seperti pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Struktur logika fuzzy estimasi koordinat dan nilai dengan fuzzy kriging

Selanjutnya setiap membership dibuat fungsi yang akan mengkaitkan setiap nilai data pada setiap variabel pada rentang nol sampai dengan satu [0,1], sebagaimana terlihat pada gambar 3 di bawah ini.



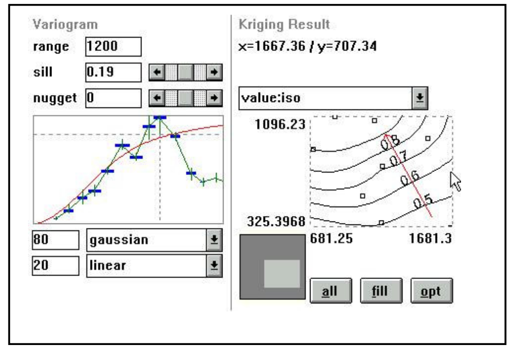
Gambar 3. Membership Function pada penyusunan model fuzzy dengan software FUZZEKS

Setelah dilakukan penyusunan model fuzzy yang dilengkapi dengan membership function maka dapat dihasilkan output sebagai berikut. (beberapa komentar disajikan dalam kurung)

number of points: 30 (input data points)
shifting of groups: 123.19 (increase of distance from group to group)
number of >0-groups: 16
number of 0-groups: 0 (groups without a value-pair (no row))
% overlap of groups: 0 (see variogram options)
max. to observe: 0 (see variogram options)
theoretical variogram: range1000 (the theoretical
sill: 2.8 variogram can also
nugget: 0 be displayed as a
type: 60.0 % gaussian column in the table
type: 40.0 % linear as shown below: ytheo)

xmean	npairs	ytheo	ymean	yfuzzy_min	yfuzzy_max
205.734	14	0.430314	0.358571	0.287143	0.70143
324.999	25	0.819329	0.6684	0.5172	1.102
449.098	30	1.26433	0.799	0.594667	1.45167
567.53	46	1.67493	1.67	1.43761	2.29239
691.947	38	2.05413	1.92974	1.75974	2.38526
816.776	45	2.36666	2.65311	2.23533	3.42556
938.201	44	2.61023	2.64136	2.52023	2.89864
1055.59	38	2.80243	2.71553	2.19	3.68395
1180.75	46	2.97655	2.60022	2.23978	3.27804
1305.72	26	3.13219	2.82038	2.42615	3.74346
1424.9	24	3.27203	1.04125	0.91625	1.375
1548.74	29	3.41331	1.32379	1.14966	1.73448
1672.13	14	3.5524	0.707143	0.66	1.09286
1783.23	7	3.67709	0.311429	0.26	0.62571
1925.06	6	3.83605	0.273333	0.273333	0.27333
2088.99	2	4.01966	0.01	0.01	0.01

Output yang dihasilkan adalah:



Gambar 4. Grafik variogram dan kontur hasil fuzzy kriging

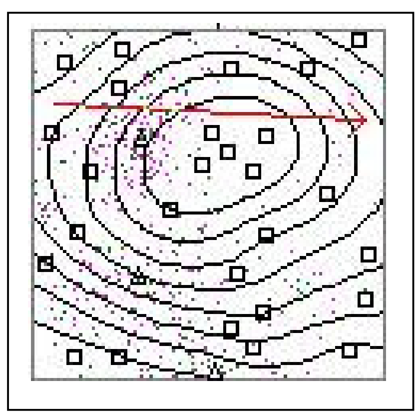
Dari hasil output di atas nampak bahwa setiap nilai koordinat X dan Y dihasilkan nilai estimasi Z dan nilai Z minimum dan Z maksimum. Sehingga memberikan ruang bagi kemungkinan melaksanakan interpretasi terhadap hasil estimasi yang dilakukan.

