



ALGORITMA *INTUITIONISTIC FUZZY TIME SERIES* *FUNCTION*

Anggarjito Sasikirono^{a,*}, Dewi Retno Sari Saputro^b

^{a, b} Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret, Jl. IR. Sutami 36A Kentingan, Surakarta 57126, Indonesia

*anggarjito69@student.uns.ac.id, dewiretnoss@staff.uns.ac.id

Abstrak

Time series adalah serangkaian proses pengamatan yang teratur berdasarkan waktu dengan jarak yang sama. Salah satu metode yang digunakan pada analisis *time series* adalah *fuzzy time series* (FTS). FTS merupakan metode peramalan yang didasarkan pada logika *fuzzy* dengan mengubah nilai numerik kedalam himpunan *fuzzy*. Metode FTS secara umum adalah fuzzyfikasi, menentukan relasi *fuzzy*, dan defuzzyfikasi. Pada Langkah fuzzyfikasi Metode FTS tidak mempertimbangkan nilai non-keanggotaan *fuzzy*, dengan menggunakan model *Intuitionistic fuzzy set* maka dapat diperoleh nilai keanggotaan dan nilai non-keanggotaan pada himpunan *fuzzy* yang berguna sebagai informasi baru untuk menambah kinerja peramalan. Metode *Intuitionistic Fuzzy C-means* (IFCM) digunakan sebagai representasi dari *intuitionistic fuzzy set* untuk mendapatkan nilai keanggotaan dan non-keanggotaan pada model. Pada tahap menentukan relasi *fuzzy* digunakan metode *Fuzzy regression function* sebagai skema penalaran pendekatan *fuzzy* dan untuk mendefinisikan relasi *fuzzy* dengan menggunakan fungsi regresi *least square*. *Fuzzy inference systems* ini disebut *intuitionistic fuzzy time series function* (IFTSF). Hasil kajian diperoleh algoritma IFTSF berguna untuk memperoleh nilai *fuzzy* dengan pendekatan *intuitionistic fuzzy regression function* yang dibentuk berdasarkan *Intuitionistic fuzzy set* yang diperoleh menggunakan *intuitionistic fuzzy C-means* untuk tujuan peramalan.

Kata kunci:

fuzzy time series (FTS), *Intuitionistic fuzzy set*, *Intuitionistic Fuzzy C-means* (IFCM), *Fuzzy regression function*, *intuitionistic fuzzy time series function* (IFTSF).

© 2023 Dipublikasikan oleh Jurusan Matematika, Universitas Negeri Semarang

1. Pendahuluan

Kebutuhan terhadap Informasi dalam kebutuhan kehidupan sehari-hari merupakan suatu yang penting. Kajian-kajian perlu dilakukan untuk mendapatkan Informasi yang akurat dan penting, dengan jumlah informasi yang besar. Untuk mendapatkan informasi yang berpotensi dari gudang data perlu dilakukan suatu analisis data yang tepat sehingga menghasilkan informasi yang lebih berharga sehingga dapat menunjang kegiatan operasional. Untuk membantu mempermudah pengambil keputusan dalam menganalisis dan mengekstraksi data maka lahirlah cabang ilmu baru yang disebut Data Mining (Asriningtias & Mardhiyah, 2014). Data mining adalah penemuan informasi baru dengan mencari pola atau aturan tertentu dari sejumlah data yang sangat besar (Santoso, Hariyadi, & Prayitno, 2016) Santoso dkk. [11]).

Data time series adalah serangkaian proses pengamatan yang teratur berdasarkan waktu dengan jarak yang sama. Peramalan (*forecasting*) sendiri digunakan untuk memprediksi kejadian yang mungkin di masa mendatang (Wei, 2018). Inti dari metode FTS dalam peramalan adalah fuzzyfikasi, mendefinisikan relasi *fuzzy*, dan defuzzyfikasi (Song & Chissom, 1993). Dalam mengatasi masalah numerik *time series* dipandukan dengan fuzzy logic sehingga diperoleh metode *fuzzy time series* (FTS). Pada dasarnya fuzzy time series menggunakan data numerik kemudian diubah menjadi data linguistic yang nantinya dihimpun dalam himpunan fuzzy.

