



# FUZZY COGNITIVE MAPS



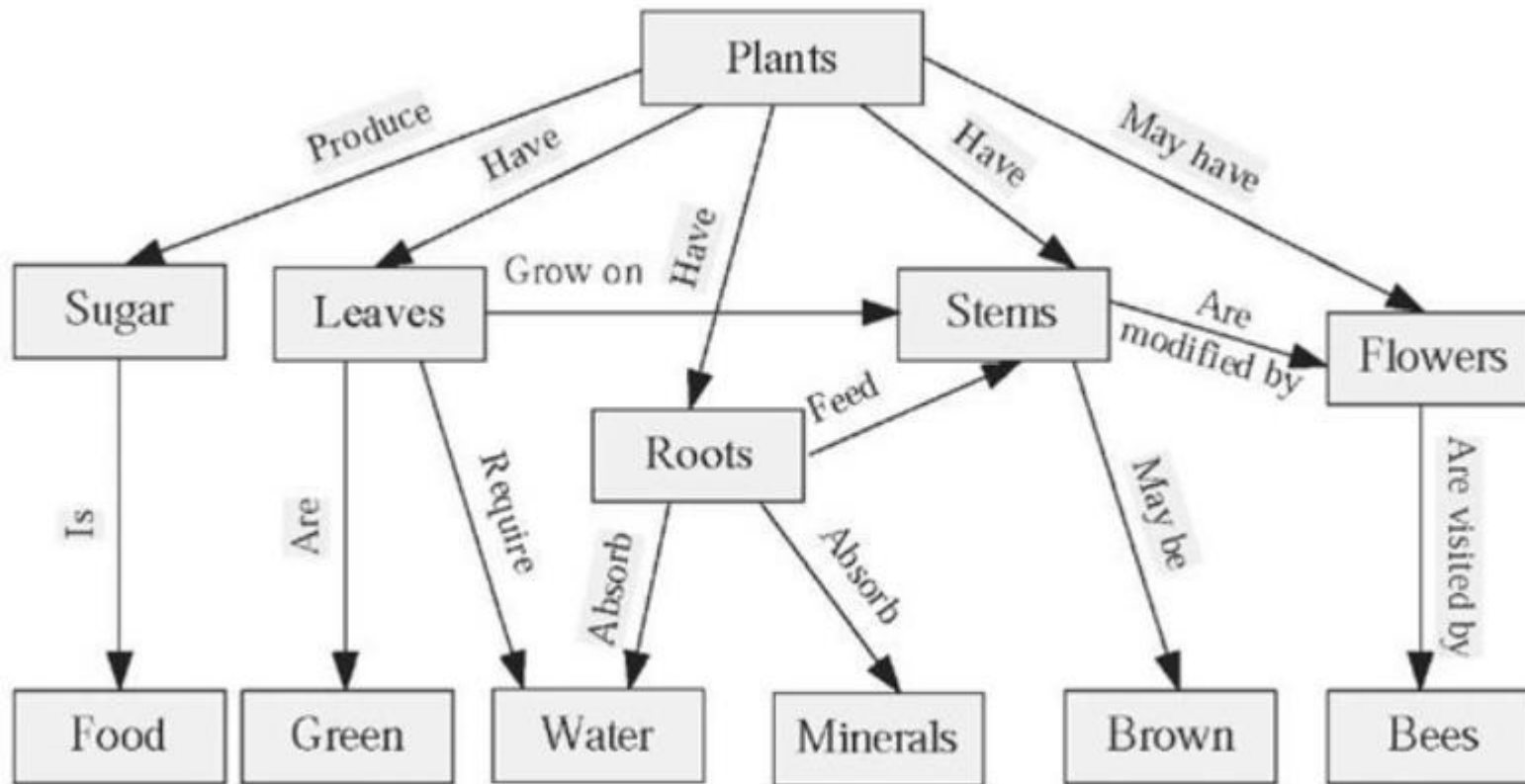
# COGNITIVE MAPS (ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ)(1/4)

- ❑ Γνωστικός χάρτης: μια οπτική αναπαράσταση του νοητικού μοντέλου ενός ατόμου για ένα δεδομένο περιβάλλον, γεγονός, φαινόμενο, διαδικασία κλπ.
- ❑ Ο σχεδιασμός ενός γνωστικού χάρτη δεν ακολουθεί συγκεκριμένους κανόνες.
- ❑ Δεν υπάρχει περιορισμός στον τρόπο με τον οποίο αναπαρίστανται οπτικά οι έννοιες και οι σχέσεις μεταξύ τους.

