

**PCA**

Archive of SID



(TPM) (Total predictive maintenance)

. [ ]

. [ ]

(Predictive maintenance)

(Total predictive maintenance)

TPM

. [ ]

TPM

TPM .

. [ ]

TPM

TPM

(Imprecise)

TPM .

. [ ]

. [ ]

TPM

(He)

[ ]

(Feedforward)

TPM

Archive of SID



(PCA)

[ ] (Wang Knapp)

soft-max

(Backpropagation)

(SCG) (Scaled Conjugate Gradient)

CNC

[ ] (Lee Becraft)

[ ] (Mrossi Mazzieri Lucifredi)

Javadpur Knapp)

dynamic kriging

(Real

[ ] (Wang Time)

ARTMAP

[ ] (Molina)

(NNMP)

[ ] (Knapp Javadpur)

(Neural Network Maintenance Predictive)

[ ] (Jones Evans Bansal)

ARTMAP

[ ] (Bansal)

[ ]

«Bjest»

MFNN .

Archive of SID

« »

[ ]

$t_k$

$x_k$

(Multilayered Feedforward

(MFNN) Neural Network)

$[0.1]^n$

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T \in \mathbb{R}^n$$

( )

( MFNN)



$$(x_i(k))K$$

$$(w_{ij}(k))$$

:

$$w_{ij}(k+1) = w_{ij}(k) + \Delta w_{ij}(k)$$

$$\Delta w_{ij}(k)$$

:

$$\Delta w_{ij}(k) = F[e_j(k)] = F[t_j(k) - Y_j(k)]$$

(Low)

(Medium)

(y\_j) j

[x\_1, x\_2, ..., x\_n]^T

( )

:

Q

$$Q = \sum_{k=1}^N [Y(x_k) - t_k]^2$$

x

W<sub>ij</sub>

w

:

Q

$$\Delta W_{ij} = -\eta \frac{\partial Q}{\partial W_{ij}}$$

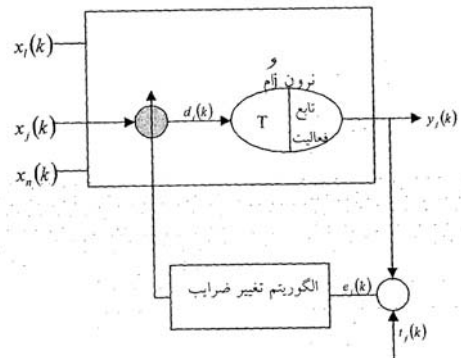
$$\eta \in (0/1)$$

Archive of SID

j

i

( )



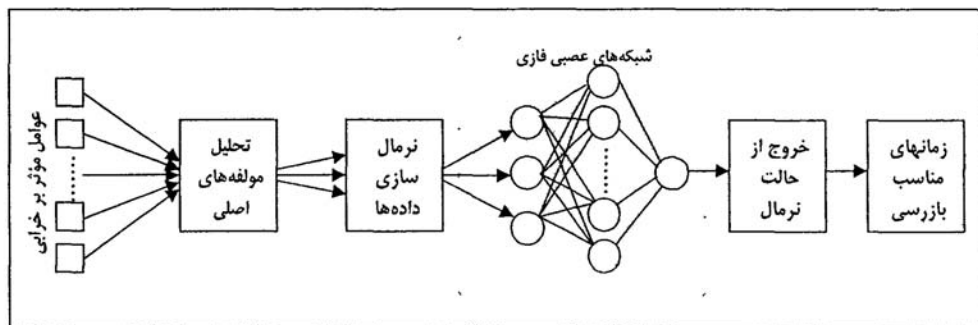
( )

