

Sistem Perkiraan Penggunaan Listrik Rumah Tangga Menggunakan Logika Fuzzy (Studi Kasus: PLN Area Pasuruan)

Mohammad Ali Fahmi¹, Muhammad Tanzil Furqon², Sutrisno³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹aingalifahmi@gmail.com, ²m.tanzil.furqon@ub.ac.id, ³trisno@ub.ac.id

Abstrak

Di salah satu wilayah Indonesia yakni Pasuruan, di beberapa tahun terakhir telah terjadi peningkatan pesat dalam pertumbuhan ekonomi, sehingga terjadi peningkatan yang besar terhadap kebutuhan energi listrik sampai melampaui skenario yang semula direncanakan oleh pemerintah. Sistem kelistrikan kota Pasuruan sendiri merupakan sistem kelistrikan yang kompleks dimana terdapat kesulitan dalam memperkirakan besar pemakaian listrik yang dapat mempengaruhi kesiapan dari unit pembangkit untuk menyediakan pasokan listrik kepada konsumen. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka perlu dilakukan perkiraan penggunaan listrik jangka panjang terutama untuk sektor rumah tangga dalam melakukan perencanaan penambahan pembangkit listrik yang baru, perluasan jaringan distribusi dan kebutuhan perencanaan penjadwalan pengoperasian pembangkit energi listrik, agar daya yang dibangkitkan sesuai dengan kebutuhan beban. Pada penelitian ini digunakan metode Logika Fuzzy untuk melakukan perkiraan atau peramalan. Data yang digunakan sebanyak 70 data histori dari bulan Januari 2012 sampai dengan Oktober 2017 didapatkan dari PLN Area Pasuruan. Hasil implementasi dan pengujian akurasi pada penelitian ini mendapatkan nilai parameter terbaik dengan hasil nilai MSE terendah sebesar 1,602823095 dan MAPE sebesar 3,84%. Pengujian yang dilakukan mendapatkan jumlah fuzzy set terbaik pada nilai 16, sedangkan nilai terburuk sejumlah 7 fuzzy set.

Kata kunci: peramalan, listrik rumah tangga, logika fuzzy, MSE, MAPE.

Abstract

In one of Indonesia's regions, Pasuruan, in recent years there has been a rapid increase in economic growth, resulting in a large increase in electricity demand to exceed the scenario originally planned by the government. The electricity system in the city of Pasuruan itself is a complex electricity system where there are difficulties in estimating the amount of electricity that can affect the readiness of the generating unit to provide electricity supply to consumers. Based on these constraints, it is necessary to estimate long-term electricity use, especially for the household sector in planning the addition of new power plants, expansion of the distribution network and planning requirements for the operation of electricity generation, so that the power generated is in accordance with load requirements. In this study Fuzzy Logic method is used to estimate or forecast. Data that were used as many as 70 historical data from January 2012 to October 2017 obtained from PLN Pasuruan Area. The results of the implementation and accuracy testing in this study got the best parameter value with the lowest MSE value of 1.602823095 and MAPE 3,84%. The test is done to get the best number of fuzzy sets at 16, while the worst value is 7 fuzzy sets.

Keywords: forecasting, household electricity, fuzzy logic, MSE, MAPE.

1. PENDAHULUAN

Tingkat pemakaian energi listrik dapat dikatakan sebagai salah satu tolak ukur yang sangat korelatif dengan tingkat peradaban dari setiap bangsa di dunia. Menurut hasil Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh November tahun 2005 dilihat dari segi tolak ukur tingkat konsumsi energi listrik, negeri Indonesia masih

tergolong terbelakang dibandingkan negara-negara lain, bahkan dibandingkan sesama negara berkembang dan negara-negara di kawasan Asia Tenggara, apalagi dibandingkan dengan negara-negara yang sudah maju.