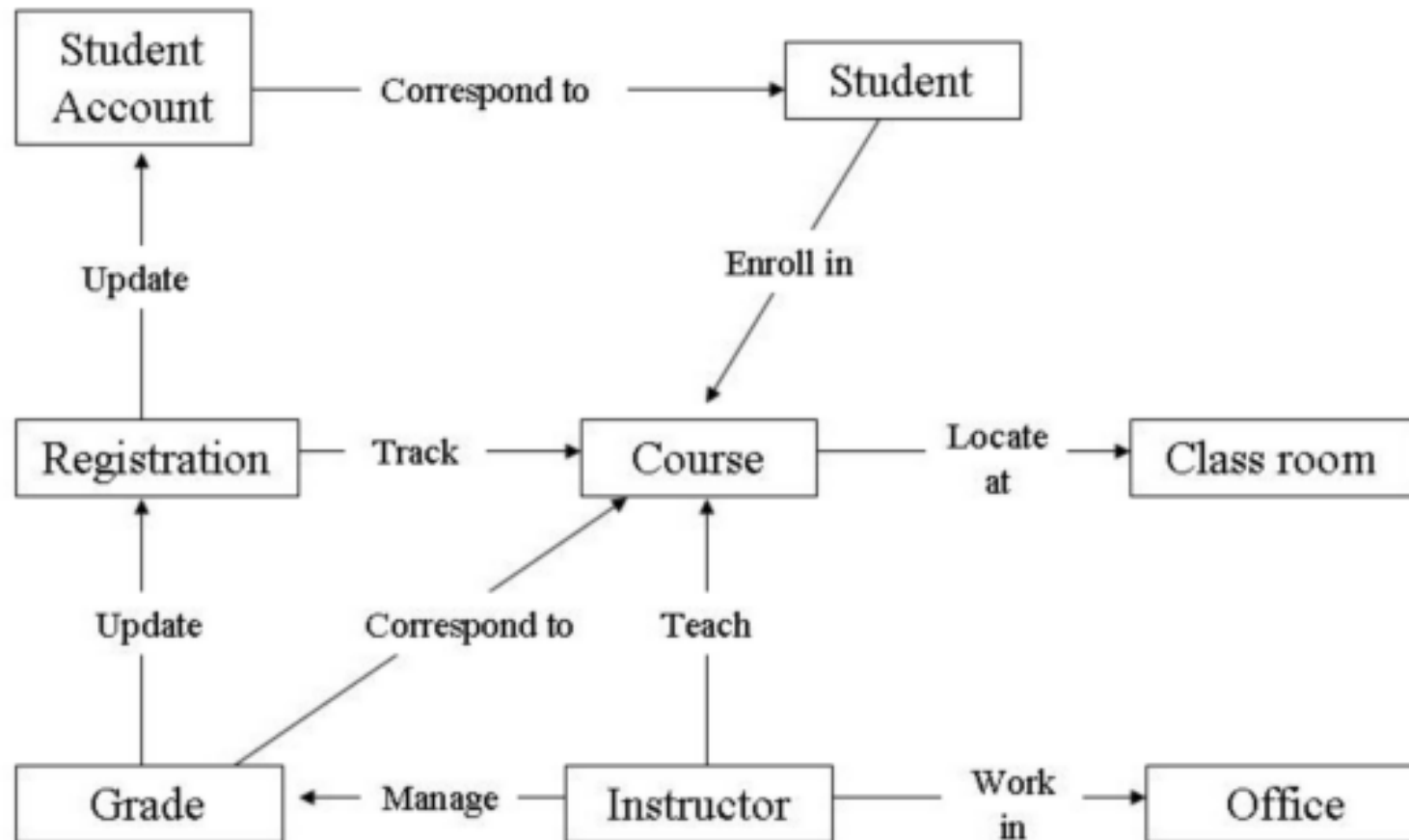
# COGNITIVE MAPS (ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ)(2/4)

- ❑ Η ιδέα εισήχθη από τον Έντουαρντ Τόλμαν το 1948.
- ❑ Αρχικά χρησιμοποιήθηκε για να εξηγήσει τη συμπεριφορά των αρουραίων που φαινόταν να μαθαίνουν τη χωρική διάταξη ενός λαβύρινθου.
- ❑ Στη συνέχεια η έννοια εφαρμόστηκε σε άλλα ζώα και στους ανθρώπους.

