ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2006)

5ο Συνέδριο ΕΤΠΕ «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Η Διαισθητική Ασαφής Λογική ως Καινοτόμο Μέσο Μοντελοποίησης: Εφαρμογή στην Επαγγελματική Μάθηση

Σοφία Χατζηλεοντιάδου, Μαρία Γραβάνη, Γεωργία Νικολαΐδου, Λεόντιος Χατζηλεοντιάδης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Χατζηλεοντιάδου Σ., Γραβάνη Μ., Νικολαΐδου Γ., & Χατζηλεοντιάδης Λ. (2026). Η Διαισθητική Ασαφής Λογική ως Καινοτόμο Μέσο Μοντελοποίησης: Εφαρμογή στην Επαγγελματική Μάθηση. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, *1*, 032–040. ανακτήθηκε από https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/9046

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 25/02/2026 03:33:01

Η ΔΙΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΑΣΑΦΗΣ ΛΟΓΙΚΗ ΩΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟ ΜΕΣΟ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ

Σοφία Χατζηλεοντιάδου

Μέλος Σ.Ε.Π.
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (Ε.Α.Π.)
shadji@ee.duth.gr

Μαρία Γραβάνη

Trinity College Dublin
Dublin, Republic of Ireland
gravanim@tcd.ie

Γεωργία Νικολαΐδου

Graduate School of Education
Bristol, UK
g.nikolaidou@bris.ac.uk

Λεόντιος Χατζηλεοντιάδης

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
leontios@auth.gr

Περίληψη

Η διαισθητική ασαφής λογική επεκτείνει την ασαφή λογική προς την κατεύθυνση της δυνατότητας διατύπωσης της αβεβαιότητας και της διστακτικότητας κατά τη μοντελοποίηση διαδικασιών συμπερασματολογίας. Η δυνατότητα αυτή αποτελεί καινοτόμο μέσο αξιολόγησης, κυρίως ποιοτικών δεδομένων, που προκύπτουν στα πλαίσια της εκπαιδευτικής έρευνας και ως τέτοιο προτείνεται στην παρούσα εργασία. Αρχικά παρέχεται ένα βασικό γνωστικό υπόβαθρο της διαισθητικής ασαφούς λογικής και περιγράφεται η δυνατότητα αξιοποίησής της για την επέκταση των ασαφών συστημάτων (Fuzzy Inference Systems, FIS) σε διαισθητικά ασαφή συστήματα (Intuitionistic Fuzzy Systems, IFS). Ακολούθως περιγράφεται ένα θεωρητικό σχήμα εξαγωγής αξιολογικών κρίσεων σχετικά με την ποιότητα της επαγγελματικής μάθησης με βάση παραμέτρους που την επηρεάζουν. Χρησιμοποιώντας δεδομένα που προέκυψαν από συγκεκριμένο πρόγραμμα ενδοϋπηρεσιακής επιμόρφωσης καθηγητών προτείνεται ένα IFS το οποίο υλοποιεί το παραπάνω σχήμα και επεκτείνει τις δυνατότητες προγενέστερου, αντίστοιχου, FIS. Από τη σύγκριση των εξόδων των δυο συστημάτων προκύπτουν χρήσιμα συμπεράσματα που αφορούν στην προτεινόμενη μοντελοποίηση δεδομένων με χρήση της διαισθητικής ασαφούς λογικής.

Λέξεις Κλειδιά

Διαισθητική ασαφής λογική, Μοντελοποίηση, Επαγγελματική μάθηση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μοντελοποίηση υπάρχουσας αλλά μη αυστηρά καθορισμένης πληροφορίας με χρήση κανόνων τύπου IF/THEN αποτελεί μια πρόκληση. Όταν η ασάφεια αφορά στην αδυναμία περιγραφής, μέσα από μια δίτιμη προσέγγιση, της ικανοποίησης ή μη των καταστάσεων που περιγράφουν οι κανόνες, τότε η χρήση της ασαφούς λογικής αποδεικνύεται αποτελεσματική, καθώς εξασφαλίζει την ήπια μετάβαση από τη μια κατάσταση στην άλλη, επιτρέποντας τη μοντελοποίηση και ενδιάμεσων καταστάσεων. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη ενός έμπειρου συστήματος εκπαιδευτικής αξιολόγησης μπορεί να γίνει με βάση τη γνώση ενός ειδικού του χώρου (π.χ., εκπαιδευτικού), με κανόνες τύπου Mamdani (Tsoukalas & Uhrig 1996), όπως:

> «IF η επίδοση στα μαθηματικά είναι *χαμηλή* THEN η συνολική βαθμολογία είναι *μέτρια*». (1)

Οι εκφράσεις 'επίδοση στα μαθηματικά' και 'συνολική βαθμολογία' αποτελούν τις μεταβλητές εισόδου (IF μέρος) και εξόδου (THEN μέρος) του κανόνα, αντίστοιχα. Οι λέξεις *χαμηλή* και *μέτρια* αποτελούν καθορισμένα σύνολα τιμών που χαρακτηρίζουν τις αντίστοιχες μεταβλητές. Κατά τη δίτιμη προσέγγιση, η τιμή μιας μεταβλητής μπορεί να ανήκει στο αντίστοιχο σύνολο τιμών (οπότε χαρακτηρίζεται ανάλογα) ή να μην ανήκει. Αντίθετα, η ασαφής λογική επιτρέπει την ευέλικτη περιγραφή του 'ανήκειν' σε ένα καθορισμένο σύνολο, με χρήση κατάλληλης συνάρτησης συμμετοχής. Αυτή εκφράζει άπειρες δυνατότητες συμμετοχής των τιμών της μεταβλητής στο υπόψη σύνολο, αντιστοιχώντας τες σε τιμές στο διάστημα [0,1] (το 0 σημαίνει μη συμμετοχή, ενώ το 1 πλήρη συμμετοχή). Η διαχείριση αυτού του είδους της ασάφειας επέτρεψε με οικονομικό και ταυτόχρονα αποτελεσματικό τρόπο τη μοντελοποίηση σύνθετων προβλημάτων με χρήση *συστημάτων ασαφούς λογικής* (Fuzzy Inference Systems, FIS), όπως συστήματα ελέγχου, λήψης απόφασης καθώς και έμπειρων συστημάτων σε ευρύτερα επιστημονικά πεδία (Tsoukalas & Uhrig 1996), αλλά και στο χώρο της εκπαίδευσης (Hadjileontiadou et al. 2004).

Υπάρχουν ωστόσο καταστάσεις στις οποίες η ασάφεια αφορά στην αβεβαιότητα της διαθέσιμης πληροφορίας. Παραδείγματα αυτών των καταστάσεων περιλαμβάνουν καταστάσεις αβεβαιότητας σχετικές με την ακρίβεια παρατηρήσεων, στην αβεβαιότητα των ληπτών απόφασης να εκφράσουν σαφώς τις προτιμήσεις τους ή στην αδυναμία ενός ειδικού να διατυπώσει με βεβαιότητα τους κανόνες ενός έμπειρου συστήματος. Συνεπώς, πέρα από την ανάγκη μοντελοποίησης της δυνατότητας η τιμή μιας μεταβλητής να ανήκει λίγο ή περισσότερο σε ένα σύνολο που εκφράζεται με την συνάρτηση συμμετοχής, εμφανίζεται η ανάγκη μοντελοποίησης και της αβεβαιότητας του αν ανήκει στο υπόψη σύνολο, στα πλαίσια της συμπερασματολογίας με χρήση των κανόνων τύπου IF/THEN. Επιπλέον, σε καταστάσεις όπως οι παραπάνω, μπορεί να υπεισέλθει και ο παράγοντας 'διστακτικότητα', ο οποίος επίσης θα πρέπει να μπορεί να συνεκτιμηθεί κατά τη μοντελοποίηση. Η αδυναμία των FIS να καλύψουν την παραπάνω ανάγκη, οδήγησε στη επέκτασή τους σε FIS δεύτε-