Di salah satu wilayah Indonesia yakni Pasuruan, di beberapa tahun terakhir telah terjadi peningkatan pesat dalam pertumbuhan ekonomi, sehingga terjadi peningkatan yang besar terhadap kebutuhan energi listrik sampai

melampaui skenario yang semula direncanakan oleh pemerintah. Dengan demikian peningkatan pasokan tenaga listrik terutama pada beberapa tahun mendatang harus semakin ditingkatkan karena kebutuhan listrik meningkat. Hal ini dilakukan agar peningkatan dapat sejalan dengan kemajuan ekonomi serta dapat mengatasi kekurangan listrik yang masih terjadi di beberapa daerah.

Penelitian ini mengambil lokasi penelitian di PT PLN (Persero) Area Pasuruan, yang memiliki jumlah penduduk sebanyak 1,5 juta orang pada tahun 2014 dan memiliki pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun ke tahun yang semakin meningkat. Berdasarkan pertumbuhan jumlah penduduk, peningkatan pembangunan infrastruktur, pertumbuhan ekonomi dan ketersediaan energi listrik di kota Pasuruan maka perlu dilakukan perkiraan penggunaan listrik jangka panjang terutama untuk sektor rumah tangga untuk melakukan perencanaan penambahan pembangkit listrik yang baru, perluasan jaringan distribusi dan kebutuhan perencanaan penjadwalan pengoperasian pembangkit energi listrik, agar daya yang dibangkitkan sesuai dengan kebutuhan beban. Oleh karena itu, penulis menggunakan suatu metode yang mampu memberikan hasil peramalan yang akurat untuk menanggulangi keterbatasan tersebut.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk penyelesaian permasalahan ini yakni logika *fuzzy*. Pada permasalahan sebelumnya yaitu perkiraan penggunaan listrik jangka Panjang, dilakukan penyelesaian menggunakan metode logika *fuzzy*. Metode logika *fuzzy* yang digunakan adalah metode logika *fuzzy time series* karena memiliki kemampuan dapat meramal atau memperkirakan pada data yang tidak lengkap dan mengandung noise, dengan hasil yang lebih baik. (Cai, et al., 2013).

Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Chai et al (2013) pada permasalahan peramalan saham dapat diselesaikan menggunakan metode *fuzzy logical relationship* dan algoritma genetika, serta dengan menerapkan *percentage change* pada himpunan semesta. Penggunaan metode ini, terbukti didapatkan hasil yang signifikan karena nilai kesalahan yang di dapatkan lebih kecil dibandingkan hasil metode *fuzzy time series* konvensional pada penelitian sebelumnya, dengan rata-rata kesalahan 79,7%.

Pada kasus penelitian lain oleh Cheng et al (2015) menggunakan metode *fuzzy logical*

relationship dan *similarity measures* mendapatkan hasil kesalahan yang lebih kecil dibandingkan penelitian sebelumnya. Penelitian yang dilakukan oleh Cheng et al (2016) dengan pengembangan dari metode *fuzzy logical relationship* juga mendapatkan hasil nilai kesalahan yang rendah. Hasil serupa juga didapatkan pada peramalan kebutuhan hidup minimum oleh (Anggodo & Mahmudy, 2016). Dari penelitian-penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa permasalahan peramalan dapat diselesaikan dengan penggunaan metode *fuzzy logical relationship* yang berdiri sendiri atau dikombinasi dengan berbagai metode lain (Cheng, et al., 2016).

Dari latar belakang tersebut penulis ingin mengusulkan penelitian yang berjudul “Sistem Perkiraan Penggunaan Listrik Rumah Tangga Menggunakan Logika *Fuzzy*” untuk memperkirakan penggunaan listrik rumah tangga.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beban Listrik

Karakteristik perubahan daya yang diterima oleh sistem tenaga pada setiap satuan waktu dalam suatu interval hari tertentu, disebut sebagai kurva beban harian. Kurva ini dapat digambarkan dengan mencatat besarnya beban listrik dalam satuan MW. Pada sumbu vertical, satuan MW menyatakan skala beban. Sedangkan sumbu horizontal menyatakan skala pencatatan waktu dalam 24 jam (Dewi, et al., 2016).