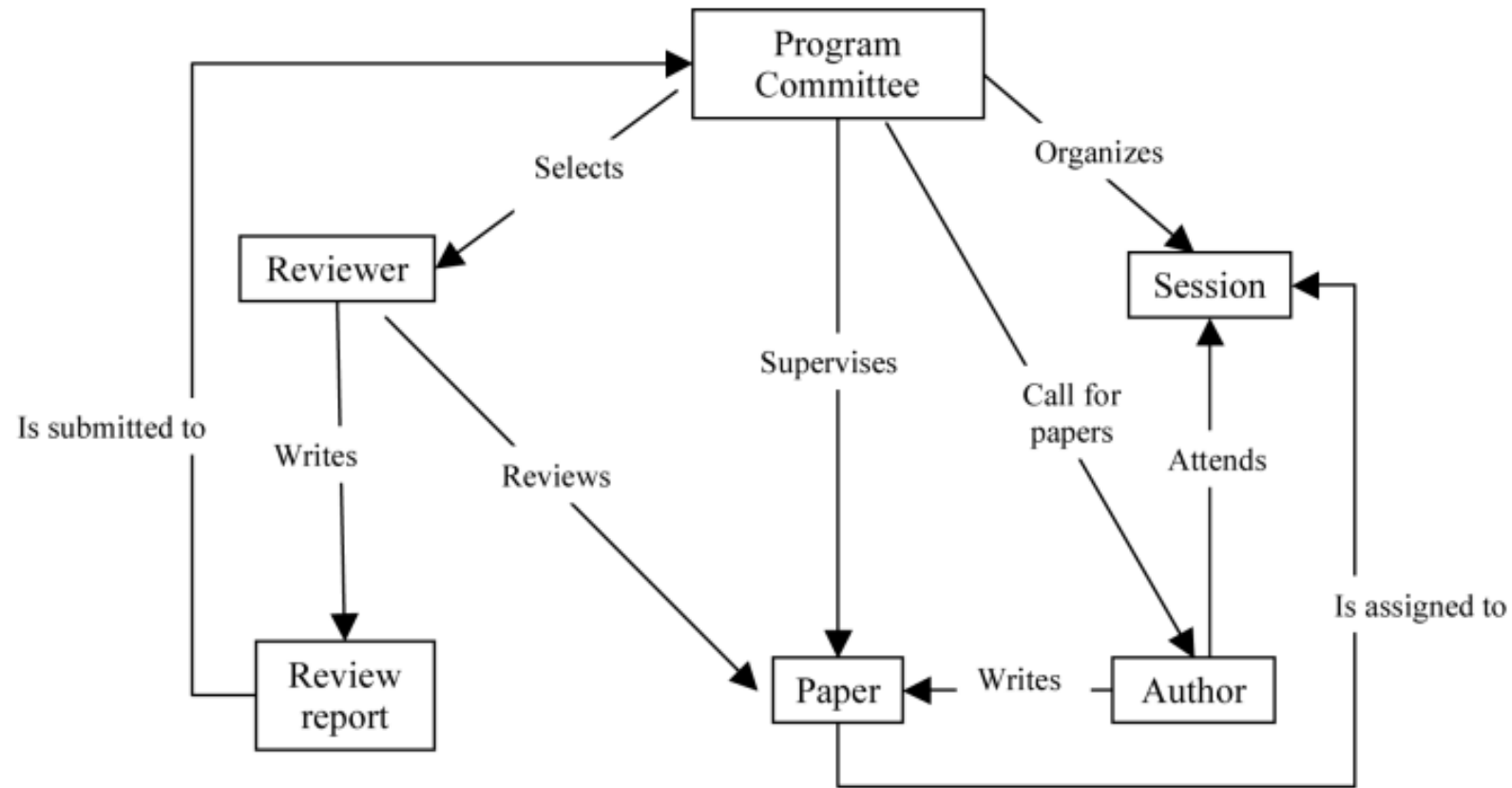
# COGNITIVE MAPS (ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ)(3/4)