1000 1600
0.767541/ 0.75:0.767373-0.767696/ 0.5:0.767199-0.767812/ 0.25:0.767018-0.767875/ 0.0:0.766831-0.767887

1250 1600
0.732298/ 0.75:0.730698-0.734045/ 0.5:0.729483-0.735828/ 0.25:0.728817-0.737676/ 0.0:0.728675-0.739564

800 1600
0.740777/ 0.75:0.735133-0.745946/ 0.5:0.729339-0.749838/ 0.25:0.723294-0.751914/ 0.0:0.717082-0.752266

Gambar 5 di bawah menunjukkan nilai estimasi yang ditampilkan dalam bentuk peta kontur. Setiap garis merupakan representasi dari kesamaan nilai estimasi Z yang diberikan.



Gambar 5. Hasil estimasi kontur dan dhitering secara keseluruhan

Sedangkan hasil estimasi (sebagian) berupa pasangan data X, Y dan nilai Z dalam interval, yang dapat ditampilkan sebagai berikut:

200 1600
0.495288/ 0.75:0.494891-0.495686/ 0.5:0.494532-0.496059/ 0.25:0.494242-0.496409/ 0.0:0.494015-0.496732

550 1600
0.649601/ 0.75:0.644383-0.654373/ 0.5:0.639019-0.657960/ 0.25:0.633417-0.659866/ 0.0:0.627652-0.660176

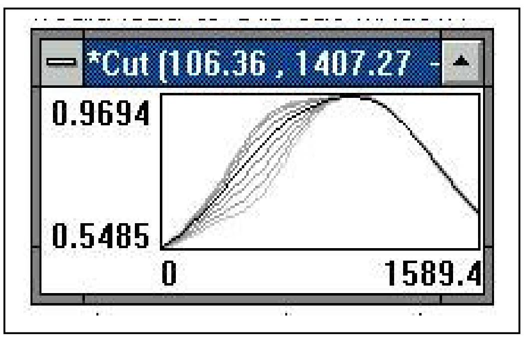
1600 1600
0.531162/ 0.75:0.530007-0.532233/ 0.5:0.528836-0.533062/ 0.25:0.527631-0.533541/ 0.0:0.526408-0.533688

200 1250
0.644192/ 0.75:0.639644-0.648349/ 0.5:0.634997-0.651490/ 0.25:0.630184-0.653188/ 0.0:0.625269-0.653510

550 1250
0.869751/ 0.75:0.814197-0.920576/ 0.5:0.757228-0.958781/ 0.25:0.697849-0.979017/ 0.0:0.636885-0.982195

800 1250
0.973883/ 0.75:0.957296-0.989079/ 0.5:0.940321-1.000000/ 0.25:0.922672-1.000000/ 0.0:0.904593-1.000000

Sedangkan apabila bentuk estimasi nilai Z pada suatu rentang sempit, dapat ditampilkan pada Gambar 6 di bawah ini. Di sini nampak adanya nilai monoton yang berbeda dari satu garis dengan garis yang lain yang semuanya merupakan bentuk estimasi yang mungkin dari keseluruhan nilai Z.



Gambar 6. Distribusi nilai berdasarkan logika fuzzy pada potongan koordinat

5. Kesimpulan

Data spasial tidak selamanya eksak dan nyata. Kadang-kadang juga mengandung kekaburan. Sehingga metode estimasi Kriging tidak dapat digunakan. Dengan metode Fuzzy Kriging yang memadukan antara metode Kriging dengan logika fuzzy memberikan ruang yang cukup baik bagi estimasi data spasial yang memiliki kekaburan data.

Daftar Pustaka

[1] Bartels, F., 1995, Manual Fuzzeks 1.0, Kiel: Germany.
[2] Cressie, 1993, Statistics for Spatial Data, John Willey: New York.
[3] Hobbs, Knight dan Ludsin, 2000, Using fuzzy cognitive maps to define ecosystem objectives for lake erie, Diakses dari //biocluster.cwru.edu/ LEEM/Report/ pap14.PDF.
[4] Salski, A., 1997, Fuzzy Logic Approach to Data Analysis and Ecological Modelling, Diakses dari situs: www.erudit.de/erudit/events/esit99/ 12571_p.pdf tanggal 17 Mei 2005.
[5] Sri Kusumadewi, 2002, Analisis dan Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Toolbox Matlab, Graha Ilmu: Jogjakarta.