

PREDIKSI PENJUALAN DENGAN NEUROFUZZY

Dewanto R.A., Aradea, Devi Febrianty

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi Tasikmalaya
e-mail: informatika@ft.unsil.ac.id; URL: <http://www.unsil.ac.id>

ABSTRAKSI

Sistem prediksi adalah sebuah perangkat untuk mendukung aktifitas manusia. Setiap tempat dapat dilihat bahwa untuk memutuskan sesuatu manusia memerlukan hasil prediksi. Terdapat beberapa perangkat prediksi yang dikembangkan dan diteliti. Dari waktu ke waktu kerumitan dan kemampuannya semakin meningkat. Prediksi tidak hanya dimiliki oleh ahli matematika yang memiliki kemampuan matematis.

Saat ini prediksi digunakan oleh manusia di berbagai latar belakang pengetahuan dan pekerjaan. Pada area ekonomi, terdapat beberapa alat untuk melakukan prediksi sesuatu yang berkaitan dengan parameter maupun variable ekonomi, seperti bursa efek, inflasi, pertumbuhan ekonomi, pertukaran nilai kurs dll. Seringkali prediksi dilakukan untuk mendukung penyusunan Anggaran Belanja Negara.

Pada level perusahaan, prediksi memegang peran yang penting untuk perencanaan dan evaluasi. Salah satu prediksi yang penting adalah prediksi penjualan. Dari hasil prediksi ini, perusahaan dapat merencanakan produksi, strategi pemasaran dan anggaran. Tetapi dengan meningkatnya kompleksitas perusahaan (persaingan, perubahan budaya, perubahan lingkungan dll) akan mempengaruhi hasil prediksi dan dapat mengurangi akurasi dan menambah kesalahan prediksi.

Untuk itu, saat ini diperlukan sistem prediksi yang baru, yang memiliki kemampuan untuk beradaptasi terhadap perubahan. Berbicara tentang adaptasi, terdapat perangkat adaptasi yang sangat menarik yang dikembangkan oleh ahli sistem kendali. Perangkat adaptasi ini adalah Neurofuzzy Time Series Prediction yang dapat digunakan sebagai prediksi penjualan.

Kata kunci: Neurofuzzy, Sistem Prediksi

1. PENDAHULUAN

Secara sederhana dapat dikatakan bahwa prediksi adalah sebuah proses proyeksi waktu secara berurutan. Terdapat sebuah cara untuk menggambarkan nilai dari sebuah variable dalam waktu ke depan. Penentuan nilai variable menggunakan konsep atau teori yang didasarkan pada nilai saat ini dan nilai sebelumnya. Dalam bentuk yang paling sederhana, sebuah time series (urutan waktu) adalah sebuah urutan dari nilai numerik yang menggambarkan evolusi waktu dari sebuah nilai tertentu. Salah satu contoh adalah nilai dari penjualan. Salah satu obyek penelitian Time Series adalah ramalan atau prakiraan, yaitu sebuah prediksi terhadap nilai pada waktu kedepan. Namun prediksi tidak hanya penentuan nilai tetapi jika analisa nya yaitu klasifikasi, pemisahan derau dll.

Untuk penyederhanaan, konsentrasi pada TS sebagai prakiraan, yaitu sebuah mekanisme untuk melakukan prediksi terhadap nilai pada waktu ke depan. Secara sederhana proses prediksi diawali dengan penentuan model dari system berdasarkan nilai sebelumnya dan saat ini, selanjutnya dengan model tersebut diturunkan nilai di waktu ke depannya. Dengan konsep ini maka Neurofuzzy dengan kemampuan modellingnya dapat digunakan sebagai kaidah atau otak dari system prediksi.

2. NEUROFUZZY

Salah satu perkembangan yang menarik dalam dunia sistem kendali adalah aplikasi Intelegensia Komputasional. Dengan melihat kemampuan yang dimiliki oleh Intelegensia Komputasional serta kebutuhan sistem kendali yang mengarah kepada kemampuan pengendalian terhadap plant yang semakin kompleks serta kebutuhan sistem kendali yang berbasis pengetahuan manusia (knowledge based) maka penelitian lebih lanjut terhadap Intelegensia Komputasional akan memberikan kontribusi yang nyata terhadap dunia sistem kendali.

Perkembangan Intelegensia Komputasional yang terdiri dari tiga komponen yaitu:

- Logika Fuzzy dengan karakteristik pada ketidakakuratan dan approximation reasoning.
- Neural Network dengan karakteristik pada interpolasi, learning dan proses paralel.
- Probabilistic Reasoning (Genetic Algorithm dan Chaos Theory) dengan karakteristik pada ketidakpastian, optimasi, propagasi keyakinan.