# COGNITIVE MAPS (ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ)(4/4)



# COGNITIVE MAPS (ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ)(4/4)



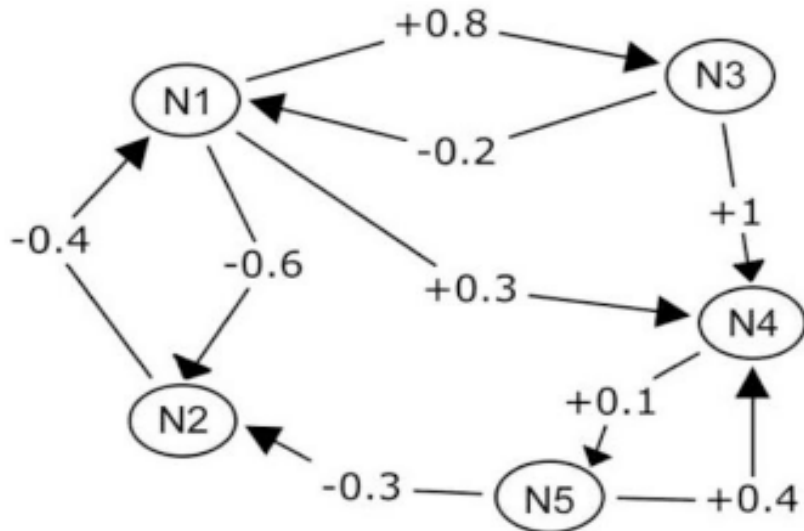
# FUZZY COGNITIVE MAPS (FCM) – ΑΣΑΦΕΙΣ ΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ (1/3)

- ❑ Η έννοια του Ασαφούς Γνωστικού Χάρτη – Fuzzy Cognitive Map (FCM) εισήχθησε από τον Bart Kosko το 1986.
- ❑ Είναι ένας γνωστικός χάρτης εντός του οποίου οι σχέσεις μεταξύ των στοιχείων-κόμβων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του «βαθμού επιρροής» αυτών.
- ❑ Είναι ένας συνδυασμός της ασαφούς λογικής και γνωστικής χαρτογράφησης.
- ❑ Παρέχουν μια πιο ευέλικτη και φυσική αναπαράσταση της γνώσης και της αιτιολογίας, που είναι απαραίτητες για τα ευφυή συστήματα.

# FUZZY COGNITIVE MAPS (FCM) – ΑΣΑΦΕΙΣ ΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ (2/3)

□ Ένα FCM αποτελείται από:

- ✓ **κόμβους ( $N1, N2, \dots, Nn$ ):** αντιπροσωπεύουν τα σημαντικά στοιχεία του συστήματος.
- ✓ **κατευθυνόμενα τόξα ( $e_{ij}$ ):** αντιπροσωπεύουν τις αιτιακές σχέσεις μεταξύ δύο κόμβων ( $N_i, N_j$ ).



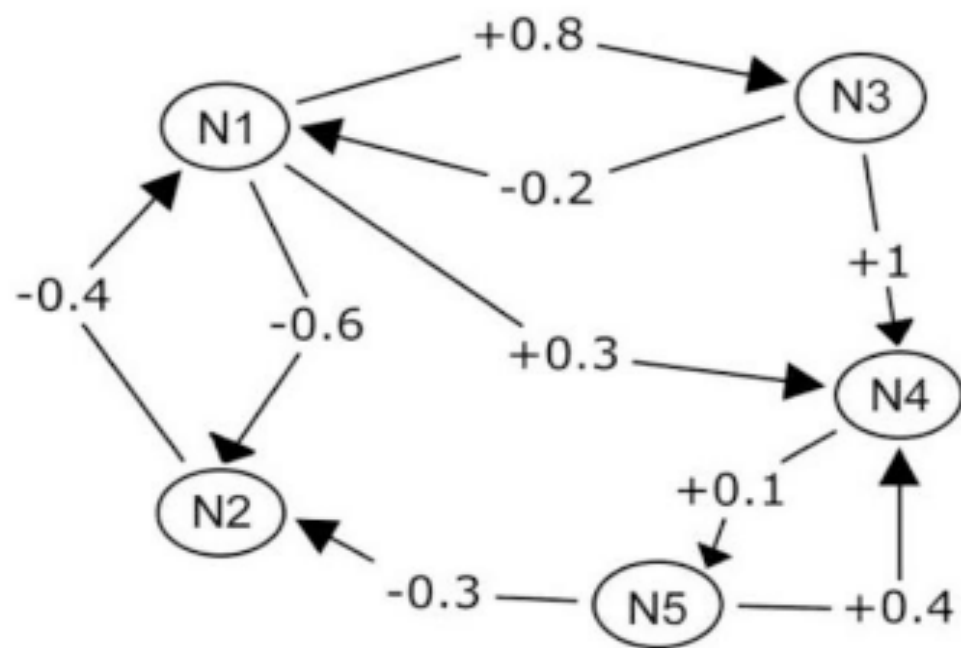
Τα τόξα επισημαίνονται με fuzzy τιμές στο διάστημα  $[-1, 1]$ , που δείχνουν την "δύναμη επιρροής" μεταξύ των στοιχείων-κόμβων.



