

# Βιομηχανικά Ατυχήματα

Κωνσταντινίδου Αργυρή-Μυρτώ

Επιβλέπων Ερευνητής: Δρ. Ζ. Νιβολιανίτου

Τριμελής Επιτροπή: Ν. Μαρκάτος

Α. Λυγερός

Χ. Κυρανούδης



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ Π  
Μονάδα Υπολογιστικής  
Ρευστομηχανικής



ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
Εργαστήριο Αξιοπιστίας Συστημάτων και  
Βιομηχανικής Ασφάλειας

Αθήνα Μάρτιος 2007

# Εισαγωγή

- ✓ Το 70% των ατυχημάτων σε βιομηχανικό περιβάλλον είναι προβλέψιμο
- ✓ Το 90% των ατυχημάτων στο χώρο εργασίας οφείλεται στον ανθρώπινο παράγοντα
- ✓ «Καλύτερα να προλαμβάνεις από το να θεραπεύεις»



# Το πρόβλημα

- 1) Τα περισσότερα μοντέλα επικεντρώνονται στις συνέπειες των ατυχημάτων
- 2) Ο ανθρώπινος παράγοντας αποτελεί ιδιαίτερα κρίσιμη παράμετρο
- 3) Σημαντική η απεικόνιση της ακολουθίας γεγονότων που οδηγούν στο ατύχημα



# Στόχος

Η ανάπτυξη μοντέλου ασαφούς λογικής (Fuzzy Logic) για την εκτίμηση της ανθρώπινης αξιοπιστίας, το οποίο σε συνδυασμό με υπάρχουσες βάσεις δεδομένων και με ένα μαθηματικό εργαλείο μοντελοποίησης (Petri Nets) θα δίνει σαφή αριθμητικά αποτελέσματα πιθανότητας ατυχημάτων ενώ παράλληλα θα απεικονίζει την ακολουθία γεγονότων που οδηγούν στο ατύχημα με δυναμικό τρόπο.



# Ανθρώπινος Παράγοντας


Η Ανάλυση Ανθρώπινης Αξιοπιστίας αποτελεί σημαντικό πρόβλημα κατά την ποσοτικοποίηση της επικινδυνότητας λόγω:

- της υποκειμενικότητας των μεθόδων
- της αναξιοπιστίας δεδομένων
- της πολυπλοκότητας του ανθρώπινου παράγοντα



# Ανθρώπινος Παράγοντας (2)

Μέθοδοι εκτίμησης ανθρώπινης  
αξιοπιστίας (HRA):

- THERP (1η Γενιά)
- CREAM (2η Γενιά)
- ATHEANA (3η Γενιά – Αναπτυσσόμενη) 



# Ασαφής Λογική

- Η μοντελοποίηση με ασαφή λογική (Fuzzy logic) ενδείκνυται για:
  - πολύπλοκα συστήματα
  - ποιοτική πληροφορία
  - ανακριβή και αβέβαιη πληροφορία
- Η ασαφής λογική προσομοιάζει τη διαδικασία λήψης αποφάσεων
- Εφαρμογές
  - Αυτόματος έλεγχος
  - Ανάλυση αποφάσεων
  - Ειδικά συστήματα
  - Κατηγοριοποίηση δεδομένων

Η δημοφιλέστερη μέθοδος αναπτύχθηκε από τον Ebrahim Mamdani (1975)



# Δίκτυα Petri

- Μαθηματικό εργαλείο απεικόνισης αλληλουχιών και γεγονότων
- Ενδείκνυται για συστήματα που δρουν παράλληλα ή ανταγωνιστικά
- Δυναμικός και ευέλικτος τρόπος γραφικής απεικόνισης
- Δυνατότητα απεικόνισης αλληλεπίδρασης ανθρώπινου παράγοντα – συστήματος
- Δυνατότητα απεικόνισης εναλλακτικών σεναρίων και παρεμβάσεων
- Δυνατότητα απεικόνισης γεγονότων σε πραγματικό χρόνο





# Βιομηχανικός τομέας υπό μελέτη



## Πετροχημική Βιομηχανία



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΙΙ

ΕΚΕΦΕ ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ  
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ



# Βάσεις δεδομένων

Συλλογή δεδομένων μεγάλων ατυχημάτων

Ευρωπαϊκή Βάση  
Μεγάλων Ατυχημάτων  
MARS

Μεγάλα ατυχήματα περιόδου 1987 – 2003  
Πρωτογενή αίτια και συνέπειες ατυχημάτων



# Βιομηχανικές εγκαταστάσεις

Συλλογή ατυχημάτων και συμβάντων:

- Ασπρόπυργος
- Ελευσίνα
- Κόρινθος
- Θεσσαλονίκη
- Κύπρος
- Πρίνος (θαλάσσιες εγκαταστάσεις)

Πρωτογενή στοιχεία  
από τα αρχεία



# Μεθοδολογία CREAM

Η επιλογή της μεθόδου CREAM έγινε γιατί:

- 1) Είναι πολύ καλά δομημένη και ακριβής μέθοδος
- 2) Ταιριάζει καλύτερα στην δομή της ασαφούς λογικής
- 3) Αποτελείται από ένα καλά κατηγοριοποιημένο σύστημα ταξινόμησης λαθών
- 4) Το σύστημα αυτό ενσωματώνει ανθρώπινους, οργανωτικούς και τεχνολογικούς παράγοντες



# Ανάπτυξη μοντέλου ασαφούς λογικής

- Μοντέλο πρόβλεψης ανθρώπινης αξιοπιστίας
- Δεδομένα:
  - Από μεθοδολογία CREAM
  - Από βάση δεδομένων MARS
  - Από ατυχήματα πετροχημικής βιομηχανίας
- Προσδιορισμός 9 input παραμέτρων (Common Performance Conditions - CPCs) που επηρεάζουν την ανθρώπινη αξιοπιστία



# Περιπτώσεις

Εξετάστηκαν 5 διαφορετικές περιπτώσεις:

- Η περίπτωση 2 αντιπροσωπεύει τις άριστες συνθήκες (**best case scenario**)
- Η περίπτωση 4 αντιπροσωπεύει τις χειρόστες συνθήκες (**worst case scenario**)
- Η περίπτωση 4 με την περίπτωση 5 παρουσιάζουν ελάχιστες διαφορές



# Αποτελέσματα

CREAM

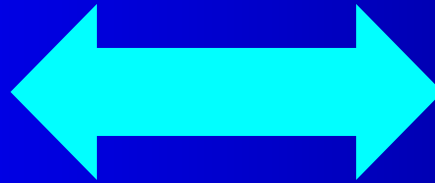
Fuzzy  
Logic  
Model

Περιπτώσεις	Διάστημα πιθανότητας	Αποτελέσματα μοντέλου
1	$1.0 \cdot 10^{-3} < p < 1.0 \cdot 10^{-1}$	$1.0 \cdot 10^{-2}$
2 (Άριστη)	$0.5 \cdot 10^{-5} < p < 1.0 \cdot 10^{-2}$	$9.81 \cdot 10^{-4}$
3	$1.0 \cdot 10^{-2} < p < 0.5 \cdot 10^0$	$6.33 \cdot 10^{-2}$
4 (Χείριστη)	$1.0 \cdot 10^{-2} < p < 0.5 \cdot 10^0$	$2.02 \cdot 10^{-1}$
5	$1.0 \cdot 10^{-1} < p < 1.0 \cdot 10^0$	$1.91 \cdot 10^{-1}$



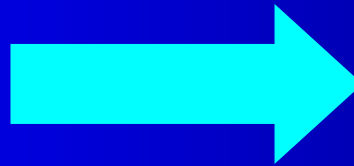
# Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Αποτελέσματα  
Fuzzy Logic



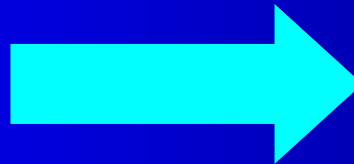
Διαστήματα  
Πιθανότητας CREAM

Άριστη  
Περίπτωση



Χαμηλή πιθανότητα  
«Ανθρώπινου Λάθους»

Χείριστη  
Περίπτωση



Υψηλή πιθανότητα  
«Ανθρώπινου Λάθους»

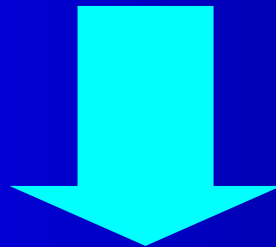
Αξιοπιστία μοντέλου





# Σχολιασμός αποτελεσμάτων (2)

Μικρές διαφοροποιήσεις στο input



Διαφοροποίηση στα αποτελέσματα

Ευαισθησία μοντέλου



# Σχολιασμός αποτελεσμάτων (3)

Τα αποτελέσματα του μοντέλου μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας σε άλλες μεθόδους ανάλυσης επικινδυνότητας και ποσοτικής εκτίμησης κινδύνου

Χρηστικότητα μοντέλου 



# Επόμενα βήματα

- 1) Βαθμονόμηση μοντέλου από δεδομένα
- 2) Ενσωμάτωση μοντέλου στα δίκτυα Petri
- 3) Κατάστρωση πιθανών σεναρίων ατυχημάτων πετροχημικής βιομηχανίας
- 4) Απεικόνιση των παραπάνω σεναρίων
- 5) Υπολογισμός πιθανότητας ατυχημάτων



# Τελικός στόχος

Εργαλείο πρόβλεψης ατυχημάτων σε υπάρχουσες και σε καινούργιες βιομηχανικές εγκαταστάσεις και σε άλλους τομείς (π.χ. Αερομεταφορές, Θαλάσσιες μεταφορές).