2.2 Logika Fuzzy

Dasar logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy*. Teori himpunan *fuzzy* diperkenalkan oleh Zadeh (1965) untuk menangani konsepsi ketidakpastian. Sistem peramalan dengan *Fuzzy Time Series* yaitu menggunakan pola data pada masa lalu, dan memproyeksikan data tersebut ke masa depan (Song & Chissom, 1994). Metode ini sering digunakan dalam menyelesaikan masalah peramalan. Model *fuzzy time series* dapat menyelesaikan permasalahan prediksi, dengan cara sebagai berikut (Chen, 1996):

1. Tahap pertama yaitu menentukan himpunan semesta (*universe of discourse*) yang terbentuk berdasarkan data maksimum

(Dmax) dan minimum (Dmin) pada data historis. D1 dan D2 merupakan bilangan *real* positif sembarang yang ditentukan oleh peneliti. Bilangan ini digunakan untuk menentukan semesta dari himpunan data historis dan mempermudah pembagian interval U (Chen, 1996). Tahap ini melakukan proses pencarian nilai maksimum dan minimum dari data aktual, dengan persamaan (1) yang akan dijadikan sebagai himpunan semesta data aktual sebagai berikut:

$$U = [Dmin-D1, Dmax+D2] \quad (1)$$

2. Membagi himpunan semesta ke dalam beberapa interval sub-himpunan, yang jumlahnya disesuaikan dengan jumlah *fuzzy set* yang digunakan.
3. Mendefinisikan himpunan *fuzzy* berdasarkan himpunan semesta, seperti halnya persamaan 2 di bawah ini:

$$\begin{aligned}
 A1 &= 1/u1 + 0.5/u2 + 0/u3 + 0/u4 + \\
 &\quad 0/u5 + 0/u6 + 0/u7 \\
 A2 &= 0.5/u1 + 1/u2 + 0.5/u3 + 0/u4 + \\
 &\quad 0/u5 + 0/u6 + 0/u7 \\
 &\dots\dots\dots \\
 An &= 0/u1 + 0/u2 + 0/u3 + 0/u4 + 0/u5 \\
 &\quad + 0.5/un-1 + 0/un \quad (2)
 \end{aligned}$$

4. Melakukan proses *fuzzyfikasi* pada data historis. Pada proses ini akan ditentukan nilai keanggotaan setiap data historis terhadap masing-masing himpunan *fuzzy* yang telah ditentukan. Yakni dengan cara menentukan apabila data masuk ke dalam interval sub-himpunan ke i atau ui, maka data tersebut akan masuk ke dalam himpunan *fuzzy* i atau Ai.
5. Membangun *fuzzy logical relationship* (FLR) berdasarkan pada hasil *fuzzyfikasi* di langkah ke-3. Jika hasil dari *fuzzyfikasi* tahun t dan t+1 adalah Aj dan Ak. Maka hasil FLR untuk setiap tahun secara berturut-turut dapat dibangun menjadi Aj dan Ak, dimana Aj disebut dengan *current state* dan Ak disebut dengan *next state*. Berdasarkan *current state* pada *fuzzy logical relationship*, kemudian dilakukan pembagian FLR menjadi *fuzzy logical relationship group* (FLRG), dimana FLR yang memiliki *current state* yang sama dimasukkan ke dalam FLRG yang sama.

6. Menghitung nilai peramalan yakni jika F (t-1)= Ai, maka nilai ramalan harus sesuai dengan beberapa aturan. Aturan tersebut berdasarkan Xihao dan Yimin (2008):

- Apabila FLR dari Ai tidak ditemukan (Ai->#), maka F(t)= mi yang merupakan nilai tengah dari ui
- Apabila dalam satu himpunan *fuzzy* Ai hanya terdapat satu himpunan FLR atau FLRG Ai merupakan relasi *one-to-one* (misal Ai -> Aj), maka F (t) = mj yang merupakan nilai tengah dari uj
- Jika terdapat himpunan FLR Ai -> Aj1, Aj2, ..., Ajk atau disebut FLRG relasi *one-to-many* maka F (t) = mj1, mj2, mj3,, mjn yang merupakan nilai tengah dari uj1, uj2, uj3,, un

$$F(t) = \frac{\sum_{i=1}^n mij}{n} \quad (3)$$

dimana:

- mji = nilai tengah dari uji
- n = Jumlah himpunan *fuzzy* yang berelasi dengan Ai

2.3 Nilai Kesalahan

Mean Square Error (MSE) digunakan karena dapat membentuk skala kemiripan hasil ramalan dengan data aktual (Qiu, et al., 2015). Jilani et al (2007) menggunakan metode MSE untuk mengetahui besarnya penyimpangan pada data aktual dan data hasil peramalan. MSE merupakan nilai kuadrat dari nilai rata-rata kesalahan. Berikut adalah Persamaan (4) yang menunjukkan cara perhitungan menggunakan MSE:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Ai-Fi)^2}{n} \quad (4)$$

dimana:

- Ai = data aktual pada data ke-i
- Fi = nilai hasil peramalan data ke-i
- n = banyaknya data *time series*

Sebagai hasil perbandingan, dalam penelitian ini menggunakan perhitungan nilai kesalahan lain yakni MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). MAPE digunakan untuk pemilihan parameter terbaik serta mengetahui ketepatan peramalan. Semakin kecil nilai MAPE berarti nilai taksiran semakin mendekati nilai sebenarnya, atau metode yang dipilih merupakan metode terbaik (Makridakis,dkk.

2003). Berikut adalah Persamaan (5) yang menunjukkan cara perhitungan nilai kesalahan menggunakan MAPE:

$$MAPE = \left(\frac{100\%}{n}\right) \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} \quad (5)$$

dimana:

X_t = data aktual pada data ke- t

F_t = nilai hasil peramalan data ke- t

n = banyaknya data *time series*

3. METODOLOGI

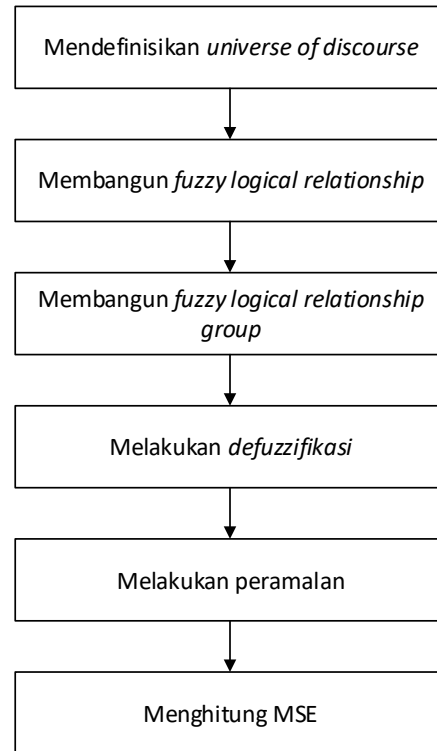
Bagian ini menjelaskan tentang serta langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian mengenai sistem perkiraan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan logika *fuzzy*. Adapun tahapan metode penelitian yang dilakukan ditunjukkan dalam Gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1 Metode Penelitian

4. PERANCANGAN

Bagian ini menjelaskan tentang penyelesaian permasalahan perkiraan penggunaan listrik rumah tangga menggunakan logika *fuzzy*. Perancangan proses peralamaan ditunjukkan pada Gambar 2.

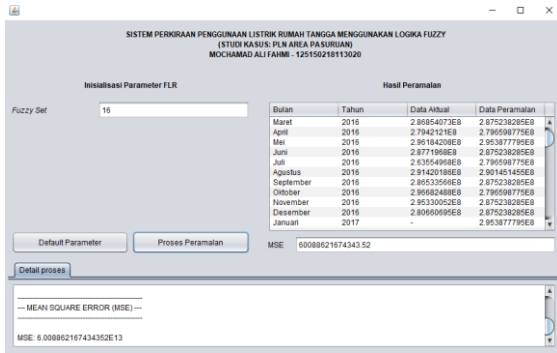


Gambar 2 Proses Peramalan Menggunakan Fuzzy Time Series

Langkah pertama pada implementasi ini yakni menentukan nilai d_1 dan d_2 kemudian membentuk himpunan semesta berdasarkan Persamaan (1). Selanjutnya membagi himpunan semesta menjadi sejumlah interval. Setelah itu menentukan himpunan *fuzzy* berdasarkan himpunan semesta menggunakan Persamaan (2). Langkah selanjutnya ialah melakukan *fuzzyfikasi* data, kemudian membentuk *fuzzy logical relationship* dan *fuzzy logical relationship group*. Langkah terakhir adalah menghitung nilai kesalahan menggunakan Persamaan (4) dan Persamaan (5).