# FUZZY COGNITIVE MAPS (FCM) – ΑΣΑΦΕΙΣ ΓΝΩΣΤΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ (3/3)

- ❑ Μια θετική τιμή υποδεικνύει μια θετική αιτιακή σχέση μεταξύ δύο στοιχείων-κόμβων N1 και N2.
  - Η αύξηση της τιμής του N1 οδηγεί σε αύξηση της τιμής του N2.
  - Η μείωση της τιμής του N1 οδηγεί σε μείωση της τιμής του N2.
- ❑ Μια αρνητική τιμή δηλώνει μια αρνητική αιτιακή σχέση μεταξύ των δύο στοιχείων-κόμβων N1 και N2.
  - Η αύξηση της τιμής του N1 οδηγεί σε μείωση της τιμής του N2
  - Η μείωση της τιμής του N1 οδηγεί σε αύξηση της τιμής του N2.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

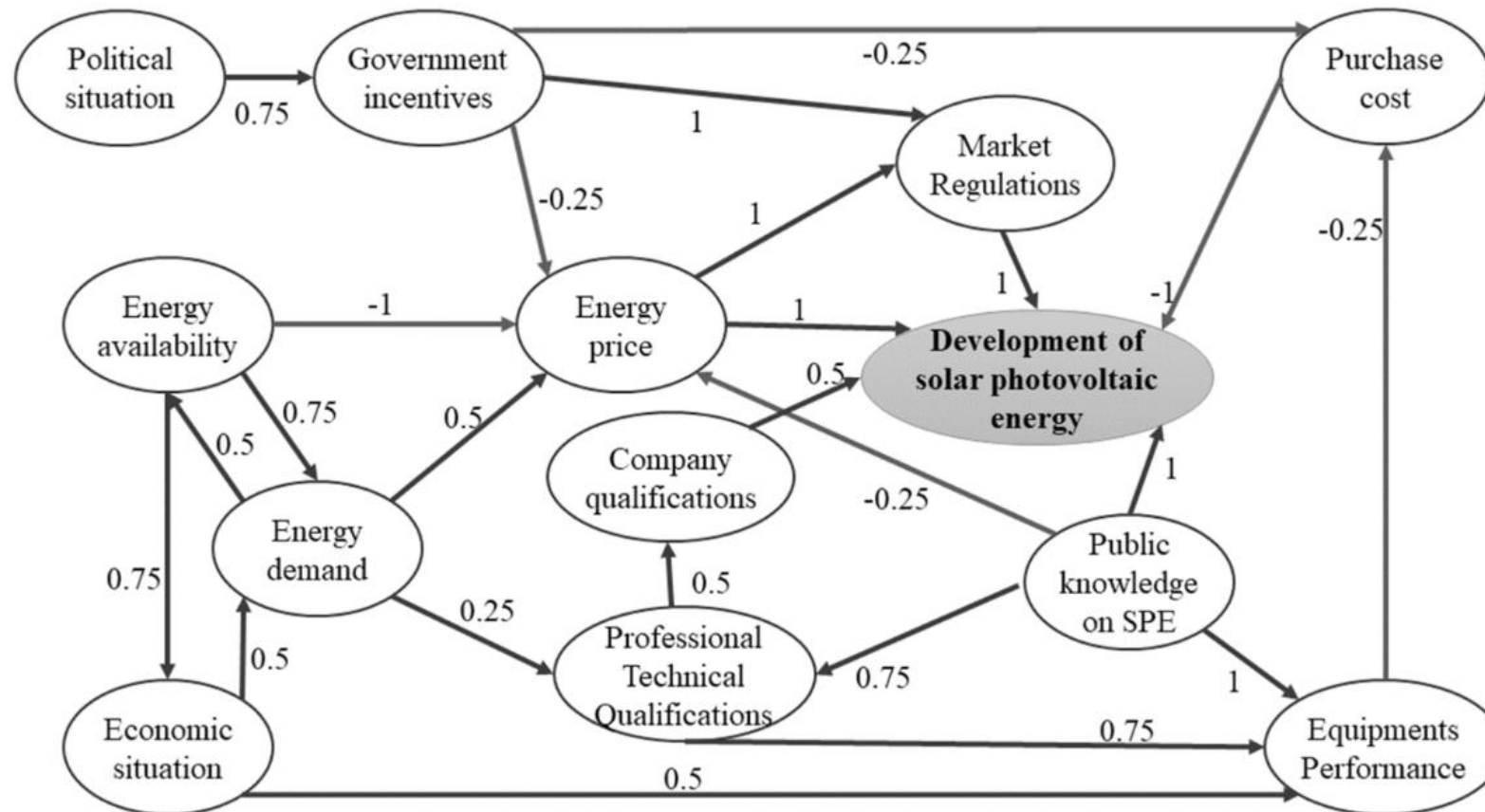


	N1	N2	N3	N4	N5
N1	0	-0.6	0.8	0.4	0
N2	-0.4	0	0	0	0
N3	-0.2	0	0	1	0
N4	0	0	0	0	0.1
N5	0	-0.3	0	0.4	0

# ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ FCM

- Έλεγχος
- Επιχειρήσεις
- Ιατρική
- Ρομποτική
- Περιβάλλον
- Τεχνολογία των πληροφοριών

# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ FCM

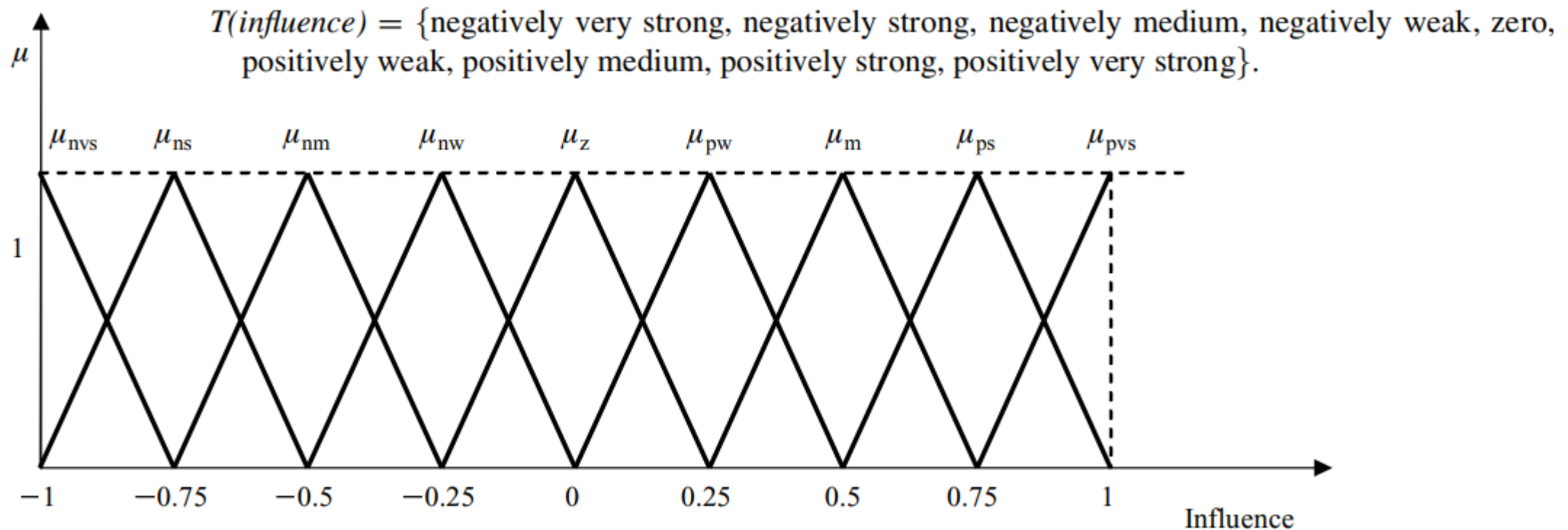


# ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΌΣ FCM (1/3)

- ❑ Λαμβάνονται υπόψη η εμπειρία και οι γνώσεις των ειδικών.