To cite this article:

Sasikirono, A. & Saputro, D. R. S. (2023). Algoritma Intuitionistic Fuzzy Time Series Function. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* 6, 676-680.

Penelitian FTS tidak mempertimbangkan nilai-nilai non-keanggotaan. Dengan adanya intuitionistic dalam analisis, dimana nilai non-keanggotaan dalam intuitionistic dapat menambah informasi baru dalam analisis sehingga dapat memperkuat analisis FTS. analisis pada tahap awal menggunakan metode *intuitionistic fuzzy c-means clustering* untuk memperoleh himpunan dari *intuitionistic fuzzy set*. Fuzzy function dapat digunakan untuk mendefinisikan relasi dengan menggunakan fungsi regresi least square, dimana pada kasus peramalan data dapat digunakan sebagai pembelajaran dalam himpunan data. Bas et al. [3] mengungkapkan, gabungan dari metode tersebut dapat disebut metode Intuitionistic Fuzzy Time Series Function (IFTSF).

2. Pembahasan

2.1 Logika fuzzy.

Logika *fuzzy* tidak dapat mewakili setiap pemikiran manusia, hal tersebut dapat diatasi dengan logika *fuzzy* yang dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia (Zadeh, Klir, & Yuan, 1996). Perbedaan antara logika tegas dan logika *fuzzy* terletak pada keanggotaan elemen dalam suatu himpunan. Logika *fuzzy* merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar atau salah. Kebenaran dalam logika fuzzy dapat dinyatakan dalam derajat kebenaran yang nilainya antara 0 sampai 1 (Chen, 1996).

2.2 Intuitionistic Fuzzy sets.

Pada himpunan *fuzzy* terdapat nilai keanggotaan untuk setiap anggota himpunan universal (Atanassov, 1999). *Intuitionistic Fuzzy sets* (IFS) terdapat nilai non-keanggotaan yang diperoleh dari nilai keanggotaan dengan menggunakan operasi pengurangan sederhana. Dalam *intuitionistic fuzzy sets* nilai non-keanggotaan memiliki informasi yang berbeda dari nilai keanggotaan (Bas, Yolcu, & Egrioglu, 2021).

2.3 Time series.

Time series adalah himpunan observasi data terurut dalam waktu misalnya harian, mingguan, bulanan, tahunan, dan lain-lain. Analisis *time series* adalah salah satu prosedur statistika yang dapat diterapkan untuk meramalkan struktur probabilistik keadaan yang akan terjadi di masa yang akan datang dalam rangka pengambilan keputusan (Cheng, Chen, Teoh, & Chiang, 2008). Analisis runtun waktu merupakan metode yang dapat digunakan untuk menentukan pola data pada masa lampau yang dikumpulkan berdasarkan urutan waktu.

2.4 Fuzzy time series.

FTS merupakan suatu metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya. Peramalan dengan menggunakan FTS dapat menangkap pola dari data yang telah lalu kemudian digunakan untuk memproyeksikan data yang akan datang. Konsep *fuzzy* dasar umumnya terdiri atas tiga fase yaitu fuzzifikasi, identifikasi *fuzzy relation* dan defuzzifikasi (Song & Chissom, 1993).

2.5 Intuitionistic Fuzzy C-Means Clustering .

Menurut Chaira (2011), Algoritme *fuzzy c-means clustering intuitionistic* yang digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan dan non-keanggotaan yang ditulis sebagai berikut

- a. Menghitung nilai keanggotaan menggunakan rumus yang ditulis sebagai

$$u_{ik} = \frac{r_{ik}}{\sum_i^c r_{ik}} \quad (2.1)$$

dengan $u_{ik}, i = 1, 2, \dots, c; k = 1, 2, \dots, n$ adalah nilai keanggotaan dari data ke- k dalam *cluster* ke- i . $r_{ik}, i = 1, 2, \dots, c; k = 1, 2, \dots, n$ adalah nilai random yang diperoleh dari distribusi seragam.