Archive of SID

۱۲	۲/۳۳	۱۷	۳۸	۱۴	۳۸	۲۱۰۰	۴۱	۱۸	۳	۱۴/۲ ۵	۴۴	۱۳/۲ ۵	۴۱	۲۰۴۰	۱
۱۵	۲/۳۳	۱۷	۳۸	۱۷	۳۸	۲۱۰۰	۴۲	۲۵	۳/۱	۱۴/۵	۴۵	۱۴	۴۴	۲۰۶۰	۲
۱۰	۲/۲۸	۱۶	۳۶/۵	۱۵/۲ ۵	۳۶	۲۰۵۰	۴۳	۲۷	۳/۱	۱۴/۷ ۵	۴۶	۱۴/۵	۴۵	۲۰۶۰	۳
۱۰	۲/۳۳	۱۶/۲ ۵	۳۸	۱۶/۲ ۵	۳۸	۲۱۰۰	۴۴	۲۵	۳/۱	۱۴/۵	۴۶	۱۴	۴۵	۲۰۲۰	۴
۱۴	۲/۳	۱۶	۳۸	۱۶	۳۸	۲۱۰۰	۴۵	۴۰	۳/۱	۱۴/۵	۴۶	۱۴/۵	۴۶	۲۱۰۰	۵
۱۵	۲/۳	۱۶	۳۸	۱۶	۳۸	۲۱۰۰	۴۶	۲۵	۳/۲	۱۵	۴۸	۱۴/۵	۴۶	۱۹۸۰	۶
۲۲	۲/۵	۱۶	۴۰	۱۶	۴۰	۲۱۰۰	۴۷	۳۵	۳/۱	۱۵/۵	۴۹	۱۵/۵	۴۷	۲۱۰۰	۷
۲۰	۲/۵	۱۵/۷ ۵	۴۰	۱۵/۲ ۵	۳۸/۷ ۵	۲۰۶۰	۴۸	۳۰	۳/۲	۱۵/۵	۵۰	۱۵/۵	۵۰	۲۱۰۰	۸
۲۴	۲/۵۴	۱۵/۵	۳۹/۵	۱۵/۵	۳۹/۵	۲۱۰۰	۴۹	۳۵	۳/۲	۱۵/۵	۴۹	۱۵/۵	۴۹	۲۱۰۰	۹
۱۴	۲/۵۹	۱۵/۲ ۵	۳۹/۵	۱۵/۲ ۵	۳۹/۵	۲۱۰۰	۵۰	۳۵	۳/۲	۱۵	۴۸	۱۵	۴۸	۲۱۰۰	۱۰
۳۲	۲/۹	۱۵/۷ ۵	۴۱/۵	۱۵/۷ ۵	۴۱/۵	۲۱۰۰	۵۱	۳۵	۳	۱۶	۴۹	۱۵/۵	۴۸	۲۰۵۰	۱۱
۳۵	۲/۹	۱۵/۷ ۵	۴۱/۵	۱۵/۷ ۵	۴۱/۵	۲۱۰۰	۵۲	۳۰	۳/۱	۱۶	۵۰	۱۶	۵۰	۲۱۰۰	۱۲
۲۰	۲/۹	۱۶	۴۲	۱۶	۴۲	۲۱۰۰	۵۳	۴۰	۳	۱۵/۵	۴۶	۱۶/۲ ۵	۴۸	۲۱۶۰	۱۳
۳۰	۲/۶	۱۵/۵	۴۱	۱۵/۵	۴۱	۲۱۰۰	۵۴	۲۴	۳/۳	۱۵	۴۹	۱۵	۴۹	۲۱۰۰	۱۴
۳۶	۲/۶	۱۶/۵	۴۲/۷ ۵	۱۵/۵	۴۰/۷ ۵	۲۰۲۰	۵۵	۲۰	۳/۱	۱۴/۵	۴۵	۱۶	۵۱	۲۱۸۰	۱۵
۳۸	۲/۵	۱۶/۵	۴۲/۷ ۵	۱۶/۵	۴۲/۷ ۵	۲۱۰۰	۵۶	۸	۳/۳	۱۴/۷ ۵	۵۰	۱۴/۷ ۵	۵۰	۲۱۰۰	۱۶
۳۵	۲/۵	۱۷	۴۲/۷ ۵	۱۷/۵	۴۴	۲۱۵۰	۵۷	۱۴	۳/۵	۱۴	۴۹	۱۴	۴۹	۲۱۰۰	۱۷
۳۵	۲/۵	۱۵	۳۷/۵	۱۷	۴۱/۲ ۵	۲۱۵۰	۵۸	۱۲	۳/۵	۱۴	۴۹/۵	۱۴	۴۹/۵	۲۱۰۰	۱۸