ρης τάξης, ή διαισθητικά ασαφή συστήματα (Intuitionistic Fuzzy Systems, IFS) (Atanassov 1999). Έτσι, τα IFS πέρα από τη θετική πληροφορία που εκφράζεται με τη συνάρτηση συμμετοχής σε ένα σύνολο, εισάγουν και τη δυνατότητα διατύπωσης 'αρνητικής' πληροφορίας, μέσω της 'συνάρτησης μη συμμετοχής' σε ένα σύνολο. Επιπλέον, παρέχουν τη δυνατότητα να εκφραστεί μαθηματικά και η έννοια της διστακτικότητας, γεγονός που οδηγεί στην επαρκέστερη και συνεπώς αντικειμενικότερη αποτύπωση της πραγματικότητας. Ασάφεια, αβεβαιότητα, και διστακτικότητα υπεισέρχονται σε σημαντικό βαθμό σε θέματα μοντελοποίησης των παραγόντων που καθορίζουν μαθησιακές καταστάσεις και επιτρέπουν κατά περίπτωση την εξαγωγή αξιολογικών κρίσεων σχετικά με αυτές. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η μοντελοποίηση των παραγόντων που καθορίζουν την ποιότητα της επαγγελματικής μάθησης των εκπαιδευτικών, που στην παρούσα μελέτη γίνεται αντιληπτή ως η διαδικασία ανάπτυξης του επαγγελματισμού ή της επαγγελματικότητας των εκπαιδευτικών ή και των δύο (Evans 2002) στα πλαίσια του επιμορφωτικού προγράμματος στο οποίο αυτοί πήραν μέρος. Στο πλαίσιο αυτό, όπου παράγοντες που εμπεριέχουν αβεβαιότητα όπως το 'ψυχολογικό κλίμα' είναι αναγκαίο να συνεκτιμηθούν για τη συνολική αποτίμηση της ποιότητας της επαγγελματικής μάθησης (Gravani & John 2005), είναι φανερό ότι η αξιοποίηση των IFS μπορεί να αποδειχθεί αποτελεσματική.

Στην παρούσα εργασία επεκτείνονται οι εφαρμογές των IFS στο χώρο της εκπαίδευσης. Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα βασικότερα χαρακτηριστικά των FIS και IFS και η δυνατότητα συνδυαστικής αξιοποίησής τους. Ακολούθως παρουσιάζεται η εφαρμογή τους για την ανάπτυξη έμπειρου συστήματος εξαγωγής αξιολογικών κρίσεων σχετικά με την επαγγελματική μάθηση εκπαιδευτικών. Στη συνέχεια παρουσιάζονται και συζητώνται τα αποτελέσματα, ενώ η εργασία ολοκληρώνεται με την εξαγωγή συμπερασμάτων.

ΔΙΑΙΣΘΗΤΙΚΗ ΑΣΑΦΗΣ ΛΟΓΙΚΗ

Βασικές έννοιες

Έστω X ένα πεδίο ορισμού αναφοράς και x τα στοιχεία αυτού. Ένα ασαφές σύνολο A ορίζεται μέσα στο X ως ένα σύνολο διατεταγμένων ζευγών (Tsoukalas & Uhrig 1996):

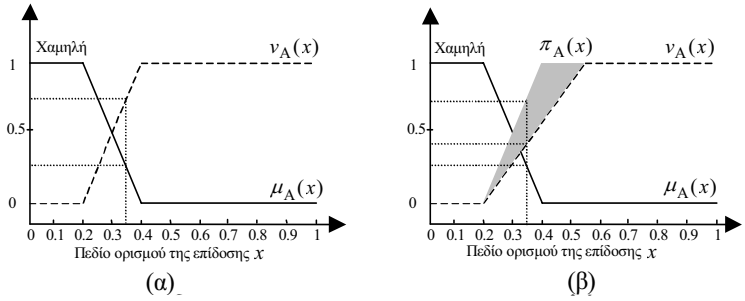
$$A = \{(x, \mu_A(x))\}, \qquad x \in X, \tag{2}$$

όπου η συνάρτηση συμμετοχής $\mu_A(x)$ εκφράζει τη συμμετοχή ενός στοιχείου x στο σύνολο A. Ισχύει επίσης:

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1], \tag{3}$$

δηλαδή η συνάρτηση συμμετοχής παίρνει τιμές μεταξύ 0 και 1, συνεπώς απεικονίζει το X στο διάστημα $[0,1]$. Η συνάρτηση συμμετοχής μπορεί να έχει διάφορα σχήματα, όπως τριγωνικό, τραπεζοειδές κλπ. (Tsoukalas & Uhrig 1996). Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της διάστημα $[0,1]$, τόσο μεγαλύτερη βεβαιότητα εκφράζει για το γεγονός ότι το x ανήκει στο A. Στο Σχήμα 1(α) απεικονίζεται ένα παράδειγμα του πεδίου ορισμού της επίδοσης x από 0 έως 1 και η τραπεζοειδής συνάρτηση συμμετοχής $\mu_A(x)$ η οποία περιγράφει

τον τρόπο που οι τιμές x συμμετέχουν στο ασαφές σύνολο *χαμηλή* (π.χ., για $x = 0.35$, $\mu_A(0.35) = 0.25$).



Σχήμα 1. Περιγραφή του διαισθητικού ασαφούς συνόλου «χαμηλή» στο πεδίο ορισμού της επίδοσης x, με απεικόνιση των συναρτήσεων συμμετοχής και μη συμμετοχής $\mu_A(x)$ και $\nu_A(x)$ αντίστοιχα, και, (α) χωρίς, και, (β) με εύρος διστακτικότητας $\pi_A(x)$.

