

**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα**

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας**

Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων

**Ενότητα 5:** Ασαφής Λογική - Ασαφής Έλεγχος

Όνομα Καθηγητή: Μαρία Σαμαράκου

Τμήμα: Ενεργειακής Τεχνολογίας

|  |  |
| --- | --- |
| Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά | Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους. |

# Περιεχόμενα

[Περιεχόμενα 2](#_Toc438480078)

[Περιεχόμενα Σχημάτων 2](#_Toc438480079)

[1. Ασαφής λογική 3](#_Toc438480080)

[1.1 Ασαφής Έλεγχος 5](#_Toc438480081)

# Περιεχόμενα Σχημάτων

[Σχήμα 1 4](#_Toc438480082)

[Σχήμα 2. Ορισμός ασαφούς συστήματος ελέγχου 6](#_Toc438480083)

[**Σχήμα 3.** Διάγραμμα ενός τυπικού συστήματος ελέγχου με ασαφή λογική 8](#_Toc438480084)

# Ασαφής λογική

Μια από τις δημοφιλέστερες νέες τεχνολογίες είναι ο “ έξυπνος έλεγχος” πού ορίζεται σαν ο συνδυασμός της θεωρίας ελέγχου, της λειτουργικής έρευνας και της τεχνητής νοημοσύνης. Η ασαφής λογική σήμερα χρησιμοποιείται σ’ ένα μεγάλο αριθμό στη κατασκευή ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών προϊόντων όπως και στην διάγνωση στην ιατρική. Μια πιο σπουδαία άποψη στη χρήση της ασαφούς λογικής είναι η εκπαιδευτική σχεδίαση και ο έξυπνος έλεγχος. Η ανάγκη και η χρήση μιας πολυεπίπεδης λογικής εμφανίζεται από τα χρόνια του Αριστοκλή. Αργότερα εμφανίστηκε η λογική των δύο τιμών με αρχή το αληθές και το ψευδές. Τον 18ο αιώνα εμφανίστηκε η λογική των τριών τιμών με την αρχή το αληθές (1), το ψευδές (0) και το ουδέτερο (1/2). Στη συνέχεια σκεπτικιστές στη Κίνα και σε όλο το κόσμο συνέχισαν στο πνεύμα της πολύ-επίπεδης λογικής.

Ο Zadeh ολοκλήρωσε αυτή τη λογική με την εργασία που παρουσίασε το 1965 δείχνοντας ότι αυτό που ονόμασε «ασαφή σύνολα» ήταν η ανεύρεση οιασδήποτε λογικής, άσχετα από τον αριθμό επιπέδων αλήθειας που έχουν θεωρηθεί. Διάλεξε την αθώα λέξη «ασάφεια» για την συνέχεια μεταξύ των λογικών τιμών 0(τελείως ψευδές) και 1 (τελείως αληθές). Η θεωρία της ασαφούς λογικής πραγματεύεται με δύο προβλήματα: 1) την θεωρία των ασαφών συνόλων, η οποία πραγματεύεται την αμφιβολία και 2) με την θεωρία της ασαφούς μέτρησης η οποία πραγματεύεται την αμφιβολία που υπεισέρχεται στις αξιολογήσεις και κρίσεις.



Σχήμα 1

Η πρωταρχική ιδιότητα της ασαφούς λογικής είναι η δυνατότητα της ανοχής για την ανακρίβεια. Η ακρίβεια είναι συχνά δαπανηρή υπόθεση, έτσι αν ένα πρόβλημα δεν απαιτεί ακρίβεια δεν θα έπρεπε να πληρώσει γι’ αυτό. Το ενδεικτικό παράδειγμα της στάθμευσης ενός αυτοκινήτου δίνει μια αξιοσημείωτη εικόνα. Αν ο οδηγός δεν χρειάζεται να παρκάρει το αυτοκίνητο σ’ ένα καθορισμένο χώρο δεν χρειάζεται ν ξοδέψει χρόνο στο παρκάρισμα με το νόμιμο τρόπο.

Η ασαφής λογική και η κλασσική λογική διαφέρουν στην έννοια ότι η πρώτη μπορεί να χειρισθεί και το συμβολικό και τον αριθμητικό τρόπο αναπαράστασης, ενώ η δεύτερη μπορεί να χειρισθεί μόνο το συμβολικό τρόπο. Στην ευρεία έννοια, η ασαφής λογική είναι μία ένωση της ασαφούς και της κλασσικής λογικής.

Ο Zadeh προκειμένου να τονίσει τον πρωταρχικό στόχο της ασαφούς λογικής παρήγαγε ένα σύστημα προσανατολισμένο στους υπολογιστές, εφοδιασμένο με αρχές και τεχνικές για τον χειρισμό μεθόδων αιτιολόγησης που είναι προσεγγιστικός και όχι ακριβείς. Έτσι η ασαφής λογική, ακριβής αιτιολόγηση, θεωρείται η οριακή περίπτωση της προσεγγιστικής λογικής. Στην ασαφή λογική τα πάντα είναι ζήτημα βαθμού.