Dengan melihat kelemahan dan kelebihan masing-masing komponen Intelegensia Komputasional tersebut, saat ini berkembang konsep-konsep yang merupakan gabungan dari komponen-komponen di atas. Salah satu penggabungan yang menarik adalah antara konsep Logika fuzzy dengan Jaringan Syaraf Tiruan (Neural Network).

Ada beberapa alasan yang melatarbelakangi penggabungan dua komponen tersebut di antaranya adalah:

Penggabungan Logika Fuzzy dalam aplikasi di sistem kendali dapat dikatakan sangat cepat, namun terdapat kelemahan dalam aplikasi sebagai pengendali dengan berbagai macam karakteristik plant dan sebagai sebuah sistem pakar (data analisis/knowledge acquisition) yaitu dalam hal:

- membangun basis kaidah.
- optimasi terhadap basis kaidah yang ada.

Dengan pertimbangan alasan tersebut maka dibangunlah sebuah konsep Logika Fuzzy yang mampu melakukan perubahan-perubahan (tuning) terhadap basis kaidah. Dalam hal ini proses perubahan tersebut merupakan suatu proses belajar dan salah satu konsep belajar yang cukup andal adalah konsep belajar yang dikembangkan dari konsep jaringan Syaraf Tiruan.

Selanjutnya konsep penggabungan tersebut diberi istilah NeuroFuzzy. Sebenarnya terdapat beberapa alasan lain yang melatarbelakangi penggabungan Jaringan Syaraf Tiruan (neural network) dengan Logika Fuzzy, akan tetapi dalam tulisan ini dibatasi pada satu alasan saja. Latar belakang penggabungan akan mempengaruhi arah perkembangan konsep gabungan Neural Network dengan Logika Fuzzy. Selanjutnya tulisan ini akan menguraikan arah perkembangan konsep NeuroFuzzy.

Dengan melihat alasan penggabungan di atas maka Neurofuzzy dapat didefinisikan sebagai berikut:

Sistem Neurofuzzy adalah sebuah sistem fuzzy yang menggunakan algoritma belajar yang diturunkan dari teori Neural network untuk menentukan parameter fuzzy (set fuzzy dan kaidah fuzzy) dengan melakukan proses terhadap sampel data (numerik maupun linguisitik).

Model Neurofuzzy dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

- a. Co-operative Neurofuzzy Model: Dalam model ini neural network digunakan untuk menentukan parameter dari sistem fuzzy (rule, set fuzzy). Setelah proses belajar/learning sistem fuzzy bekerja sendiri tanpa bantuan neural network. Model ini dapat dikategorikan menjadi empat jenis yaitu [Nauck,1994]:
 - Proses belajar terhadap set fuzzy secara off-line
 - Proses belajar terhadap kaidah fuzzy secara off-line
 - Proses belajar terhadap set fuzzy secara on-line
 - Proses belajar terhadap bobot kaidah.
- b. Hybrid Neurofuzzy Model: Model ini merupakan pendekatan modern dari konsep

neurofuzzy. Sistem Fuzzy dan Neural Network dikombinasikan dalam sebuah arsitektur. Sistem neurofuzzy dapat diinterpretasikan sebagai sebuah neural network dengan parameter fuzzy sebagai bobotnya atau dapat diartikan pula sebagai sistem fuzzy dengan struktur berbentuk parameter terdistribusi. Sistem neurofuzzy dalam model ini adalah: ANFIS [Jang,1993], FuNe [Halgamuge, Glesner,1993], FuzzyRuleNet [Tschichold,1995], GARIC [Berenji,1992], NEFCLASS [Nauck,1995], NEFCON [Nauck,1994].).

3. KONSEP SISTEM

Titik awal analisa time series adalah penentuan informasi waktu lalu untuk digunakan sebagai data pembangunan model. Pembangunan model atau proses modeling dapat dilakukan dengan banyak cara. Salah satunya adalah menggunakan konsep Neurofuzzy yang memiliki kemampuan pendekatan universal (approximation). Sebuah fungsi dapat didekati dengan Neurofuzzy dan dilakukan dengan memonitor kesalahan dan data ini digunakan untuk melakukan adaptasi terhadap parameter model. Proses adaptasi dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan belajar neural sedangkan konstruksi model digunakan parameter dan kaidah fuzzy.