Ένα διαισθητικό ασαφές σύνολο αποτελεί επέκταση του ασαφούς συνόλου και ορίζεται ως (Atanassov 1999):

$$A = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x))\}, \qquad x \in X, \tag{4}$$

όπου $\mu_A(x): X \to [0,1]$, και $\nu_A(x): X \to [0,1]$, οι συναρτήσεις συμμετοχής και μη συμμετοχής, αντίστοιχα του x στο A, έτσι ώστε:

$$0 \le \mu_A(x) + \nu_A(x) \le 1. \tag{5}$$

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της συνάρτησης μη συμμετοχής $\nu_A(x)$ στο διάστημα [0,1] τόσο μεγαλύτερη είναι η βεβαιότητα για τη μη συμμετοχή της τιμής του x στο A. Στο Σχήμα 1(α) απεικονίζεται επίσης η συνάρτηση μη συμμετοχής $\nu_A(x)$ στο παραπάνω ασαφές σύνολο *χαμηλή*. Έτσι, π.χ., για $x = 0.35$, είναι $\mu_A(0.35) = 0.25$ και $\nu_A(0.35) = 0.75$, δηλαδή επαληθεύεται η (5). Καθώς, ωστόσο, σε πραγματικές καταστάσεις πολλές φορές υπάρχει αναποφασιστικότητα ή αβεβαιότητα για το αν το x ανήκει ή δεν ανήκει στο A, δηλαδή οι τιμές $\mu_A(x)$ και $\nu_A(x)$ είναι χαμηλές, εισάγεται και τρίτη συνάρτηση η *συνάρτηση ή εύρος διστακτικότητας* $\pi_A(x)$, οπότε η (4) επαναδιατυπώνεται στην (6) (Atanassov 1999):

$$A = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x), \pi_A(x))\}, \qquad x \in X, \tag{6}$$

και η (5) στην (7):

$$0 \le \mu_A(x) + \nu_A(x) + \pi_A(x) \le 1. \tag{7}$$

Από την (7) είναι προφανές ότι ισχύει:

$$0 \le \pi_A(x) \le 1, \ x \in X. \tag{8}$$

Στο Σχήμα 1(β) απεικονίζεται και η διστακτικότητα $\pi_A(x)$, όπου για παράδειγμα για $x = 0.35$ είναι $\mu_A(0.35) = 0.28$ και $v_A(0.35) = 0.42$ και $\pi_A(0.35) = 0.30$, δηλαδή επαληθεύεται η (7). Βεβαίως, στην περίπτωση που δεν υπάρχει διστακτικότητα, τότε ισχύει:

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - v_A(x) = 1 - \mu_A(x) - (1 - \mu_A(x)) = 0, \tag{9}$$

ενώ ένα σύνολο από διαισθητικό απλοποιείται σε ασαφές όταν:

$$\nu_A(x) = \pi_A(x) = 0. \tag{10}$$

Έτσι, ένα ασαφές σύνολο ορίζεται ως διαισθητικό όταν περιγράφεται τουλάχιστον με δύο από τις τρεις παραμέτρους, $\mu_A(x)$, $\nu_A(x)$ και $\pi_A(x)$ (Szmidt & Kacprzyk 2002).

Διαισθητικά ασαφή συστήματα (IFS)

Οι παραπάνω βασικές έννοιες αξιοποιούνται για την ανάπτυξη των ασαφών και διαισθητικών συστημάτων, FIS και IFS αντίστοιχα τύπου Mamdani (Tsoukalas & Uhrig 1996), για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Πιο συγκεκριμένα, τα FIS τύπου Mamdani είναι ασαφή συστήματα εξαγωγής συμπερασμάτων με βάση ένα σύνολο κανόνων τύπου IF/THEN της μορφής (1). Για την περιγραφή των ασαφών συνόλων (π.χ., *χαμηλή* και *μέτρια* στην (1)), που συνθέτουν το περιεχόμενο των υπόψη κανόνων, χρησιμοποιούνται μόνο οι συναρτήσεις συμμετοχής (2). Στα IFS, ωστόσο, η περιγραφή των ασαφών συνόλων γίνεται πληρέστερα, λαμβάνοντας υπόψη τις συναρτήσεις συμμετοχής, μη συμμετοχής και το εύρος διστακτικότητας (7). Ορίζοντας ως IFS την τελική έξοδο ενός διαισθητικού ασαφούς συστήματος τότε αυτή προκύπτει από το γραμμικό συνδυασμό δυο επιμέρους συστημάτων (Castillo & Melin 2003):