5. IMLEMENTASI

Bagian ini menggambarkan implementasi antarmuka sistem perkiraan listrik rumah tangga menggunakan logika *fuzzy*, yang ditunjukkan oleh Gambar 3 sebagai berikut:

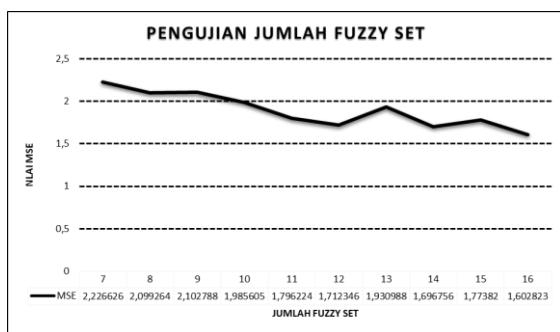


Gambar 3 Hasil Implementasi Antarmuka

6. PENGUJIAN

6.1 Perbandingan fuzzy set

Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4, dengan MSE terbesar didapatkan pada fuzzy set sejumlah 7. Jumlah fuzzy set yang semakin banyak atau semakin sedikit belum tentu memberikan nilai MSE yang semakin kecil. Hal ini dikarenakan jumlah fuzzy set mempengaruhi hasil proses pembagian interval. Sehingga akan mempengaruhi hasil akhir perkiraan atau peramalan karena digunakan nilai titik tengah interval pada proses peramalan. Jika dilihat dari kondisi data, sejumlah 70 data ternyata memberikan nilai MSE terkecil pada jumlah fuzzy set 16.



Gambar 4 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Fuzzy Set

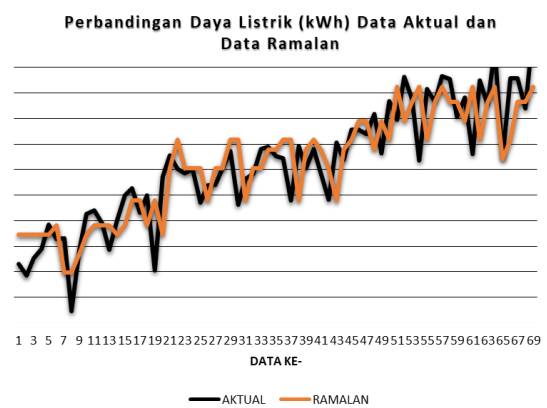
Jika fuzzy set lebih kecil dari 16 maka range interval akan terlalu besar dan data dengan selisih yang besar akan berada dalam satu interval yang sama, sehingga berdampak pada nilai MSE yang lebih besar dibandingkan jumlah fuzzy set 16 seperti pada grafik dengan banyak fuzzy set 7 dan 13. Dengan demikian, jumlah fuzzy set berdampak pada keberadaan data dalam interval dan mempengaruhi hasil perkiraan.

Pada pengujian ini 7 fuzzy set digunakan sebagai nilai awal karena dalam beberapa penelitian jumlah tersebut memberikan hasil kesalahan terkecil dibandingkan metode fuzzy time series lainnya. Hal ini dibuktikan dengan penelitian oleh Cheng et al (2007), Stevenson (2009) dan Cheng et al (2015).

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil pengujian yang dimulai dari 11 fuzzy set memiliki perbedaan nilai yang tidak terlalu jauh, sehingga jumlah fuzzy set yang digunakan hanya sebanyak 16. Pada kasus tertentu, kenaikan jumlah fuzzy set dari 5 menjadi 9 akan mengakibatkan penurunan rata-rata nilai kesalahan lebih dari 25% (Sah & Degtiarev, 2005).

