

# Εκτίμηση της Ποιότητας Συνεργατικών Αλληλεπιδράσεων με Χρήση Νευροασαφούς Μοντέλου Πρόβλεψης

Σοφία Ι. Χατζηλεοντιάδου  
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός- Μέλος Σ.Ε.Π. Ε.Α.Π.  
Αλεξανδρούπολη, Ελλάδα  
shadji@ee.duth.gr

Λεόντιος Ι. Χατζηλεοντιάδης  
Δρ. Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών-Επίκουρος Καθηγητής Α.Π.Θ.  
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα  
leontios@auth.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία προτείνεται το νευροασαφές μοντέλο *Collaboration/Metacognition-Adaptive Fuzzy Model (C/M-AFM)* το οποίο, μοντελοποιώντας τη σχέση δεικτών που εκφράζουν την ποιότητα των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων συνεργαζόμενων μέσω υπολογιστή κατά μήκος προηγούμενων βημάτων συνεργασίας, μπορεί να προβαίνει σε εκτίμηση της αναμενόμενης ποιότητας των συνεργατικών αλληλεπιδράσεών τους στο επόμενο βήμα συνεργασίας. Συγκριτικά αποτελέσματα μοντελοποίησης της παραπάνω σχέσης με χρήση νευρωνικών δικτύων και πολλαπλής παλινδρόμησης, αποδεικνύουν την καλύτερη απόδοση του προτεινόμενου μοντέλου *C/M-AFM*.

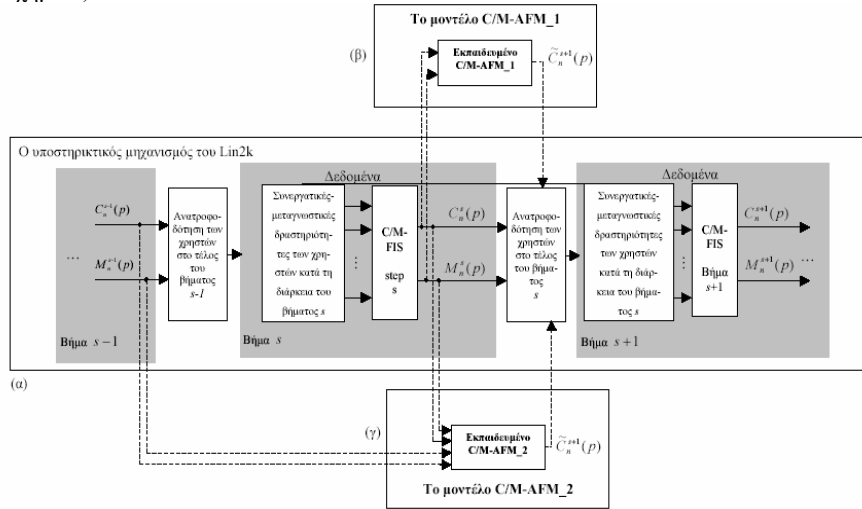
**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *C/M-AFM*, μοντελοποίηση συνεργατικών αλληλεπιδράσεων, *CSC*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεργασία μέσω υπολογιστή επιτρέπει την καταχώρηση των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων. Με χρήση κατάλληλων ενδιάμεσων μεταβλητών είναι δυνατή η ποσοτικοποίηση της ποιότητάς τους με κατάλληλους δείκτες, ανά ενότητα-βήμα συνεργασίας (Hadjileontiadou, 2003). Η περαιτέρω μοντελοποίηση της σχέσης των δεικτών αυτών, κατά μήκος βημάτων συνεργασίας, οδηγεί στην κατανόηση της συνεργατικής στρατηγικής που ακολουθείται από κάθε συνεργαζόμενο, σε προηγούμενα βήματα συνεργασίας, και ακολούθως στην εκτίμηση του δείκτη ποιότητας του επερχόμενου βήματος συνεργασίας. Η παραπάνω μοντελοποίηση αφορά στην εξαγωγή γνώσης από τις τιμές των δεικτών με χρήση κατάλληλων αλγόριθμων με ικανότητα πρόβλεψης (Jermann, 2001). Στην παρούσα εργασία προτείνεται το νευροασαφές μοντέλο *C/M-AFM (Collaboration/Metacognition-Adaptive Fuzzy Model)*, το οποίο αξιοποιεί τα χαρακτηριστικά των νευρωνικών δικτύων για να μοντελοποιήσει τη σύνθετη σχέση των υπόψη δεικτών που υπολογίζει το συνεργατικό εργαλείο *Lin2k* (Hadjileontiadou, 2003). Επιπλέον, αξιοποιώντας τα χαρακτηριστικά της ασαφούς λογικής καθιστά αντιληπτή τη δομή του, με τη μορφή κανόνων τύπου IF/THEN (Horikawa, 1992). Η υλοποίηση του *C/M-AFM* και η σύγκρισή της απόδοσής του με μοντέλα πολλαπλής παλινδρόμησης (Multiple regression, MR) και νευρωνικών δικτύων (Multilayer Perceptron, MLP) περιγράφεται στη συνέχεια.