۳۲	۲/۴	۱۶/۵	۴۰	۱۵/۲ ۵	۳۸	۲۱۵۰	۵۹	۱۶	۳/۶۹	۱۳/۲ ۵	۴۹	۱۲/۵	۴۸	۲۰۰۰	۱۹
۲۸	۲/۳	۱۷/۵	۴۱	۱۷/۵	۴۱	۲۰۶۰	۶۰	۶	۲/۸	۱۵	۴۳	۱۵	۴۳	۲۱۰۰	۲۰
۲۶	۲/۲	۱۷/۷ ۵	۴۰	۱۷/۷ ۵	۴۰	۲۱۰۰	۶۱	۱۵	۲/۸	۱۵	۴۴	۱۵/۵	۴۴	۲۱۰۰	۲۱
۲۰	۲/۲	۱۷/۷ ۵	۴۰	۱۷/۷ ۵	۴۰	۲۱۰۰	۶۲	۶	۲/۶	۱۶	۴۱	۱۶	۴۱	۲۱۰۰	۲۲
۲۰	۲/۴	۱۷/۲ ۵	۴۲/۹	۱۹	۴۴/۲ ۵	۲۱۴۰	۶۳	۱۸	۲۲/۶	۱۶	۴۱	۱۶	۴۱	۲۱۰۰	۲۳
۱۲	۲/۲	۱۹/۵	۴۳	۱۹/۵	۴۳	۲۱۰۰	۶۴	۲۲	۲/۵	۱۵/۵	۳۹	۱۶	۴۱	۲۱۵۰	۲۴
۱۶	۲/۱۹	۱۸/۷ ۵	۴۱	۱۸/۷ ۵	۴۱	۲۱۰۰	۶۵	۱۵	۲/۵	۱۵/۵	۳۹	۱۵/۵	۳۹	۲۱۰۰	۲۵
۹	۲/۲	۱۷/۷ ۵	۳۹/۵	۱۸	۴۱/۵	۲۲۰۰	۶۶	۱۶	۲/۵	۱۵/۵	۳۹	۱۵/۵	۳۹	۲۱۰۰	۲۶
۱۰	۲/۵	۱۶	۴۰	۲۴	۴۰	۲۴۰۰	۶۷	۱۸	۲/۶	۱۶/۵	۴۲/۵	۱۵	۳۹	۲۰۱۰	۲۷
۱۰	۳/۲۵	۱۲	۳۹	۱۲	۳۹	۲۱۰۰	۶۸	۲۶	۲/۶	۱۶	۴۱	۱۷/۲ ۵	۴۳	۲۱۵۰	۲۸
۱۰	۳/۷	۱۱/۲ ۵	۴۲	۱۱/۲ ۵	۴۲	۲۱۰۰	۶۹	۴۰	۲/۶	۱۵/۲ ۵	۳۹/۵	۱۵/۲ ۵	۳۹/۵	۲۱۰۰	۲۹
۱۲	۳/۷	۱۱/۲ ۵	۴۲	۱۱/۲ ۵	۴۲	۲۱۰۰	۷۰	۳۴	۲/۵	۱۵/۲ ۵	۳۸/۷ ۵	۱۵/۲ ۵	۳۸/۷ ۵	۲۱۰۰	۳۰
۱۸	۳/۶	۱۱/۵	۴۱/۵	۱۱/۵	۴۱/۵	۲۱۰۰	۷۱	۳۵	۲/۵	۱۶	۳۹/۵	۱۶	۳۹/۵	۲۱۰۰	۳۱
۱۸	۳/۴۷	۱۳/۲ ۵	۴۶	۱۱/۵	۴۲	۲۰۲۰	۷۲	۴۰	۲/۵	۱۶	۳۹/۵	۱۶	۳۹/۵	۲۱۰۰	۳۲
۲۴	۳/۳۸	۱۳	۴۴	۱۳/۷ ۵	۴۶	۲۱۴۰	۷۳	۴۰	۲/۵	۱۶	۳۹/۵	۱۶	۳۹/۵	۲۱۰۰	۳۳
۱۸	۳/۲	۱۳	۴۲	۱۳	۴۲	۲۱۰۰	۷۴	۳۵	۲/۴۷	۱۷	۴۲	۱۵/۵	۳۹/۵	۲۰۵۰	۳۴
۲۵	۳/۶	۱۱	۴۰	۱۲/۵	۴۳	۲۱۶۰	۷۵	۳۰	۲/۳	۱۷	۳۹	۱۸/۷ ۵	۴۲/۵	۲۱۸۰	۳۵
۲۴	۳/۵	۱۲	۴۲	۱۲	۴۲	۲۱۰۰	۷۶	۴۰	۲/۳	۱۶/۵	۳۸/۵	۱۶/۵	۳۸/۵	۲۱۰۰	۳۶
۲۸	۳/۶	۱۲/۵	۴۶	۱۱	۴۲	۲۰۴۰	۷۷	۴۰	۲/۳	۱۶/۵	۳۸/۵	۱۶/۵	۳۸/۵	۲۱۰۰	۳۷
۴۰	۳/۴	۱۱/۵	۴۰	۱۲/۵	۴۶	۲۱۶۰	۷۸	۳۰	۲/۲	۱۸	۴۰	۱۸	۴۰	۲۱۰۰	۳۸
۳۸	۳/۴	۱۱/۷ ۵	۴۰	۱۱/۷ ۵	۴۰	۲۱۰۰	۷۹	۳۰	۲/۲	۱۸	۴۰	۱۸	۴۰	۲۱۰۰	۳۹
۴۰	۳/۶	۱۲	۴۰	۱۲	۴۰	۲۱۰۰	۸۰	۱۶	۲/۲۳	۱۷	۳۸	۱۷	۳۸	۲۱۰۰	۴۰