6.2 Analisis Global

Berdasarkan analisis dari keseluruhan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa permasalahan peramalan menggunakan logika fuzzy menghasilkan MSE terkecil pada jumlah fuzzy set 16. Dapat dilihat bahwa hasil data ramalan menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu jauh dengan history data aktual. Grafik hasil perbandingan data aktual dan data ramalan penggunaan listrik rumah tangga dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 5 Grafik Perbandingan Hasil Data Aktual dan Data Ramalan

7. KESIMPULAN DAN SARAN

Metode logika fuzzy dapat diterapkan dalam permasalahan perkiraan penggunaan listrik rumah tangga. Dalam penerapannya, diawali dengan penentuan himpunan semesta dan interval. Kemudian dilakukan pembentukan himpunan fuzzy. Langkah terakhir yakni

melakukan pengujian terhadap jumlah *fuzzy set* sehingga ditemukan pembagian interval yang optimal dengan nilai kesalahan paling rendah.

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian akurasi didapatkan nilai parameter terbaik dengan hasil nilai MSE terendah sebesar 1,602823095 dan MAPE sebesar 3,84%. Pengujian yang dilakukan mendapatkan jumlah *fuzzy set* terbaik pada nilai 16, sedangkan nilai terburuk sejumlah 7 *fuzzy set*. Terbukti nilai MAPE kurang dari 10% yang berarti memiliki kemampuan peramalan sangat baik dan memiliki kemampuan peramalan yang baik jika kurang dari 20% (Margi & Pendawa, 2015).

Dalam penelitian ini tidak digunakan metode optimasi untuk menentukan jumlah *fuzzy set* dan rentang interval. Untuk itu, diharapkan adanya metode tertentu untuk melakukan optimasi terhadap jumlah *fuzzy set* dan interval agar mendapatkan hasil yang lebih optimal pada penelitian selanjutnya.

8. DAFTAR PUSTAKA

- Amjad, U., Jilani, T. A. & Yasmeen, F., 2012. *A Two Phase Algorithm for Fuzzy Time Series Forecasting using Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization Techniques*. s.l.:International Journal of Computer Applications (0975 – 8887).
- Anggodo, Y. P. & Mahmudy, W. F., 2016. Peramalan Butuhan Hidup Minimum Menggunakan Automatic Clustering dan Fuzzy Logical Relationship. s.l.:Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK).
- Cai, Q., Zhang, D., Wu, B. & Leung, S. C., 2013. *A novel stock forecasting model based on fuzzy time series and genetic algorithm*. *Procedia Computer Science*, pp. 1155-1162.
- Cheng, S. H., Chen, S. M. & Jian, W. S., 2015. *A novel fuzzy time series forecasting method based on fuzzy logical relationships and similarity measures*. s.l.:IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics.
- Cheng, S. H., Chen, S. M. & Jian, W. S., 2016. *Fuzzy time series forecasting based on fuzzy logical relationships and similarity measures*. 272-287 penyunt. s.l.:Information Science.
- Dewi, I. A. M. C., Nrratha, I. M. A. & Suksmadana, I. M. B., 2016. Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Pada Sistem Kelistrikan Lombok Dengan Fuzzy Time Series (FTS). *Dielektrika*, Volume 3, pp. 45-52.
- Margi, K. & Pendawa, S., 2015. *Analisa Dan Penerapan Metode Single Exponential Smoothing Untuk Prediksi Penjualan Pada Periode Tertentu (Studi Kasus : PT. Media Cemara Kreasi)*. Prosiding SNATIF.
- Qiu, W., Zang, P. & Wang, Y., 2015. *Fuzzy time series forecasting model based on automatic clustering techniques and generalized fuzzy logical relationship*. s.l.:Hindawi Publishing Corporation *Mathematical Problems in Engineering*.
- Sah, M. & Degtiarev, K. Y., 2005. *Forecasting Enrollment Model Based on First-Order Fuzzy Time Series*. Volume 1 penyunt. s.l.:PROCEEDINGS OF WORLD ACADEMY OF SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY.
- Song, Q. & Chissom, B. S., 1993. *Forecasting enrollments with fuzzy time series*. s.l.:Fuzzy Sets and Systems.