Σε μια προσπάθεια να μεταφρασθεί η συγκεκριμένη (crisp) γνώση σε μια διαδικασία, τέτοια όπως η τάση, με μία λεκτική ή ασαφή γνώση, αυτό γίνεται μέσω της διαδικασίας της ασάφειας, πρέπει να μετατραπούν οι δυαδικές μεταβλητές εισόδου και εξόδου σε μέλη κάποιου ασαφούς συνόλου. Τα ασαφή σύνολα μπορούν να αναπαρασταθούν με μία μαθηματική τυποποίηση συχνά γνωστή σαν συνάρτηση συμμετοχής μέλους. Η συνάρτηση αυτή δίνει ένα βαθμό ή τάξη συμμετοχής μέσα στο σύνολο. Η συνάρτηση συμμετοχής ενός ασαφούς συνόλου Α, δηλώνεται με μA(x), απεικονίζει τα στοιχεία του όλου Χ μέσα σε μία αριθμητική τιμή μέσα στην περιοχή [0,1].

Π.χ mA(x): x [0,1]

Σημειώνεται ότι μία συνάρτηση συμμετοχής είναι μία επονομαζόμενη συνάρτηση δυνατότητας και όχι μια συνάρτηση πιθανότητας. Σ’ αυτά τα πλαίσια, μία μηδενική τιμή συμμετοχής αντιστοιχεί σε μία τιμή η οποία εξ ορισμού δεν είναι στοιχείο του ασαφούς συνόλου, ενώ μια τιμή του 1 αντιστοιχεί στη περίπτωση που το στοιχείο είναι εξ’ ορισμού ένα μέλος του συνόλου. Στην ασαφή λογική, όπως στη δίτιμη λογική, ορίζονται πράξεις όπως η ένωση, η τομή, το συμπλήρωμα, OR, AND, κλπ.

## Ασαφής Έλεγχος

Τα συστήματα ελέγχου που στηρίζονται στην ασαφή λογική είναι συστήματα βασισμένα σε κανόνες στα οποία ένα σύνολο από κανόνες ασαφούς λογικής παριστούν έναν μηχανισμό αποφάσεων του ελέγχου, προκειμένου να ρυθμίζουν τις λειτουργίες του συστήματος. Ο σκοπός του συστήματος ασαφούς ελέγχου είναι να αντικαταστήσουν τον ανθρώπινο παρατηρητή με ένα σύστημα βασισμένο σε κανόνες ασαφούς λογικής.

Όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, ο άνθρωπος-παρατηρητής παρατηρεί ποσότητες διαβάζοντας ένα όργανο μετρήσεως ή ένα διάγραμμα (ασαφής μεταβλητή) και εκτελεί μια καθορισμένη πράξη, όπως να πατήσει ένα κουμπί ή να γυρίσει ένα μοχλό (παρέχοντας μία σαφή πράξη).

Με παρόμοιο τρόπο ο ασαφής έλεγχος, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες (crisp) πληροφορίες κατευθείαν από έναν αριθμό αισθητήρων, μέσω της διαδικασίας της δημιουργίας ασάφειας μετατρέπει τις πληροφορίες αυτές σε λεκτικές πληροφορίες ή ασαφείς συναρτήσεις συμμετοχής.

Τότε μέσω ενός συνόλου από ασαφείς κανόνες «IF-THEN» όπως σ΄ ένα έμπειρο σύστημα επιδρούν σε κάποιες ασαφείς εξόδους. Οι ασαφείς έξοδοι ξαναμετατρέπονται σε συγκεκριμένες (crisp) τιμές με τη διαδικασία του αποσαφηνισμού μέσω μεθόδων weighted average όπως η μέθοδος centroidal. Το αποτέλεσμα είναι μία τιμή της εξόδου y. Μ’ αυτό το τρόπο, έχει επιτευχθεί μία προσεγγιστική τιμή για την έξοδο y αντί για την πραγματική τιμή εξόδου y.

Είσοδοι

παρατηρήσεις

(ασαφείς)

Είσοδοι

αισθητήρες

(crisp)

x1

x2

xi

xn

x1

x2

xi

xn

ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ

ΑΣΕ

ΑΠΟΣΑΦΟΠΟΙΗΤΗΣ

y(t)

έξοδος

(crisp)

y’(t)

προσεγγιστική τιμή εξόδου

(crisp)

Σχήμα 2. Ορισμός ασαφούς συστήματος ελέγχου

ΑΣΕ: Ασαφές Σύστημα Ελέγχου

Όπως δείχθηκε παραπάνω ένας ασαφής έλεγχος παίρνει τη μορφή ενός συνόλου από IF THEN κανόνες όπου το μέρος της απόφασης (IF) και το μέρος του συμπεράσματος (THEN) είναι συναρτήσεις μέλους. Κατά συνέπεια από διάφορους κανόνες που συνδυάζονται αριθμητικά προκύπτει ένας και μόνο πραγματικός αριθμός (δυαδικός) εξόδου.

Στα πλαίσια ενός έξυπνου ασαφούς συστήματος, όπως και στα τυπικά έξυπνα συστήματα, οι τυπικοί κανόνες μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της γνώσης ενός ανθρώπου (χειριστής).