Multilayer Perceptrons (MLPs) dan Radial Basis Function (RBF) dapat digunakan sebagai kaidah belajar. Konstruksi model dapat dilakukan dengan proses training atau pembelajaran. Pembelajaran dilakukan dengan cara satu tahapan ke depan dengan error yang diberikan antara model hasil prediksi dengan data nyata.

Model dari penjualan dapat didekati dengan persamaan dinamik nonlinier berikut:

$$x^{(n)} = f(x, \dot{x}, \dots, x^{(n-1)}) + g(x, \dot{x}, \dots, x^{(n-1)})u$$

Dengan $f(x)$ dan $g(x)$ adalah fungsi yang tidak diketahui dan $g(x) \neq 0$. Pertama-tama fungsi f dan g di atas diganti dengan fungsi Neurofuzzy berikut:

$$\hat{f}(x) = f(x|\theta_f) \quad \hat{g}(x) = g(x|\theta_g)$$

Fungsi neurofuzzy diturunkan dari kaidah dan set fuzzy yang digunakan yaitu fungsi pemetaan antara input output logika fuzzy. Fungsi ini ditentukan dari fungsi keanggotaan dari fuzzifier, inference engine dan defuzzifier yang digunakan. Selanjutnya diturunkan algoritma kendali dari sistem neurofuzzy. Substitusi u ke persamaan dinamik sistem

$$x^{(n)} = f(x) + g(x)u$$

menghasilkan persamaan error sebagai berikut:

$$e^{(n)} = -k^T e + [\hat{f}(x) - f(x)] + [\hat{g}(x) - g(x)]u_1$$

Definisikan matrik dan vektor sebagai berikut:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & \dots & 1 \\ -k_n & -k_{n-1} & \dots & -k_1 \end{bmatrix} \quad b_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix}$$

Maka persamaan 3 dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\dot{e} = \Lambda e + b\{[\hat{f}(x) - f(x)] + [\hat{g}(x) - g(x)]u_1\}$$

Didefinisikan parameter fuzzy θ^* sebagai parameter optimal yaitu kondisi pada saat f dan g mendekati nilai yang sebenarnya. Sehingga dapat dituliskan:

$$\hat{f}^* = \hat{f}(\theta^*) \quad \hat{g}^* = \hat{g}(\theta^*)$$

Definisikan kesalahan pendekatan

$$w = [\hat{f}^*(x) - f(x)] + [\hat{g}^*(x) - g(x)]u_1$$

Dengan deret Taylor dapat diturunkan persamaan berikut:

$$\hat{f}(x) - \hat{f}^*(x) = \theta_f - \theta_f^* \left[\frac{\partial \hat{f}}{\partial \theta_f} \right] + \text{h.o.t}$$

$$\hat{g}(x) - \hat{g}^*(x) = \theta_g - \theta_g^* \left[\frac{\partial \hat{g}}{\partial \theta_g} \right] + \text{h.o.t}$$

dimana h.o.t adalah suku-suku berorde tinggi. Persamaan error dapat dituliskan sebagai:

$$\dot{e} = \Lambda e + b\left\{(\theta_f - \theta_f^*)^T \left[\frac{\partial \hat{f}}{\partial \theta_f} \right] + (\theta_g - \theta_g^*)^T \left[\frac{\partial \hat{g}}{\partial \theta_g} \right] u_1 + v\right\}$$

dengan $v = w + \text{h.o.t}$

Proses berikutnya adalah menentukan proses belajar sehingga didapat tracking error e dan parameter error $\theta - \theta^*$ minimum. Formulasikan fungsi Lyapunov:

$$V = \frac{1}{2} e^T P e + \frac{1}{2\gamma_1} (\theta_f - \theta_f^*)^T (\theta_f - \theta_f^*) + \frac{1}{2\gamma_2} (\theta_g - \theta_g^*)^T (\theta_g - \theta_g^*)$$

dimana γ_1 dan γ_2 adalah konstanta positif. Selanjutnya asumsikan terdapat matrik P dan Q definit positif yang memenuhi persamaan Lyapunov

$$\Lambda^T P + P \Lambda = -Q$$

$$\dot{V} = -\frac{1}{2} e^T Q e + e^T P b w + \frac{1}{\gamma_1} (\theta_f - \theta_f^*)^T (\dot{\theta}_f + \gamma_1 e^T P b \left[\frac{\partial \hat{f}}{\partial \theta_f} \right]) + \frac{1}{\gamma_2} (\theta_g - \theta_g^*)^T (\dot{\theta}_g + \gamma_2 e^T P b \left[\frac{\partial \hat{g}}{\partial \theta_g} \right] u_1)$$