- b. Menghitung *hesitation degree* (π_{ik}) dan *intuitionistic fuzzy membership* (u_{ik}^*) yang masing-masing ditulis sebagai

$$\pi_{ik} = 1 - u_{ik} - (1 - u_{ik}^\alpha)^{\frac{1}{\alpha}}, \alpha > 0 \quad (2.2)$$

$$u_{ik}^* = u_{ik} + \pi_{ik} \quad (2.3)$$

u_{ik}^* adalah nilai keanggotaan *intuitionistic* yang kemudian disimpan dalam matriks U_{old} .

- c. Menghitung *centers of clusters* (v_i^*) dengan rumus sebagai

$$v_i^* = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik}^*)^m x_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ik}^*)^m}; i = 1, 2, \dots, c \tag{2.4}$$

x_k adalah data ke- k dan m adalah *fuzziness index*.

- d. Memperbaharui nilai keanggotaan dengan menggunakan rumus

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{jk}}{d_{jk}}\right)^{2/(m-1)}}; i = 1, 2, \dots, c; k = 1, 2, \dots, n \tag{2.5}$$

dengan d_{ik} adalah ukuran jarak *Euclidean* data ke- k di pusat *cluster* ke- i dan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai

$$d_{ik} = \sqrt{(x_k - v_i^*)^2} \tag{2.6}$$

- e. Memperbaharui nilai *hesitation degree* (π_{ik}) dan nilai keanggotaan *intuitionistic fuzzy* (u_{ik}^*) dengan menggunakan Persamaan. (2) dan (3). Nilai keanggotaan *intuitionistic* baru (u_{ik}^*) disimpan dalam matriks U_{new} .
- f. Algoritme berhenti apabila $\|U_{new} - U_{old}\|_2 < \epsilon$, Jika terjadi $U_{old} = U_{new}$ maka lakukan Langkah (6.5.3). Dengan ϵ adalah bilangan positif kecil.

2.6 Fuzzy Regression Function

fuzzy function dapat digunakan sebagai representasi alternatif dan skema penalaran untuk pendekatan dasar aturan *fuzzy* dan juga transformasi non-linier dari nilai keanggotaan dapat meningkatkan kinerja sistem model (Turksen, 2008). Analisis *fuzzy function* dapat digunakan untuk menghilangkan masalah multikolinearitas dan mereduksi dimensi dalam tahap penentuan *fuzzy relationships* dari metode FTS (Kocak, Egrioglu, & Bas, 2021). *Fuzzy regression function* dibentuk pada setiap himpunan *fuzzy*, persamaan *regression* ditulis sebagai berikut

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ \vdots \\ Y_n \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{21} & x_{31} & \dots & x_{p1} \\ 1 & x_{12} & x_{22} & x_{32} & \dots & x_{p2} \\ 1 & x_{13} & x_{23} & x_{33} & \dots & x_{p3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & x_{2n} & x_{3n} & \dots & x_{pn} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \\ \vdots \\ \epsilon_n \end{pmatrix} \tag{2.7}$$

$Y = [X]\beta + \epsilon$

dengan n jumlah pengamatan, p jumlah variabel bebas X , Y merupakan variabel dependen, X adalah input matriks yang merupakan variabel independen, β adalah koefisien regresi dan ϵ adalah *error*. *error* dapat diminimalkan dengan model estimasi parameter yang ditulis sebagai berikut

$$\hat{\beta} = [X'X]^{-1}(X'Y) \tag{2.8}$$

dengan $\hat{\beta}$ adalah estimasi koefisien regresi, X' merupakan matriks *transpose* dan $[X'X]^{-1}$ adalah matriks *invers*.

2.7 IFTSF (Intuitionistic Fuzzy Time Series Functions).

IFTSF merupakan metode yang diusulkan dengan menggunakan pendekatan fungsi regresi *intuitionistic fuzzy* berdasarkan himpunan *intuitionistic fuzzy* untuk melakukan peramalan dengan algoritme yang ditulis sebagai berikut