TPM  
ARC



$$m = \frac{H-L}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad b = \frac{X_{\max} \cdot L - X_{\min} \cdot H}{X_{\max} - X_{\min}}$$

$$X_n = \frac{2(X - X_{\min})}{X_{\max} - X_{\min}} - 1$$

[L, H]

( )

( )

[ ]

( )

[ ]

(ANFIS)

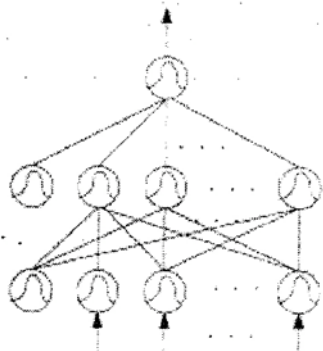
(Adaptive-Neuro-Fuzzy Inference Systems)

[ ]

(Jang)

[ ]

SPSS



[L, H]

$$X_{\text{scaled}} = mX_i + b$$





(MFNN)

(Backpropagation)

$$R^2 = \frac{(\sum (R_i - \bar{R})(\hat{R}_i - \bar{\hat{R}}))^2}{(\sum (R_i - \bar{R})^2 \sum (\hat{R}_i - \bar{\hat{R}})^2)}$$

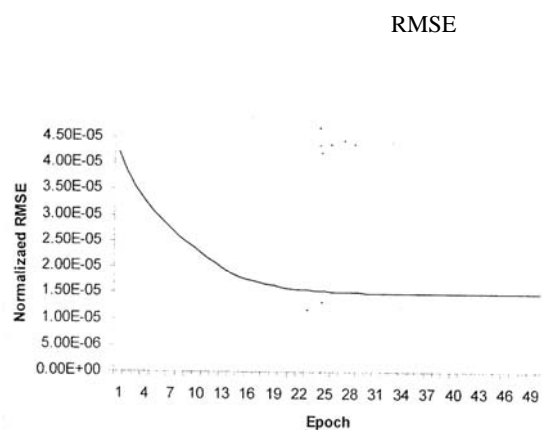
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (R_i - \hat{R}_i)^2}$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |R_i - \hat{R}_i|$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum \frac{|R_i - \hat{R}_i|}{R_i}$$

$$NMSE = \frac{1}{n} \sum \frac{(R_i - \hat{R}_i)^2}{R_i^2}$$

R <sup>2</sup>	MAE	MAPE	NMSE	MSE	RMSE	
۰/۹۹۹۹	۱۶/۹۶۳۷	۰/۲۸۹۲	۰/۰۰۰۱۷	۲۶۶۸/۶	۵۱/۶۵۸	شبکه‌های عصبی فازی



&lt;x&lt;

( )

( )