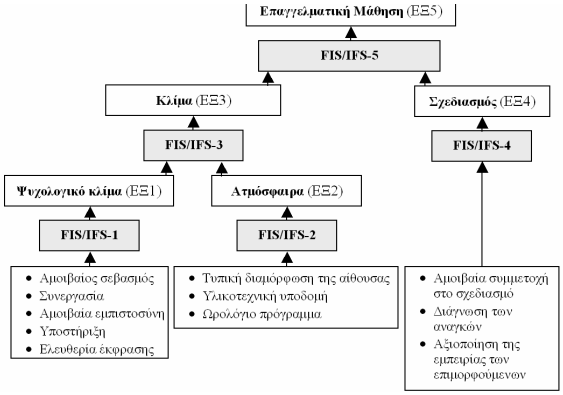
$$IFS = (1 - \pi)FS_{\mu} + \pi FS_{v} \tag{11}$$

όπου, π το εμβαδόν της περιοχής που ορίζει το εύρος διστακτικότητας (βλ. π.χ., τη σκιασμένη περιοχή στο Σχήμα 1(β) όπου $\pi = 0.075$), FS_{μ} η έξοδος του FIS με χρήση συναρτήσεων συμμετοχής και FS_{ν} η έξοδος του ιδίου όπως παραπάνω FIS με χρήση των αντίστοιχων συναρτήσεων μη συμμετοχής για κάθε σύνολο. Από το συνδυασμό των (10) και (11) είναι προφανές ότι όταν δεν υπάρχει διστακτικότητα, η (11) απλοποιείται σε FIS.

Η ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ IFS

Μοντελοποιώντας την επαγγελματική μάθηση

Η χρήση των IFS μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην καινοτόμο μοντελοποίηση δεδομένων κυρίως ποιοτικού χαρακτήρα από το χώρο της εκπαιδευτικής έρευνας. Στην παρούσα εργασία, προτείνεται ένα σύνολο διαδοχικών IFS εξαγωγής αξιολογικών κρίσεων σχετικά με την ποιότητα της επαγγελματικής μάθησης (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Μοντελοποίηση FIS/ IFS. Διαδοχικά επίπεδα και αντίστοιχες παράμετροι συμπερασματολογίας σχετικά με την ποιότητα της επαγγελματικής μάθησης.

Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για διαδοχικά επίπεδα συμπερασματολογίας με βάση τη μοντελοποίηση της σχέσης της επαγγελματικής μάθησης με παράγοντες και συνθήκες που την επηρεάζουν και περιγράφονται με μεταβλητές (Gravani 2003; Gravani & John 2005). Έτσι, ο 'αμοιβαίος σεβασμός', η 'συνεργασία', η 'αμοιβαία εμπιστοσύνη', η 'υποστήριξη', η 'ελευθερία έκφρασης' αποτελούν τις μεταβλητές εισόδου με βάση τις οποίες εξάγεται αξιολογική κρίση σχετικά με το 'ψυχολογικό κλίμα' (ΕΞ1)· ομοίως, η 'τυπική διαμόρφωση της αίθουσας', η 'υλικοτεχνική υποδομή', το 'ωρολόγιο πρόγραμμα', συνεκτιμώνται για την αξιολόγηση της μεταβλητής εξόδου 'ατμόσφαιρα' (ΕΞ2)· ενώ με την 'αμοιβαία συμμετοχή στο σχεδιασμό', τη 'διάγνωση των αναγκών' και την 'αξιοποίηση της εμπειρίας των επιμορφούμενων', αξιολογείται ο 'σχεδιασμός' (ΕΞ4). Ακολούθως, με βάση τις εξόδους (ΕΞ1) και (ΕΞ2) εκτιμάται το 'κλίμα' (ΕΞ3), το οποίο μαζί με το ΄σχεδιασμό' αποτελούν τις δυο βασικές μεταβλητές με βάση τις οποίες αξιολογείται η επαγγελματική μάθηση (ΕΞ5).