- a. Menentukan Parameter metode IFTSF.
Parameter yang digunakan dalam metode ini adalah jumlah *intuitionistic fuzzy clusters* (cn), input dari sistem adalah jumlah *lagged variable* (p), *hesitation margin* (π); *alpha cut* ($\alpha - cut$), dan panjang dari *test set* ($ntest$)
- b. Melakukan *clustering* pada data.
Mengelompokkan data input dan target dalam matriks IO . Algoritme *intuitionistic fuzzy c-means clustering* digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan dan non-keanggotaan

$$IO = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_p & x_{p+1} \\ x_2 & x_3 & \dots & x_{p+1} & x_{p+2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_{n-1} & x_{n-p+1} & \dots & x_{n-1} & x_n \end{bmatrix} \tag{2.9}$$

Nilai keanggotaan dan nilai non-keanggotaan dikoreksi dengan menggunakan operasi $\alpha - cut$. Nilai keanggotaan *intuitionistic* ($\mu_A(x)$) dan nilai non-keanggotaan ($v_A(x)$) dihitung menurut pusat *cluster* yang direduksi. Jika $\mu_A(x) < \alpha - cut$, maka $\mu_A(x) = 0$. Demikian pula, jika

$v_A(x) < \alpha - cut$, maka $v_A(x) = 0$. Selanjutnya dilakukan normalisasi pada nilai keanggotaan dan non-keanggotaan ditunjukkan u_{ij} dan μ_{ij}

- c. Menentukan *fuzzy regression function* dengan metode *least square*.

Fuzzy regression function diperoleh dengan menggunakan model regresi *least square estimation*. Bas et al. [Error! Reference source not found.] menjelaskan $\mathbf{X}^{(i)}$ merupakan matriks yang diperbesar pada setiap *cluster* dengan transformasi yang ditulis sebagai berikut

$$\mathbf{X}^{(i)} = \begin{bmatrix} 1 & u_{i1} & u_{i1}^2 & \exp(u_{i1}) & \mu_{i1} & \mu_{i1}^2 & \exp(\mu_{i1}^2) & x_1 & x_2 & \dots & x_p \\ 1 & u_{i2} & u_{i2}^2 & \exp(u_{i2}) & \mu_{i2} & \mu_{i2}^2 & \exp(\mu_{i2}^2) & x_2 & x_3 & \dots & x_{p+1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & u_{in} & u_{in}^2 & \exp(u_{in}) & \mu_{in} & \mu_{in}^2 & \exp(\mu_{in}^2) & x_{n-p} & x_{n-p+1} & \dots & x_{n-1} \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

dengan x_1, x_2, \dots, x_n , merupakan data *time series* dan n adalah jumlah data deret waktu pelatihan. Selanjutnya dilakukan estimasi pada $\hat{\beta}$

$$Y^{(i)'} = [x_{p+1} \quad x_{p+2} \quad \dots \quad x_n] \quad (2.11)$$

$$\hat{\beta}^{(i)} = (\mathbf{X}^{(i)'} \mathbf{X}^{(i)})^{-1} \mathbf{X}^{(i)'} Y^{(i)} \quad (2.12)$$

- d. Melakukan prediksi pada data *training*.

Pada data *training*, prediksi diperoleh dengan menggunakan persamaan (15) dengan menggabungkan *output* dari fungsi linier

$$\hat{Y}_j^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^c u_{ij} X^{(i)} \hat{\beta}^{(i)}}{\sum_{i=1}^c u_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.13)$$

$$\hat{Y}_j^{(2)} = \frac{\sum_{i=1}^c \mu_{ij} X^{(i)} \hat{\beta}^{(i)}}{\sum_{i=1}^c \mu_{ij}} \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.14)$$

$$\hat{Y}_j^{IFTSF} = \pi \hat{Y}_j^{(1)} + (1 - \pi) \hat{Y}_j^{(2)} \quad (2.15)$$

\hat{Y}_j^{IFTSF} adalah peramalan metode *intuitionistic fuzzy time series function* (IFTSF) untuk pengamatan ke- j .

- e. Melakukan peramalan pada data *testing*.