### ΤΟ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ C/M-AFM

Το C/M-AFM μοντελοποιεί τη σχέση των δεικτών  $C_n^s(p)$  και  $M_n^s(p)$  του Lin2k, όπου  $n = A, B$  συνεργαζόμενοι,  $p = 1, \dots, N$  το ζεύγος συνεργατών και  $s = 1, \dots, L$  το βήμα συνεργασίας (βλ. Σχήμα 1).



**Σχήμα 1:** (α) Υποστηρικτικός μηχανισμός του Lin2k σε συνδυασμό με το (β) C/M-AFM\_1 ή του (γ) C/M-AFM\_2 μοντέλων κατά τη διάρκεια του βήματος  $s$  της συνεργασίας.

Ο δείκτης  $C_n^s(p)$  εκφράζει το ποσοστό συμβολής κάθε συνεργαζόμενου στη συνολική ποιότητα των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων του ζεύγους (0%-100%). Ο δείκτης  $M_n^s(p)$  αντανακλά τη μεταγνωστική πρόθεση του συνεργαζόμενου για βελτίωση της ποιότητας των συνεργατικών του αλληλεπιδράσεων στο επόμενο βήμα συνεργασίας (0% καμία -100% πλήρης βελτίωση). Τιμές των παραπάνω δεικτών κατά μήκος των βημάτων συνεργασίας χρησιμοποιούνται για την εκπαίδευση του C/M-AFM, μέσω της οποίας προσδιορίζεται η δομή του. Εξετάστηκαν δυο σενάρια εκπαίδευσης που οδήγησαν στην ανάπτυξη των μοντέλων C/M-AFM\_1 και C/M-AFM\_2 (βλ. Σχήμα 1). Με βάση τα διανύσματα (1) και (2) ορίστηκε ο πίνακας  $x$  (3) γνωστών δεδομένων εισόδου-εξόδου (οι δυο πρώτες και η τρίτη στήλη, αντίστοιχα) για την εκπαίδευση του μοντέλου C/M-AFM\_1. Όταν στο εκπαιδευμένο C/M-AFM\_1 εισαχθούν νέα δεδομένα εισόδου του βήματος  $s$  όπως παραπάνω, αυτό εξάγει το διάνυσμα (4).

$$C_n^s(p) = [C_n^s(1), \dots, C_n^s(N)]^T \quad (1)$$

$$M_n^s(p) = [M_n^s(1), \dots, M_n^s(N)]^T \quad (2)$$

$$\tilde{y} = [\tilde{C}_A^2(p), \tilde{C}_A^3(p), \dots, \tilde{C}_A^L(p), \tilde{C}_B^2(p), \tilde{C}_B^3(p), \dots, \tilde{C}_B^L(p)]^T, \quad (4)$$

$$x = \begin{bmatrix} C_A^1(p) & M_A^1(p) & C_A^2(p) \\ C_A^2(p) & M_A^2(p) & C_A^3(p) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ C_A^{L-1}(p) & M_A^{L-1}(p) & C_A^L(p) \\ C_B^1(p) & M_B^1(p) & C_B^2(p) \\ C_B^2(p) & M_B^2(p) & C_B^3(p) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ C_B^{L-1}(p) & M_B^{L-1}(p) & C_B^L(p) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Με ανάλογο τρόπο δομείται ο αντίστοιχος πίνακας και το διάνυσμα εξόδου του C/M-AFM\_2. Προκειμένου να μπορεί το C/M-AFM\_2 να εξάγει εκτίμηση από δεύτερο βήμα,

χρησιμοποιήθηκαν αρχικές συνθήκες  $C_n^0(p) = M_n^0(p) = 0$  κατά την εκπαίδευσή του.