Πρακτική εφαρμογή

Δύο προγράμματα ενδοϋπηρεσιακής επιμόρφωσης φιλολόγων που διενεργήθηκαν στο Α.Π.Θ., από το Δεκέμβριο 2000 μέχρι τέλος Ιουνίου 2001, διάρκειας 420 ωρών το καθένα, αποτέλεσαν το πλαίσιο μέσα στο οποίο μελετήθηκε η επαγγελματική μάθηση (Gravani & John 2005). Πιο συγκεκριμένα, από τα παραπάνω προγράμματα επελέγησαν τυχαία και ισομερώς 22 καθηγητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (ομάδα S) και 12 καθηγητές πανεπιστημίου-εκπαιδευτές (ομάδα A). Όλοι συμμετείχαν εξατομικευμένα σε ημιδομημένη συνέντευξη η οποία είχε διάρκεια μιάμιση ώρα. Οι ερωτήσεις ήταν κοινές προς τις δυο ομάδες και αφορούσαν σε όλες τις παραπάνω μεταβλητές αξιολόγησης της επαγγελματικής μάθησης. Για παράδειγμα, αρχικές ερωτήσεις όπως: 'Πώς αισθανθήκατε σχετικά με την ατμόσφαιρα του προγράμματος' ή 'Είχατε κάποιο είδος εμπλοκής στο σχεδιασμό του προγράμματος;' εξειδικεύτηκαν στην πορεία όπως: 'Πώς κρίνετε τη σχέση και συνεργασία σας με τους εκπαιδευτές του προγράμματος;' ή 'Σε ποιο βαθμό ικανοποιήθηκαν οι ανάγκες και προτεραιότητές σας κατά τη διάρκεια του προγράμματος;', και αφορούσαν στη διερεύνηση απόψεων και κρίσεων σχετικά με τις μεταβλητές αξιολόγησης, όπως αμοιβαίος σεβασμός και εμπιστοσύνη, συνεργασία κλπ.

(Σχήμα 2). Οι απαντήσεις αναλύθηκαν αρχικά ποιοτικά από ειδικό του χώρου στα πλαίσια μιας υβριδικής μοντελοποίησης της επαγγελματικής μάθησης (Heuristic-Professional Learning Modelling, H-PLM) (Gravani 2003). Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, με ποιοτική ανάλυση των παραπάνω συνεντεύξεων εντοπίστηκαν οι απόψεις και κρίσεις των συμμετεχόντων σχετικά με τις υπόψη μεταβλητές και 'αξιολογήθηκαν' από τον ίδιο ειδικό του χώρου. Οι αξιολογικές του κρίσεις για κάθε μεταβλητή αντιστοιχήθηκαν στο πεδίο τιμών [0, 100%] (η αύξουσα πορεία των τιμών υποδηλώνει αντίστοιχη πορεία προς θετικότερη αξιολογική κρίση). Η αναλυτικότητα της αντιστοίχισης ήταν 5%, ώστε να μπορέσει ο ειδικός να εκφράσει ποσοτικά οποιαδήποτε ποιοτική διαφοροποίηση στα ποιοτικά δεδομένα διαπιστωνόταν κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης. Τα ποσοτικά δεδομένα που αφορούσαν στις τιμές των 11 μεταβλητών για κάθε ομάδα S και A χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου στα FIS και IFS (Σχήμα 2).

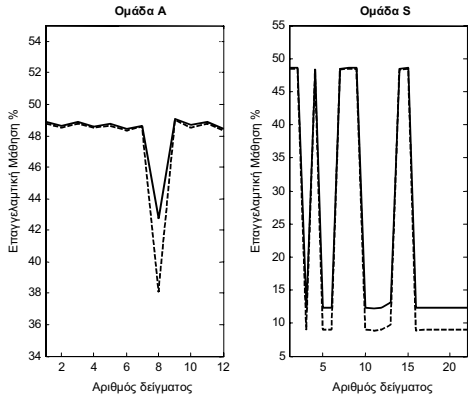
Για την υλοποίηση του παραπάνω θεωρητικού σχήματος διαδοχικής συμπερασματολογίας πάνω στα υπόψη ποσοτικά δεδομένα, αναπτύχθηκαν αρχικά πέντε FIS τύπου Mamdani (βλ. Σχήμα 2), με max-min τελεστές (Tsoukalas & Uhrig 1996) με χρήση του Fuzzy Toolbox του MATLAB 7.1 (The Mathworks, Inc., Natick, MA, USA). Όλες οι συναρτήσεις συμμετοχής προσδιορίστηκαν από τον έμπειρο του χώρου, με τριγωνική ή τραπεζοειδή μορφή (βλ. Σχήμα 1), κατά περίπτωση. Ακολούθως με βάση τα παραπάνω FIS αναπτύχθηκαν αντίστοιχα IFS σύμφωνα με την (11), με εύρος διστακτικότητας του έμπειρου του χώρου, $\pi = 7.5\%$. Η διστακτικότητα αυτή επηρέασε με τον τρόπο που απεικονίζεται στο Σχήμα 1, κυρίως τις συναρτήσεις συμμετοχής που περιγράφουν τα σύνολα *χαμηλά* και *μεσαία* καθώς οι *υψηλές* και *πολύ υψηλές* τιμές των μεταβλητών ήταν ευκολότερο να περιγραφούν.