Matriks desain ($\mathbf{Itest}^{(i)}$) dibentuk untuk setiap *cluster intuitionistic fuzzy* dan data *testing*. Peramalan set uji \hat{Y}_j^{IFTSF} dari setiap fungsi regresi *intuitionistic fuzzy* dihitung sebagai

$$\widehat{Y}_j^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^c u_{ij} Itest^{(i)} \hat{\beta}^i}{\sum_{i=1}^c u_{ij}} \quad , j = n + 1, n + 2, \dots, n + ntest \quad (2.16)$$

$$\widehat{Y}_j^{(2)} = \frac{\sum_{i=1}^c \mu_{ij} Itest^{(i)} \hat{\beta}^i}{\sum_{i=1}^c \mu_{ij}} \quad , j = n + 1, n + 2, \dots, n + ntest \quad (2.17)$$

$$\widehat{Y}_j^{IFTSF} = \pi \widehat{Y}_j^{(1)} + (1 - \pi) \widehat{Y}_j^{(2)} \quad , j = n + 1, n + 2, \dots, n + ntest \quad (2.18)$$

(3)

3. Simpulan

Berdasarkan pembahasan dapat disimpulkan algoritma *intuitionistic fuzzy time series function* (IFTSF) adalah metode FTS yang nilai keanggotaan diidentifikasi dengan IFCM dan digunakan model regresi *least square estimation* untuk menentukan relasi *fuzzy* pada setiap cluster yang dibentuk. Penggunaan *intuitionistic* sebagai informasi baru dan transformasi pada model dapat meningkatkan kinerja dari FTS.

Daftar Pustaka

- Asriningtias, Y., & Mardhiyah, R. (2014). Aplikasi Data Mining Untuk Menampilkan Informasi Tingkat Kelulusan Mahasiswa. *Jurnal Informatika*, 8(1), 837-848.
- Atanassov, K. T. (1999). Intuitionistic fuzzy sets. Dalam *Intuitionistic fuzzy sets* (hal. 1–137). Springer.

- Bas, E., Yolcu, U., & Egrioglu, E. (2021, July). Intuitionistic fuzzy time series functions approach for time series forecasting. *Granular Computing*, 6(3), 619-629. doi:10.1007/s41066-020-00220-8
- Chaira, T. (2011, March). A novel intuitionistic fuzzy C means clustering algorithm and its application to medical images., *II*, hal. 1711-1717. doi:10.1016/j.asoc.2010.05.005
- Chen, S.-M. (1996). Forecasting enrollments based on fuzzy time series. *Fuzzy sets and systems*, 81, 311–319.
- Cheng, C. H., Chen, T. L., Teoh, H. J., & Chiang, C. H. (2008, February). Fuzzy time-series based on adaptive expectation model for TAIEX forecasting. *Expert Systems with Applications*, 34(2), 1126-1132. doi:10.1016/j.eswa.2006.12.021
- Gitman, L. J. (2009). *Introduction to managerial finance*. Prentice Hall, a division of Pearson Education, Inc.
- Kocak, C., Egrioglu, E., & Bas, E. (2021). A new explainable robust high-order intuitionistic fuzzy time-series method. *Soft Computing*, 1–14.
- Peramalan, U., Si, S., & Si, M. (2011). Metode Autoregressive Fuzzy Time Series. *Metode Autoregressive Fuzzy Time Series*.
- Santoso, H., Hariyadi, I. P., & Prayitno, P. (2016). Data Mining Analisa Pola Pembelian Produk Dengan Menggunakan Metode Algoritma Apriori. *Semnasteknomedia Online*, 4(1), 3-7.
- Song, Q., & Chissom, B. S. (1993). Forecasting enrollments with fuzzy time series—Part I. *Fuzzy sets and systems*, 54, 1–9.
- Türkşen, I. B. (2008, June). Fuzzy functions with LSE. *Applied Soft Computing Journal*, 8(3), 1178-1188. doi:10.1016/j.asoc.2007.12.004
- Wei, W. W. (2018). *Multivariate time series analysis and applications*. John Wiley & Sons.
- Yolcu, O. C., Bas, E., Egrioglu, E., & Yolcu, U. (2020, June). A new intuitionistic fuzzy functions approach based on hesitation margin for time-series prediction. *Soft Computing*, 24(11), 8211-8222. doi:10.1007/s00500-019-04432-2
- Zadeh, L. A., Klir, G. J., & Yuan, B. (1996). *Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers* (Vol. 6). World Scientific.