عدم بازرسی	۲۱۲۴/۶	۶۱	بازرسی	۲۱۷۶/۸	۴۱	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۲۱	بازرسی	۲۰۴۰	۱
بازرسی	۲۱۸۸/۵	۶۲	عدم بازرسی	۲۱۰۶/۶	۴۲	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۲۲	بازرسی	۲۰۶۰	۲
بازرسی	۲۱۹۰	۶۳	بازرسی	۲۱۸۹/۶	۴۳	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۲۳	بازرسی	۲۰۶۰	۳
بازرسی	۲۱۹۰	۶۴	عدم بازرسی	۲۱۲۳/۸	۴۴	بازرسی	۲۱۵۰	۲۴	بازرسی	۲۰۲۰	۴
بازرسی	۲۱۹۰	۶۵	عدم بازرسی	۲۰۹۵/۶	۴۵	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۲۵	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۵
بازرسی	۲۱۹۰	۶۶	عدم بازرسی	۲۰۸۹/۲	۴۶	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۲۶	بازرسی	۱۹۸۰	۶
بازرسی	۲۱۹۰	۶۷	عدم بازرسی	۲۱۲۶/۴	۴۷	بازرسی	۲۰۱۰	۲۷	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۷
بازرسی	۲۱۸۵/۲	۶۸	بازرسی	۲۱۶۰	۴۸	بازرسی	۲۱۵۰	۲۸	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۸
بازرسی	۲۱۹۰	۶۹	بازرسی	۲۱۶۹	۴۹	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۲۹	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۹
بازرسی	۲۱۹۰	۷۰	بازرسی	۲۱۴۳	۵۰	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۳۰	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۱۰
بازرسی	۲۱۹۰	۷۱	عدم بازرسی	۲۰۷۷/۸	۵۱	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۳۱	بازرسی	۲۰۵۰	۱۱
بازرسی	۲۱۹۰	۷۲	عدم بازرسی	۲۰۷۳/۱	۵۲	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۳۲	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۱۲
عدم بازرسی	۲۱۲۱/۵	۷۳	بازرسی	۲۱۵۷/۶	۵۳	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۳۳	بازرسی	۲۱۶۰	۱۳
بازرسی	۲۱۸۷/۲	۷۴	بازرسی	۲۱۶۳/۵	۵۴	بازرسی	۲۰۵۰	۳۴	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۱۴
بازرسی	۲۱۹۰	۷۵	بازرسی	۲۰۶۰/۴	۵۵	بازرسی	۲۱۸۰	۳۵	بازرسی	۲۱۸۰	۱۵
بازرسی	۲۱۹۰	۷۶	بازرسی	۲۲۰۰/۲	۵۶	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۳۶	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۱۶
بازرسی	۲۱۹۰	۷۷	بازرسی	۲۱۹۰	۵۷	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۳۷	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۱۷
بازرسی	۲۱۹۰	۷۸	عدم بازرسی	۲۱۰۰/۸	۵۸	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۳۸	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۱۸
بازرسی	۲۱۹۰	۷۹	عدم بازرسی	۲۰۹۵/۹	۵۹	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۳۹	بازرسی	۲۰۰۰	۱۹
بازرسی	۲۱۹۰	۸۰	بازرسی	۲۱۹۸/۱	۶۰	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۴۰	عدم بازرسی	۲۱۰۰	۲۰

7. He Z. Wu M. Gong B, (1992) Neural network and its application on machinery fault diagnostics. IEEE International Conference on Systems Engineering; 576-579.

8. Knapp GM. Wang HP, (1992) Machine fault classification: A neural network approach. J Production Research; 811-823.

9. Becraft WR. Lee P L, (1993) An integrated neural network/expert system approach for fault diagnosis. J Computers and Chemical Engineering; 1001-1014.

10. Knapp G M. Javadpour R. Wang HP, (2000) An ARTMAP neural network-based machine condition monitoring system. J Quality in Maintenance Engineering; 86-105.

11. Bansal D. Evans DJ. Jones B, (2005) Application of a real-time predictive maintenance system to a production machine system. J Machine tools and manufacture; 1210-1221.

12. Lucifredi A. Mazziari C. Mrossi, (2000) Application of Multiregressive Linear models, dynamic kriging models and neural network models to predictive maintenance of Hydroelectric power systems, Mechanical systems and signal processing; 14(3), 471-494.

13. Molina J.M. Isasi P. Berlanga A. Sanchis A, (2000) Hydroelectric power plant management relying on neural networks and expert system integration, Engineering Applications of Artificial Intelligence; 13, 357-369.

14. Bansal D. Evans D. Jones B, (2006) A reverse algorithm for the real-time predictive maintenance system, International Journal of Machine Tools & Manufacture; (46) 1068-1078.

15. Wittkemper H. Steiner M, (1996) Using neural networks to forecast the systematic risk of stocks. J European Journal of Operational research; 577-588.

16. Kim Yong Seog, (2004) An intelligent system for customer targeting: a data mining approach. J Decision Support Systems; 215-228.

17. Spearman C, (1904) General intelligence: objectively determined and measured, American Journal of Psychology; (15) 92-201.

19. Wilson ID. Paris SD. Ware JA. Jenkins DH, (2002) Residential property price time series forecasting with neural networks, Knowledge-based systems; 335-341.

(PCA)

1. Javadpour R. Knapp GM, (2003) A fuzzy neural network approach to machine condition monitoring. J Computers and industrial engineering; 323-330.

( )

( )

( )

5. Swanson I, (2001) Linking maintenance Strategies to performance. J Production economic; 237-244.

6. Mitra S. Pal S K, (1995) Fuzzy multi-layer perceptron, inferencing and rule generation. IEEE Transaction on Neural Networks; 51-63.

21. Jang JSR, (1993) ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*; 665-685.

20. Jang JS R, (1991) Fuzzy Modeling Using Generalized Neural Networks and Kalman Filter Algorithm, *Proc. Of the Ninth National Conf. on Artificial Intelligence (AAAI-91)*; 762-767.

Archive of SID

/

/

/

/

/