Π.χ. **Αν** η θερμοκρασία είναι υψηλή **Τότε** μείωσε το ρεύμα σε μεσαία επίπεδα

Σ’ αυτό τον κανόνα, υψηλή και μεσαία, είναι ασαφείς μεταβλητές. Τέτοιοι τυπικοί λεκτικές κανόνες μπορούν να μεταφρασθούν σε γλώσσα υπολογιστού όπως

**IF** (A is A1 and B is B1 and C is C1 and D is D1) **THEN** (E is E1 and F is F1)

Χρησιμοποιώντας ένα σύνολο από τέτοιους κανόνες, ένας συγκεκριμένος αριθμός από κανόνες μπορεί να προκύψει στη μορφή της φυσικής γλώσσας, όπως εάν ένας χειριστής παρουσιάζει το έργο του ελέγχου.

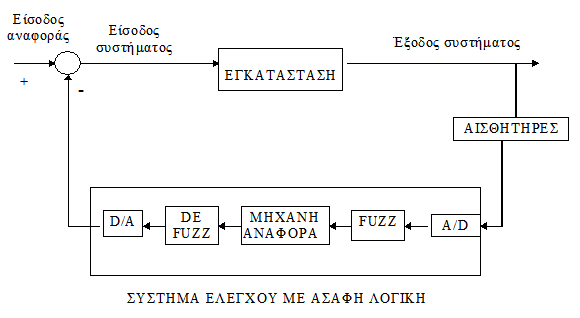
Σε οποιοδήποτε πρακτικό σύστημα, όπως σε ένα σύστημα κλιματισμού ο χειριστής συχνά, ρυθμίζει ή ομαλοποιεί τη λειτουργία μέσω των κουμπιών μέχρις ότου η επιθυμητή ψύξη (ή θέρμανση) μπορεί να επιτευχθεί στον επιθυμητό χρόνο. Μια τέτοια γνώση ενός χειριστή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σχεδιασμό ενός ασαφούς συστήματος ελέγχου για ένα σύστημα κλιματισμού.

Ένας από τους πλέον γνωστούς τρόπους στο σχεδιασμό ενός ασαφούς συστήματος ελέγχου είναι μέσω των ασαφών συστημάτων βασισμένων σε κανόνες (Fuzzy rule based systems).

Το Σχήμα 3 δείχνει την αρχιτεκτονική ενός τυπικού συστήματος ασαφούς ελέγχου. Το σύστημα ελέγχου δείχνει τη διαδικασία της μετατροπής σε ασαφείς μεταβλητές (fuzzification),

Ένας εναλλακτικός τρόπος πραγματοποίησης ενός συστήματος ελέγχου με ασαφή λογική, το οποίο μοιάζει με ένα κλασσικό σύστημα, είναι η χρησιμοποίηση μιας σταθεράς της κλασσικής λογικής (crisp logic) όπως π.χ

PID(u=K p e(t)+K int e(t)+Kd de(t)/dt), και μετά η χρησιμοποίηση IF - THEN κανόνων, για τη ρύθμιση του σφάλματος στην έξοδο του συστήματος.



**Σχήμα 3.** Διάγραμμα ενός τυπικού συστήματος ελέγχου με ασαφή λογική

Το πρόβλημα του ελέγχου με ασαφή λογική, όπως και οποιοδήποτε πρόβλημα ελέγχου είναι η αξιολόγηση μιας απεικόνισης h(.) που ορίζεται ως:

h: e u

όπου u και e τα σήματα εισόδου και σφάλματος αντίστοιχα. Η επιλογή ου h(.) είναι το λεπτό σημείο του προβλήματος ελέγχου. Για την περίπτωση δύο αισθητήρων (εστω e και Δe) και ενός σήματος ελέγχου, η γραφική παράσταση του u=f(e) και u=f(Δe) παράγουν μία επιφάνεια. Η σύγκριση αυτών των επιφανειών από τα δύο παραπάνω συστήματα δείχνει μικρή απόκλιση από τους κλασσικούς κανόνες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας.

|  |
| --- |
| **Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα**  **Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας** |
| **Τέλος Ενότητας** |
| **Χρηματοδότηση**   * Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. * Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού. * Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους. |

**Σημειώματα**

**Σημείωμα Αναφοράς**

Copyright ΤΕΙ Αθήνας, Μαρία Σαμαράκου, 2014. Μαρία Σαμαράκου. «Βελτιστοποίηση Ενεργειακών Συστημάτων. Ενότητα 5: Ασαφής Λογική - Ασαφής Έλεγχος». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: [ocp.teiath.gr](https://ocp.teiath.gr/).

**Σημείωμα Αδειοδότησης**

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[](file:///C:\Users\pantelis\Downloads\%5b1%5d%20http:\creativecommons.org\licenses\by-nc-sa\4.0\)

[1] http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

* που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
* που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
* που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

**Διατήρηση Σημειωμάτων**

* Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
* Το Σημείωμα Αναφοράς
* Το Σημείωμα Αδειοδότησης
* Τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
* Το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.