- ❑ Οι ειδικοί καθορίζουν ποιοι θα είναι οι κόμβοι του FCM
  - ✓ Ποια έννοια-κόμβος επηρεάζει ποια
  - ✓ Το είδος της επιρροής
  - ✓ Τον βαθμό επιρροής

# ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ FCM (2/3)

- Ο βαθμός επιρροής είναι μια ασαφής λεκτική τιμή.



# ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΝΟΣ FCM (1/3)

- ❑ Αν έχουμε  $N$  ειδικούς και  $M$  συνδέσεις στο FCM, τότε για κάθε σύνδεση έχουμε  $N$  διαφορετικές λεκτικές ασαφής τιμές που περιγράφουν την επιρροή.
- ❑ Υπολογίζουμε την τομή με την μέθοδο minmax.
- ❑ Προκύπτει μία λεκτική ασαφής τιμή που περιγράφει την επιρροή.
- ❑ Επιλέγω μια μέθοδο αποσαφοποίησης (συνήθως centre of area)
- ❑ Προκύπτει ένας αριθμός στο διάστημα  $[-1, 1]$

# ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΝΟΣ FCM

Για τον πιο ακριβή καθορισμό των βαρών (βαθμών επιρροής) των διασυνδέσεων και για την αναπροσαρμογή αυτών όταν μια αλλαγή προκύψει μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τεχνικές μάθησης νευρωνικών δικτύων.