Αποτελέσματα

Στο Σχήμα 3 απεικονίζονται συγκριτικά και ανά ομάδα δείγματος, οι αξιολογήσεις της επαγγελματικής μάθησης από το FIS-5 και το IFS-5, όπου παρατηρείται, σε γενικές γραμμές, ίδια πορεία των αξιολογικών κρίσεων που παρήγαγαν το FIS και το IFS και για τις δυο ομάδες δειγμάτων (A και S). Πιο συγκεκριμένα, στην ομάδα A (των εκπαιδευτών) παρατηρείται μια σχεδόν καθολική συγκέντρωση της αξιολόγησης της επαγγελματικής μάθησης σε τιμές γύρω στο 49% (*μέτρια*), ενώ στη ομάδα S (των καθηγητών) παρατηρούνται δυο τάσεις, με τιμές γύρω στην τιμή 48% (*μέτρια*) και στην περιοχή 9-12% (*χαμηλά*).

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων αυτών με μη παραμετρικά τεστ προκύπτει και για τις δύο μοντελοποιήσεις στατιστικώς σημαντική διαφορά μεταξύ των κάτω τιμών (<20%) της ομάδος S με τις λοιπές άνω τιμές της ομάδος S (Wilcoxon test-συσχετισμένα δείγματα $((P^{FIS} = 0.012, P^{IFS} = 0.011) < 0.05)$ καθώς και τις τιμές A (Mann-Whitney U-test-ασυσχέτιστα δείγματα, $((P^{FIS}, P^{IFS}) < 10^{-5})$, ενώ η διαφορά μεταξύ των άνω τιμών των δυο ομάδων η διαφορά δεν ήταν στατιστικώς σημαντική (Mann-Whitney U-test-ασυσχέτιστα δείγματα<<Eqn065.eps>> Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει ότι υπάρχει έντονη διαφορά μεταξύ των δυο απόψεων των εκπαιδευόμενων για την επαγγελματική μάθηση (ικανοποιημένοι και μη) και μεταξύ των μη ικανοποιημένων εκπαιδευόμενων και των εκπαιδευτών τους. Αντίθετα, η άποψη των ικανοποιημένων εκπαιδευόμενων συγκλίνει με αυτή των εκπαιδευτών. Καθώς τα ευρήματα αυτά είναι προς την ίδια κατεύθυνση με

αυτά του H-PLM όπου ακολουθήθηκε καθαρά ποιοτική ανάλυση, αναδεικνύουν τη δυνατότητα των συστημάτων FIS και IFS (Σχήμα 2) να μοντελοποιούν την επαγγελματική μάθηση με βάση ένα σημαντικό αριθμό μεταβλητών και να εξάγουν ακριβείς ποσοτικές αξιολογικές κρίσεις εντοπίζοντας τάσεις μέσα σε εμπειρικά δεδομένα.



Σχήμα 3. Αξιολόγηση της επαγγελματικής μάθησης με FIS-5 (---) και IFS-5 (---).