Minimisasi e dan $\theta - \theta^*$ dapat dilakukan dengan meminimisasi V dan $dV/dt < 0$ yaitu dengan cara membuat algoritma proses belajar (adaptasi bobot) sedemikian sehingga nilai V minimum dan $dV/dt < 0$. Dalam kasus proses belajar jaringan neural diterapkan pada neurofuzzy, maka persamaan umum berikut dapat digunakan:

$$w(n+1) = w(n) + \eta h(w(n), x(n))$$

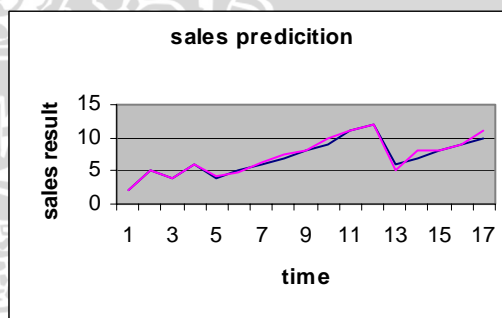
Dengan h adalah sebuah fungsi yang ditentukan oleh struktur jaringan neural yang digunakan. Dengan mengatur h dapat diperoleh fungsi Lyapunov dan turunannya sesuai dengan yang diharapkan (V minimum dan $dV/dt < 0$).

Pada kasus prediksi penjualan, menggunakan data penjualan untuk mendukung pemodelan dan proses belajar untuk menekan error prediksi.

4. SIMULASI

Simulasi dilakukan dengan perangkat lunak Matlab. Simulasi menggunakan data 3 bulan sebelumnya untuk melakukan prediksi kondisi bulan keempat. Proses simulasi dilakukan dengan pembatasan pada beberapa variable dan parameter penjualan.

Hasil prediksi dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 1. Hasil Simulasi

Kurva adalah prediksi penjualan dan data nyata penjualan pada bulan keempat sampai dengan hari ke 20. Masih muncul perbedaan antara data nyata dengan hasil prediksi namun dengan tingkat kesalahan yang kecil.

5. KESIMPULAN

Hasil simulasi memberikan kesempatan untuk lebih mengembangkan neural network, fuzzy logic dan kombinasi keduanya sebagai perangkat prediksi. Akurasi data untuk membangun model (Neurofuzzy) akan menghapus atau meminimalkan kesalahan prediksi.

PUSTAKA

- [1] C Fan Ling, *Advanced Control System*, Prentice Hall, 1996
- [2] D Nauck dan R Kruse, *Designing Neuro-Fuzzy Systems Through Backpropagation*, Kluwer Academic Publisher, 1996

- [3] D. Nauck: *Neuro-Fuzzy Systems: Review and Prospects* Proc. Fifth European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing (EUFIT'97), Aachen, Sep. 8-11, 1997, pp. 1044-1053.
- [4] D.Nauck/Klawonn/Kruse: *Combining Neural Networks and Fuzzy Controllers*. FLAI'93 in Linz/Austria, 1993.
- [5] D.Nauck/Kruse: *A neural fuzzy controller learning by fuzzy error propagation*. NAFIPS '92, Puerto Vallarta, Mexico, 1992
- [6] D.Nauck: *Beyond Neuro-Fuzzy: Perspectives and Directions*. Third European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing (EUFIT'95) in Aachen.
- [7] J. Nie dan D.Linkens, *Fuzzy-Neural Control*, Prentice Hall Inc, 1995
- [8] J.J Slotine dan W. Li, *Applied Non-Linear Control*, Prentice Hall Inc, 1991
- [9] J.S.R Jang dkk, *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*, Prentice Hall Inc, 1997
- [10] K Watanabe, *A Fuzzy-Gaussian Neural Network and Its Application to Mobile Robot Control*, IEEE trans. Control System Tech, 1996
- [11] Kruse/Nauck: *Learning Methods for Fuzzy Systems*. Third German GI-Workshop "Fuzzy-Neuro-Systeme'95", Darmstadt, Germany, November 15 - 17, 1995.
- [12] L.M Fu, *Neural Network in Computer Intelligence*, McGraw Hill, 1994
- [13] L.X Wang, *Adaptive Fuzzy System and Control*, Prentice Hall Inc, 1994
- [14] S. Haykin, *Neural Network*, Macmillan Publishing Co, 1994
- [15] T.Ojala, *Neuro-fuzzy System in Control*, Master Thesis, Tampere University, 1995