- Hebbian learning algorithms
- Genetic algorithms
- Evolutionary Computation Techniques



# DIFFERENTIAL HEBBIAN LEARNING (DHL) (1/3)

$$\dot{w}_{ij} = -w_{ij} + \Delta C_i \Delta C_j,$$

where  $\dot{w}_{ij}$  is the change of weight between concept  $i$ th and  $j$ th and where  $w_{ij}$  is the current value of this weight and  $\Delta C_i \Delta C_j$  are changes in concepts  $i$ th and  $j$ th values, respectively.

Οι τιμές των  $C_i$  και  $C_j$  αλλάζουν προς την ίδια κατεύθυνση αν  $\Delta C_i \Delta C_j > 0$

Οι τιμές των  $C_i$  και  $C_j$  αλλάζουν προς την αντίθετη κατεύθυνση αν  $\Delta C_i \Delta C_j < 0$

# DIFFERENTIAL HEBBIAN LEARNING (DHL) (2/3)

In general, the weights of outgoing edges for a given concept node are modified when the corresponding concept value changes. The weights are updated according to the following formula:

$$w_{ij}(t+1) = \begin{cases} w_{ij}(t) + c_t[\Delta C_i \Delta C_j - w_{ij}(t)], & \Delta C_i \neq 0 \\ w_{ij}(t), & \Delta C_i = 0 \end{cases},$$

where  $w_{ij}$  denotes the weight of the edge between concepts  $C_i$  and  $C_j$ ,  $\Delta C_i$  represent the change in the  $C_i$  concept's value,  $t$  is the iteration number, and  $c_t$  is a decreasing learning coefficient; e.g.,

$$c_t = 0.1 \left[ 1 - \frac{t}{1.1N} \right],$$

where  $t$  is the current iteration number and the parameter  $N$  should be chosen to ensure that the learning coefficient  $c_t$  never becomes negative.

# DIFFERENTIAL HEBBIAN LEARNING (DHL) (3/3)

Μειονεκτήματα:

- Δεν μπορεί να περιγράψει-εφαρμοστεί σε μία-προς-πολλές ή πολλές-προς-πολλές αιτιακές σχέσεις.
- Το μοντέλο ανάκλησης μπορεί να «πέσει» σε ατέρμονα βρόχο και επομένως δεν είναι ιδανική τεχνική για προβλήματα λήψης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο.