Παρακολουθώντας λεπτομερέστερα τα αποτελέσματα που απεικονίζονται στο Σχήμα 3, παρατηρείται ότι υπάρχει απόκλιση μεταξύ των αποτελεσμάτων των δυο μοντελοποιήσεων και για τα δυο δείγματα (Σχήμα 3), η οποία, όμως, δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη, σε όλα τα σημεία καθώς το εύρος διστακτικότητας που διατυπώθηκε στο IFS ήταν 7.5%. Παρόλα αυτά η τιμή αυτή θεωρήθηκε ικανοποιητική για τη μοντελοποίηση της αβεβαιότητας του έμπειρου του χώρου στη συγκεκριμένη εφαρμογή. Είναι χαρακτηριστική όμως η σύγκλιση της πιο απομακρυσμένης τιμής του Σχήματος 3, ομάδα δείγματος A (αριθμός δείγματος 8), προς τη μέση τιμή των υπόλοιπων αξιολογικών κρίσεων του IFS σε σχέση με το FIS, γεγονός που αναδεικνύει μια μεγαλύτερη ευελιξία του IFS στην αντιμετώπιση ακραίων τιμών. Η απόκλιση μεταξύ των αποτελεσμάτων FIS και IFS παρατηρείται στις χαμηλές τιμές και για τις δυο ομάδες δειγμάτων, γεγονός αναμενόμενο καθώς η διστακτικότητα εφαρμόστηκε σε όλες τις συναρτήσεις συμμετοχής των χαμηλών και μεσαίων τιμών.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω αποτελέσματα, το IFS εντόπισε παρόμοιες τάσεις στα δεδομένα με το FIS αλλά 'αντέδρασε' περαιτέρω στις περιοχές που αφορούσαν στο ρόλο των νέων ασαφών μεταβλητών που εισήχθησαν στην περιγραφή των συναρτήσεων συμμετοχής του και επέτρεψαν τη διατύπωση της αβεβαιότητας και της διστακτικότητας της έμπειρης γνώσης. Έτσι, η περιγραφή των συναρτήσεων συμμετοχής του IFS-5 έχει έναν επιπλέον βαθμό ελευθερίας σε σχέση με την προσέγγιση του FIS-5 (για την ίδια δομή των κανόνων του συστήματος), παρέχοντας στο IFS μεγαλύτερη περιγραφική ικανότητα που οδηγεί σε μοντελοποίηση πιο κοντά στην πραγματικότητα. Το πλεονέκτημα αυτό προσδίδει στη διαισθητική ασαφή λογική μεγαλύτερη ευελιξία στην ανάλυση διαδικασιών που σχετίζονται με αξιολογική κρίση και λήψη αποφάσεων, διαδικασίες που εμπεριέχονται στις εκφάνσεις της επαγγελματικής μάθησης και γενικότερα της εκπαίδευσης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά της διαισθητικής ασαφούς λογικής, τα οποία επεκτείνουν τις εκφραστικές δυνατότητες των ασαφών συστημάτων συμπερασματολογίας, FIS. Έτσι, προκύπτουν τα διαισθητικά ασαφή συστήματα IFS, τα οποία καταφέρνουν να μοντελοποιήσουν εγγενείς αδυναμίες που υπάρχουν κατά τη διατύπωση της έμπειρης γνώσης από άνθρωπο, όπως αβεβαιότητα και διστακτικότητα. Η αξιοποίηση των συστημάτων αυτών, που προτείνεται με την παρούσα εργασία στο χώρο της εκπαίδευσης όπου η άντληση πληροφοριών από ανθρώπους είναι συνήθης ερευνητική διαδικασία, μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη μοντελοποιήσεων πιο κοντά στην πραγματικότητα. Μέσα από μια συγκριτική εφαρμογή των FIS και IFS επιχειρήθηκε η ανάδειξη αυτής της προοπτικής, με βάση δεδομένα από το χώρο της επαγγελματικής μάθησης καθώς και της δυνατότητας υλοποίησης της προτεινόμενης προσέγγισης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Atanassov K. (1999), *Intuitionistic fuzzy sets: Theory and Applications*, Germany, Heidelberg: Springer-Verlag

Castillo O. & Melin P. (2003), A new method for fuzzy inference in intuitionistic fuzzy systems, *Fuzzy Information Processing Society, NAFIPS 2003, 22nd International Conference of the North American,* 20-25

Evans L. (2002), What is teacher development? *Oxford Review of Education,* 28(1), 123-137

Gravani, M.N. (2003), *From courses to processes: Teachers' and tutors' experiences and perceptions of an in-service training course in Greece*, PhD thesis, University of Bristol, UK

Gravani M. N. & John P. D. (2005), 'Them and us': Teachers' and tutors' perceptions of a 'new' professional development course in Greece, *Compare*, 35(3), 303-319

Gravani, M.N. (in press, 2006), Unveiling professional learning: shifting from the delivery of courses to an understanding of the processes. *Teaching and Teacher Education*

Hadjileontiadou S.J., Nikolaidou G.N., Hadjileontiadis, L.J. & Balafoutas G.N. (2004), On enhancing on-line collaboration using fuzzy logic modeling, *Educational Technology & Society*, 7(2), 68-81

Szmidt E. & Kacprzyk J. (2002), Analysis of agreement in a group of experts via distances between intuitionistic preferences, *Proceedings of IPMU2002*, 1859-1865, Universite Savoie, France

Tsoukalas H.L. & Uhrig R.E. (1996), *Fuzzy and neural approaches in engineering*, New York: John Wiley & Sons