Η υλοποίηση των μοντέλων έγινε με το λογισμικό Adaptive Fuzzy Model AFM (AFM 2.0, 1998), με δεδομένα από τη συνεργασία 14 ζευγών φοιτητών μηχανικών του ΑΠΘ (10<sup>ο</sup> εξάμηνο), για  $s = 6$ . Με κατάλληλη παρεμβολή, αυτά αυξήθηκαν σε ισοδύναμο πλήθος 64 ζευγών, 50 από τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την εκπαίδευση και τα υπόλοιπα για τον έλεγχο της απόδοσης των μοντέλων. Με μέσο τετραγωνικό σφάλμα εκπαίδευσης (RMSE) 0.03053 για το C/M-AFM\_1 και 0.01745 για το C/M-AFM\_2 προέκυψαν 25 και 625 κανόνες που περιγράφουν τη δομή τους αντίστοιχα. Στον Πίνακα 1 παρατίθενται τα RMSE ελέγχου των C/M-AFM\_1 και C/M-AFM\_2, όπως επίσης και τα RMSE από τη μοντελοποίηση των σεναρίων 1 και 2 με χρήση των αλγορίθμων MR και MLP. Από τον πίνακα αυτό προκύπτει η καλύτερη απόδοση των μοντέλων C/M-AFM σε σχέση με τις άλλες μεθόδους μοντελοποίησης. Επιπλέον, δεν προκύπτει στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών  $\tilde{C}_n^{s+1}(p)$  που εξάγουν τα δυο σενάρια για όλες τις μεθόδους ( $p > 0.05$ ), γεγονός που υπογραμμίζει την αποτελεσματικότητα του υποστηρικτικού μηχανισμού του Lin2k και οδηγεί στην επιλογή του C/M-AFM\_1 με τη μικρότερη πολυπλοκότητα δομής.

Μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMSE) πρόβλεψης (μέση τιμή των $n = A, B$ ανά βήμα συνεργασίας)						
Αριθμός βήματος συνεργασίας	Σενάριο 1			Σενάριο 2		
	Πολλαπλή παλινδρόμηση MR	Νευρωνικό δίκτυο MLP	Νευροασαφές δίκτυο C/M-AFM 1	Πολλαπλή παλινδρόμηση MR	Νευρωνικό δίκτυο MLP	Νευροασαφές δίκτυο C/M-AFM 2
2	0.309221	0.2008	0.0350	0.4100	0.1728	0.0554
3	0.151194	0.0901	0.0640	0.1347	0.0948	0.0751
4	0.177576	0.1434	0.0906	0.1154	0.2516	0.0403
5	0.286849	0.1594	0.0416	0.3016	0.1424	0.0518
6	0.244267	0.1214	0.0823	0.2285	0.1531	0.0842
Μέσο τετραγωνικό σφάλμα πρόβλεψης ± τυπική απόκλιση κατά μήκος όλων των βημάτων (RMSE±std)						
	±0.233821 ±0.0682	±0.1432 ±0.0413	±0.0627 ±0.0244	±0.2380 ±0.1219	±0.1630 ±0.0573	±0.0614 ±0.0179

Πίνακας 1. Σύγκριση της απόδοσης των MR, MLP και AFM μοντέλων πρόβλεψης

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει την διερεύνηση για την ανάπτυξη και αξιολόγηση του νευροασαφούς μοντέλου C/M-AFM τα οποία έχει τη δυνατότητα εκτίμησης της ποιότητας των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων. Η χρήση περισσότερων δεδομένων θα συμβάλει στην περαιτέρω βελτιστοποίησή του, ο μικρός δε χρόνος της απόκρισής του σε νέα δεδομένα (λιγότερο από 1 sec σε PC Pentium IV 2.8 GHz), επιτρέπει την ενσωμάτωσή του και σε σύγχρονα συνεργατικά περιβάλλοντα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adaptive Fuzzy Modeler (AFM 2.0), STMicroelectronics (1998), available at <http://www.stmcu.com/modules.php?name=mcu&file=mdtdocs>
- Hadjileontiadou, S.J., Nikolaidou, G.N., Hadjileontiadis, L.J. & Balafoutas, G.N. (2003), A Fuzzy Logic Evaluating System to Support Web-Based Collaboration Using Collaborative and Metacognitive Data, In V. Devedzic, M. Spector, D. Sampson, Kinshuk (Eds.), 3<sup>rd</sup> IEEE International Conference on *Advanced Learning Technologies, Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2003)*, 96-100, IEEE Computer Society
- Horikawa, S., Furuhashi, T. & Uchikawa, Y. (1992), On fuzzy modeling using fuzzy neural networks with the back-propagation algorithm, *IEEE Transaction on Neural Networks*, 3(5), 643-662
- Jermann, P., Soller, A. & Muehlenbrock, M. (2001), From mirroring to guiding: A review of the state of the art technology for supporting collaborative learning, *Proceedings of the 1st European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning*, 324-331, Maastricht, The Netherlands