# ACTIVE HEBBIAN LEARNING ALGORITHM

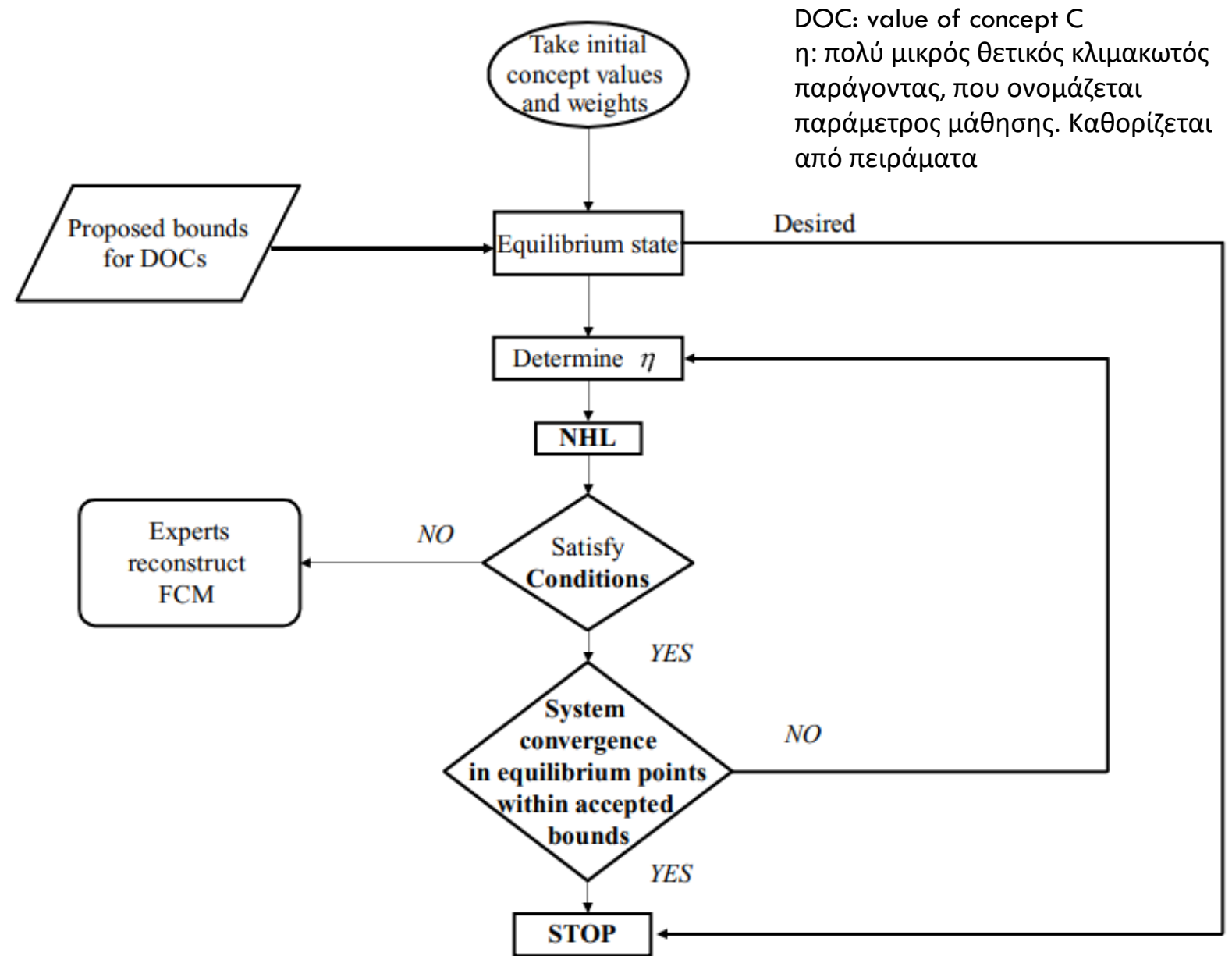
- ❑ Λαμβάνει υπόψη την αλληλουχία των επιρροών μιας έννοιας σε μια άλλη.
- ❑ Οι ειδικοί καθορίζουν την αλληλουχία ενεργοποίησης των εννοιών, τα βήματα ενεργοποίησης και τον κύκλο ενεργοποίησης.
- ❑ Σε κάθε βήμα ενεργοποίησης, μία ή περισσότερες έννοιες ενεργοποιούνται, πυροδοτώντας τις διασυνδεόμενες έννοιες (οι οποίες στο επόμενο βήμα μπορούν να γίνουν ενεργοποιημένες).
- ❑ Ο κύκλος των επαναλήψεων ολοκληρώνεται όταν όλες οι έννοιες ενεργοποιηθούν.
- ❑ Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να βρεθεί σε ένα σημείο ισορροπίας.

# NON-LINEAR HEBBIAN LEARNING ALGORITHM (NHL)

## (1/2)

- ❑ Προυπόθεση: όλες οι έννοιες του FCM ενεργοποιούνται και αλλάζουν τις τιμές τους συγχρονισμένα σε κάθε βήμα.
- ❑ Επομένως, κατά την διαδικασία της ενεργοποίησης όλα τα βάρη (βαθμοί επιρροής) των αιτιακών διασυνδέσεων ενημερώνονται.

# NON-LINEAR HEBBIAN LEARNING ALGORITHM (NHL) (2/2)



Flowchart of the training process using NHL technique

# ΠΗΓΕΣ

Poczeta K, Papageorgiou EI, Gerogiannis VC. Fuzzy Cognitive Maps Optimization for Decision Making and Prediction. *Mathematics*. 2020; 8(11):2059. <https://doi.org/10.3390/math8112059>

<http://what-when-how.com/information-science-and-technology/application-of-cognitive-map-in-knowledge-management-information-science/>

[https://www.researchgate.net/publication/286992310\\_Use\\_of\\_cognitive\\_mapping\\_techniques\\_in\\_information\\_systems\\_development](https://www.researchgate.net/publication/286992310_Use_of_cognitive_mapping_techniques_in_information_systems_development)

<https://kic.uoi.gr/wp-content/uploads/2020/04/FUZZY-COGNITIVE-MAPS.pdf>